

Вінницький національний технічний університет
(повна назва університету, вулиця, номер будівлі)

Факультет машинобудування та транспорту
(повна назва факультету, вулиця, номер будівлі)

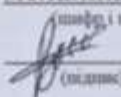
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри, вулиця, номер будівлі)

Бакалаврська дипломна робота

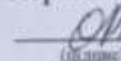
на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ 10.11» З
ВИКОРИСТАННЯМ CAD/CAM-СИСТЕМ»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-206
спеціальності 131 – Прикладна
механіка

 Олексій ВАСИЛЕНКО
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Ольга СЕРДЮК
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

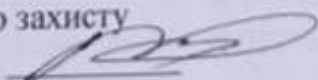
« 06 » 06 2024 р.

Рецензент: доц. каф. АТМ

 Віталій КАШКАШОВ
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 11 » червня 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри 

« 11 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри)
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
(цифра і назва)
Спеціальність – 131 – «Прикладна механіка»
(цифра і назва спеціальності)
Освітньо - професійна програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні
(назва освітньо - професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
д.т.н., професор Козлов Л.Г.
« 11 » 03 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Василенко Олексій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес механічної обробки деталі «Вал 10.11» з використанням CAD/CAM-систем

Керівник роботи Сердюк Ольга Валентинівна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 11 » 03 2024 року №80

2. Термін подання студентом роботи 14.06.24р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі: Вал 10.11

Матеріал:

Програма випуску:

4. Зміст текстової частини

1. Аналіз методів виготовлення та обробки заготовок деталей типу " Вал 10.11"

2. Розробка технологічного процесу механічної обробки

3. Розрахунок елементів ділянки механічної обробки

4. Охорона праці

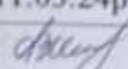
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
робоче креслення деталі;

робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

графіки завантаження верстатів ділянки механічної обробки

6. Консультанти розділів роботи

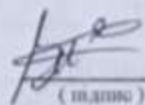
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Ольга СЕРДЮК, доцент кафедри ТАМ	 11.03.24р	 06.06.24
Охорона праці	Інна ВІШТАК, доцент кафедри БЖД ПБ	 27.05.24р	 06.06.24

7. Дата видачі завдання « 11 » 03 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

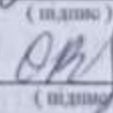
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Прим.
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24р	20.03.24р	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24р	26.04.24р	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	27.05.24р	29.05.24р	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	27.05.24р	06.06.24р	
5	Перевірка на антиплагіат	06.06.24р	07.06.24р	
6	Нормоконтроль БДР	06.06.24р	07.06.24р	
7	Попередній захист БДР	10.06.24р	11.06.24р	
8	Рецензування БДР	11.06.24р	12.06.24р	
9	Захист БДР	18.06.24р.	21.06.24р.	

Студент


(підпис)

Олексій ВАСИЛЕНКО
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

Ольга Сердюк
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 78 сторінок формату А4, на яких є 31 рисунок, 19 таблиць, список використаних джерел містить 37 найменувань.

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу Вал 10.11, що дозволить отримати деталь із вказаними на кресленнях параметрами точності та шорсткості.

У загальній частині роботи визначено тип виробництва, що необхідно для подальших розрахунків та виконано аналіз технологічності конструкції деталі. У технологічній частині виконана розробка маршруту механічної обробки. Для цього розроблено технологічний процес, розраховано режими обробки та норми часу, визначено кількість верстатів, що розташовуються на ділянці механічної обробки та площі основних її відділів. Виконано планування ділянки механічної обробки.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: вал, технологічний процес, заготовка, механічна обробка, розмірний аналіз, планіровка, ділянка механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor thesis consists of 78 pages of A4 format, on which there are 31 figures, 19 tables, the list of used sources contains 37 items.

The purpose of the work is to develop a technological process of mechanical processing of a part such as a body of a collet device, which will allow to obtain a part with the parameters of accuracy and roughness indicated on the drawings.

In the general part of the work, the type of production is determined, which is necessary for further calculations, and an analysis of the manufacturability of the design of the part is performed. In the technological part, the mechanical processing route was developed. For this, a technological process has been developed, processing modes and time norms have been calculated, the number of machines located in the mechanical processing section and the area of its main departments have been determined. The planning of the mechanical processing section has been completed.

In the section on labor protection, such issues as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are elaborated, recommendations are given for improving working conditions, and fire safety standards are also considered.

Key words: body, technological process, workpiece, mechanical processing, dimensional analysis, layout, mechanical processing section.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ " ВАЛ 10.11"	6
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	6
1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки	11
1.3 Огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки	13
2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ	15
2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі	15
2.2. Розрахунок розмірів заготовки.	18
2.3 Розробка маршруту механічної обробки.	25
2.3.1. Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки	25
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових та чорнових технологічних баз	26
2.3.3 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування	29
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	31
2.3.5. Розрахунок припусків	36
2.3.6. Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз та кріпильних отворів (два способи представити детально, а решту даних у вигляді таблиці)	40
2.3.7.Визначення технічних норм часу для всіх операцій. Для однієї операції детально, решта у вигляді підсумкової таблиці	44
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	44

3.1 Розрахунок приведеної програми	44
3.2 Визначення кількості верстатів, коефіцієнтів завантаження та використання за основним часом	46
3.3 Розрахунок кількості працюючих на ділянці	48
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	51
4.1 Аналіз умов праці	51
4.2 технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	53
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	57
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60
ДОДАТКИ	63
ДОДАТОК А (обов'язковий) Поток перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	64
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина	66

ВСТУП

Актуальність. В умовах ринкової економіки й боротьби за ринки збуту важливу роль відіграє якість і собівартість продукції машинобудування. Вироби повинні бути конкурентноспроможними. А для цього необхідно домагатися прискорення темпів зростання продуктивності праці, удосконалювати організацію виробництва, застосовувати комплексну механізацію і автоматизацію технологічних і допоміжних операцій. У серійному виробництві є необхідність постійного оновлення продукції. Це зумовлює використання автоматизованого обладнання з можливістю швидкого переналагодження. Цим вимогам повністю відповідають верстати з ЧПК і роботизовані комплекси, створені на основі цих верстатів. Для розвитку галузі машинобудування необхідно також покращувати структуру обладнання, що випускається, збільшуючи частку сучасних ливарних машин, ковальсько-пресового і зварювального обладнання, верстатів високої точності, верстатів з ЧПК, промислових роботів тощо.

Мета і завдання дослідження. Мета бакалаврської дипломної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Вал 10.11» на верстатах з ЧПК з побудовою технологічного маршруту.

Для досягнення поставленої мети повинні бути вирішені такі *завдання*:

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Вал »;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Вал 10.11»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалений варіант маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Вал 10.11»;

- провести розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки деталі;
- розрахувати режими різання;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;
- розробити заходи з охорони праці.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Вал».

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки заготовки деталі «Вал 10.11».

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ " ВАЛ 10.11"

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Згідно креслення деталі визначено найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Вал 10.11” і занесено до таблиці 1.1, це точіння поверхонь $\varnothing 45$, $\varnothing 35$ та $\varnothing 50$. Для записаних переходів механічної обробки наближено визначено основний час $T_{\text{осн}}$, наприклад для точіння поверхні $\varnothing 35 \times 6$ на довжину 13мм (попереднє та остаточне точіння):

$$T_{\text{осн}} = 0,18 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 35 \cdot 0,001 = 0,0936 \text{ (хв)}$$

Штучно-калькуляційний час визначається $T_{\text{шт-к}}$:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_K \text{ [хв]} \quad (1.2)$$

Для точіння поверхні $\varnothing 35 \times 6$ отримаємо:

$$T_{\text{шт-к}} = 0,0936 \cdot 1,98 = 0,19 \text{ (хв.)}$$

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{\text{шт.к.}}}{60 F_d \cdot \eta_{\text{з.н.}}}, \quad (1.3)$$

де $N = 6400$ шт. – річна програма випуску деталі “Вал”;

$T_{\text{шт.к.}}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

F_d – дійсний фонд роботи обладнання при роботі в дві зміни ($F_d = 3890$ год);

$\eta_{\text{з.н.}}$ – коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{\text{з.н.}} = 0,75$).

Відповідно необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{pi}=6400 \cdot (0,19+0,1+0,9+0,5)/60 \cdot 3890 \cdot 0,75=0,06$$

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (1.4)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів;

P_i – кількість робочих місць.

При точінні поверхні $\varnothing 35$ к6 він рівен 0,062.

Кількість операцій, які виконуються на i -му місці:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}}, \quad (1.5)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{з.ф.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

Наприклад, при точінні поверхні $\varnothing 35$ к6 отримаємо:

$$O_1=0,75/0,062=12,17$$

Аналогічно виконано розрахунки для інших типових переходів механічної обробки. При попередньому і остаточному точінні поверхні $\varnothing 40$ та довжиною 32 мм і поверхні $\varnothing 50$ довжиною 53 мм:

$$T_{очн}=0,18 \cdot 40 \cdot 32 \cdot 0,001=0,225 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к}=0,225 \cdot 1,98=0,45 \text{ (хв.)};$$

$$T_{очн}=0,2 \cdot 40 \cdot 32 \cdot 0,001=0,125 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к}=0,125 \cdot 1,98=0,25 \text{ (хв.)};$$

$$T_{очн}=0,18 \cdot 50 \cdot 53 \cdot 0,001=0,1 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к}=0,1 \cdot 1,98=0,2 \text{ (хв.)};$$

$$T_{очн}=0,2 \cdot 50 \cdot 53 \cdot 0,001=0,056 \text{ (хв.)};$$

$$T_{шт-к}=0,056 \cdot 1,98=0,11 \text{ (хв.)};$$

$$C_{p1}=6400 \cdot (0,45+0,25+0,2+0,11)/60 \cdot 3890 \cdot 0,75=0,04;$$

$$O_1=0,75/0,04=20,44.$$

Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$

$$\sum O_i = 12,17 + 20,44 = 32,61$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P=2$

Коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$ відповідно складатиме:

$$K_{з.о.}=32,61/2=16,31$$

Отже тип виробництва –серійне.

Вибір групової чи потокової форми організації роботи виконується шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_δ і розрахункової добової продуктивності лінії Q_δ . Якщо $N_\delta < Q_\delta$, то потокову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії:

$$N_\delta = \frac{N}{254}, \text{ [шт]} \quad (1.6)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_\delta = \frac{F_\delta}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_z}, \text{ [шт]} \quad (1.7)$$

де $T_{шт-\kappa_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_3 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

№ п/п	Зміст технологічних операцій	Тосн, хв	Тшт, хв	Ср	Р	h з.н.	h з.ф.	О	Кз.о		
1.	Точіння попереднє Ø35к6 двічі	0,09	0,19	0,06	1	0,75	0,062	12,17	16,31		
2.	Точіння остаточне Ø35к6	0,052	0,1								
3	Точіння попереднє Ø45 двічі	0,453	0,9								
4	Точіння остаточне Ø45	0,252	0,5								
5	Точіння попереднє Ø35 двічі	0,225	0,45	0,04	1		0,75	0,037		20,44	16,31
6	Точіння остаточне Ø35	0,125	0,25								
7	Точіння попереднє Ø50 двічі	0,1	0,2								
8	Точіння остаточне Ø50	0,056	0,11								
	Всього		2,69		2				32,61		

$$T_{шт-\kappa_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-\kappa_i}}{\sum n_i}, \text{ [хв]} \quad (1.8)$$

де $T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.;

$\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів:

$$T_{шт-к_i} = (0,19 + 0,1 + 0,9 + 0,5 + 0,45 + 0,25 + 0,2 + 0,11) / 8 = 0,34 \text{ (хв.)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{0,34 \cdot 0,8} = 2266 \text{ (шт)}$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_d = \frac{6400}{254} = 25,2 \text{ (шт)}$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів менший добової продуктивності лінії, то обираємо групову форму організації роботи.

При груповій формі організації роботи кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \text{ [шт]} \quad (1.9)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{6400 \cdot 12}{254} = 302,36$$

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях

$$c = \frac{T_{\text{шт-к.сп}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} \quad (1.10)$$

$$c = \frac{0,34 \cdot 302}{476 \cdot 0,75} = 0,27$$

Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{np}}{T_{\text{шт-к.сп}}} \text{ [шт]} \quad (1.11)$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{0,34} = 1133 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 133 шт.

Отже тип виробництва –серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 1133 шт.

1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки

Оскільки матеріал деталі Сталь 40Х, в якій ливарні властивості відносно погані, то заготовка може бути виготовлена штампуванням, або з прокату. При штампуванні мінімальний діаметр отвору що отримується 30 мм.

Отже на основі проведеного аналізу обрано два способи отримання заготовки:

1) штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП);

2) прокат.

Дамо стислу характеристику запропонованих способів отримання заготовки:

- Гаряче об'ємне штампування найбільш широко розповсюджено для виготовлення якісних заготовок. Цим способом виготовляють заготовки для відповідальних деталей автомобілів, тракторів, металорізальних верстатів, тощо. Задана деталь – «Шток ГЦ 05.017.002» – є однією з таких відповідальних деталей, тобто, може бути деталлю швидкодіючого приводу металорізального верстата. Спосіб гарячого штампування найбільш ефективний при серійному, великосерійному та масовому виробництві, що суттєво важливо, якщо виникне необхідність збільшення виробничої програми. Найбільш доцільно виготовлення штампування заготовок деталей масою не більше за 50 кг.

В порівнянні, наприклад, з куванням гаряче об'ємне штампування має наступні переваги:

- поковки, виготовленні штамповкою, мають кращу якість поверхонь, шорсткість поверхонь досягає $R_a = 20 - 5$ мкм;
- штамповані поковки можна виготовляти із значно меншими допусками, ніж при куванні, а при точному штампуванні допуски можна довести до часток міліметра, припуски знижуються в 2–3 рази;
- значно підвищується продуктивність праці;
- за рахунок наявності в конструкції штампувального обладнання виштовхувачів, штампувальні нахили значно менші, ніж при отримуванні штамповок на молотах або взагалі відсутні.

В залежності від обладнання є такі види об'ємного штампування: на штампувальних пароповітряних молотах подвійної дії, кривошипних гаряче штампувальних пресах (КГШП), горизонтально-кувальних машинах (ГКМ), гідравлічних пресах, тощо.

Із всіх перерахованих вище різновидів гарячого об'ємного штампування найбільш ефективним в нашому випадку є штампування на

ГКМ.

На відміну від штамів молотових та пресових, штампи для ГКМ мають два взаємно перпендикулярних роз'єми і можуть бути відкритими та закритими. Це створює в штампі кращі умови для виконання владжувальних робіт і дозволяє виготовляти поковки, як правило, без штампувальних нахилів. Поковки, отримані на ГКМ, звичайно, мають форму тіл обертання, що також важливо для виготовлення заготовки заданої деталі «Шток ГЦ 05.017.002».

І хоча необхідно враховувати те, що маса отриманих на ГКМ поковок порівняно невелика, стійкість штамів нижча, ніж у молотів та пресів, однак економія металу, що досягається, можливість отримувати більш складні та точні поковки, виключення попередніх операцій розрізання прутків на штучні заготовки, роблять цей спосіб економічно доцільним.

- Другим запропонованим способом виготовлення заготовки для заданої деталі є використання круглого гарячекатаного прокату, відрізаного в розмірі штучної заготовки.

Для умов середньосерійного типу виробництва це припустимо, але все ж таки набагато зменшується коефіцієнт використання матеріалу. Щодо економічної доцільності одного із запропонованих способів, то про це можна гарантовано стверджувати після проектування заготовок та визначення собівартостей їх виготовлення, що і буде виконано у подальшій роботі.

1.3 Огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва, їх аналіз на предмет використання при проектуванні маршруту механічної обробки

По технологічним ознакам деталь «Вал 10.11» відноситься до класу «Вал ступінчастий».

Наведемо приклад типового технологічного маршруту механічної обробки ступінчастих валів в серійному виробництві.

Таблиця 1.3 – Типовий маршрут механічної обробки деталі типу «Вал»

Операц.	Назва та зміст операції	Обладнання
1	2	3
005	Фрезерування торців та зацентровка	Фрезерно-центрувальні верстати моделей МР37, МР71, МР78
010	Чорнова токарна обробка	Токарні верстати 16К20, 1712П, 16К20ФЗ
015	Термічна обробка – покращення	
025	Чистова токарна обробка	Токарні верстати 16К20, 1712П, 16К20ФЗ
030	Фрезерування шпонкових пазів	Консольно-фрезерні верстати 6М81Г, 6М11
035	Нарізання різі	Токарно-гвинторізні верстати 1А616, 16К20
040	Термообробка – загартовування	
045	Шліфування поверхонь	Круглошліфувальні верстати 3М151, 3М153
050	Фрезерування шліців	Шліцефрезерний верстат 5350А
055	Шліфування шліців	Шліцешліфувальні верстати 3Б451П, 3451
060	Калібрування різі, зачистка заусенців	
065	Промивання	
070	Остаточний контроль	

2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГТОВКИ ДЕТАЛІ

2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі

Деталь вал є складовою редуктора. Вал є ступінчастим і містить цілий ряд точних поверхонь. Багато вимог до форми поверхні і їх взаємного розташування, зокрема всі циліндричні поверхні мають бути співвісні. Зображення деталі наведено на рисунку 2.1.

Виготовляється вал із сталі 45 і піддається термічній обробці. Оскільки даний матеріал має погані ливарні властивості, то заготовка деталі буде отримуватися штампуванням або із прокату (що може бути більш доцільно враховуючи малі перепади діаметрів).

В цілому до нетехнологічних елементів можна віднести глухі отвори, виконані в тоорці деталі. Оскільки при їх свердлінні затруднений вивід стружки, що призводить до нагрівання інструменту, з тих же причин до нетехнологічних елементів відноситься паз під шпонку.

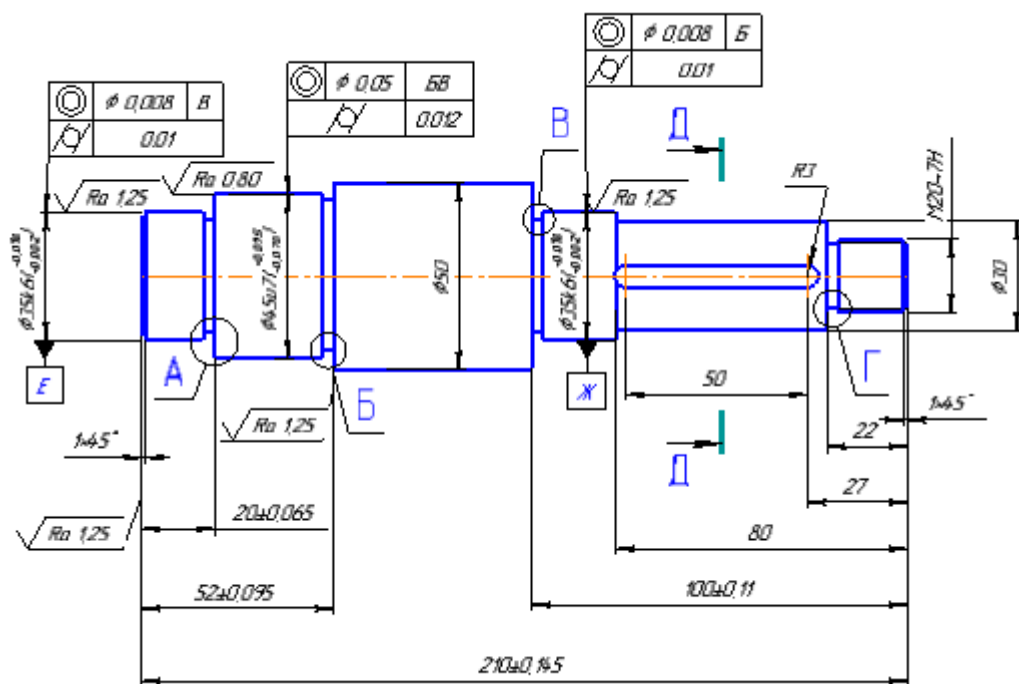


Рисунок 2.1 – Вал

Більшість розмірів даного креслення можуть безпосередньо вимірюватись за допомогою універсального вимірювального обладнання, окрім наступних: допуски співвісності та перпендикулярності, на цю контрольну операцію необхідно виготовити спеціальний вимірювальний пристрій або стенд.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e, \quad (2.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_y = (13 + 11 + 6 + 7 + 1) / (15 + 13 + 6 + 7 + 1) = 0,9047 > 0,6.$$

Отже, за даним показником деталь є технологічною.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
22*	Ø35	45(6 пов)*	0,8(1пов)*	M20* (2 пов)
27	Ø35		1,25(5пов)*	
80*	Ø40*			
140*	Ø50*			
52	R0,5(4 пов)*			
20*	R1(4 пов)*			
210*	R1*			
10*				
6*				
1(2 пов)*				
3(4 пов)*				
$\Sigma_{\text{заг.}} = 15$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 13$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 6$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 7$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 2$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 13$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 11$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 6$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 7$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 2$

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш}=1/Ш_{cp} ; \quad (2.2)$$

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{n_i} \quad [\text{мкм}] \quad (2.3)$$

де $Ш_i$ – шорсткість i -ої поверхні;

n_i – кількість поверхонь з шорсткістю $Ш_i$. Всі дані для розрахунку коефіцієнта шорсткості наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2- Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,8	2 (Ø35)	$0,8 \cdot 1 = 0,8$
1,25	5 (Ø40, Ø40, 52, 105, 43)	$1,25 \cdot 5 = 1,6$
6,3	29	$6,3 \cdot 29 = 176,4$
Всього:	35	184,25

Відповідно до наведених вище даних отримаємо:

$$Ш_c = 184,25/35 = 5,26 \text{ (мкм)}$$

$$K_{ш} = 1/5,26 = 0,1899 < 0,32.$$

3) Коефіцієнт точності визначається:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.4)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{n_i} , \quad (2.5)$$

де T_i – квалітет точності i -го розміру; n_i – кількість розмірів з квалітетом T_i . Дані для розрахунку наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт точності

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
6	2 (Ø35к6)	6·1=6
7	1 (Ø45)	7·1=7
9	1 (10)	9·1=9
11	4 (140, 52, 20, 210)	11·4=44
12	1 (6)	12·1=12
14	27	14·27=364
Всього	55	448

Відповідно отримаємо:

$$T_c = 448/35 = 12,8$$

$$K_T = 1 - 1/12,8 = 0,9219$$

Отже деталь технологічна за якісними і кількісними показниками.

2.2. Розрахунок розмірів заготовки

2.2.1 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

На КГШП при штампуванні в закритих штампах отримуються заготовки Т2-Т3 класу точності, для серійного типу виробництва приймаємо 3 клас точності (Т3).

Формулою для орієнтовного розрахунку маси поковки[4]:

$$M_{п.р.} = M_d \cdot K_p, \text{ [кг]} \quad (2.6)$$

де $M_{п.р.}$ – розрахункова маса поковки; M_d – маса деталі; K_p – розрахунковий коефіцієнт, що для деталі даної конфігурації рівен (1,3-1,6) 1,3 [1].

Відповідно отримаємо:

$$M_{п.р.}=1,4 \cdot 1,3=1,82 \text{ (кг)}$$

Вал вписується у циліндр, маса якого складатиме:

$$M=24^2 \cdot 3,14 \cdot 190 \cdot 7,814 \cdot 10^{-6} \cdot 1,05^3=3,6 \text{ (кг)}$$

Відношення маси заготовки до маси фігури, в яку вона вписується:

$$1,82/3,6=0,505$$

Отже згідно із ГОСТ 7505-89 поковка матиме 2 ступінь складності (С2).

Обрано площину роз'єму штампа, що є плоскою.

Вихідний індекс з врахуванням отриманих вище даних складатиме –10 при штампуванні на КГШП. Основний припуск на механічну обробку поковок наприклад для Ø36 згідно [1] він складає 1,5 мм при вихідному індексі 10 і шорсткості 0,8 мкм (в межах до 1,25 мкм). Аналогічно визначається припуск на інші поверхні.

Додатковий припуск на зміщення по поверхні роз'єму штампа складають 0,3 мм [4]. Додатковий припуск для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності визначається в залежності від класу точності (ТЗ) та найбільшого розміру заготовки (190 мм) в даному випадкові складає 0,4 мм відповідно.

З врахуванням прийнятих припусків при штампуванні на КГШП отримаємо розміри поковки:

$$\text{Ø } 35+(1,5+0,3+0,3) \cdot 2= \text{Ø } 39,2 \text{ (мм)};$$

$$\text{Ø } 45+(1,5+0,3+0,3) \cdot 2= \text{Ø } 49,2 \text{ (мм)};$$

$$\varnothing 50 + (1,6 + 0,3 + 0,3) \cdot 2 = \varnothing 54,4 \text{ (мм)};$$

$$\varnothing 20 + (1,6 + 0,3 + 0,3) \cdot 2 = \varnothing 24,4 \text{ (мм)};$$

$$210 + (1,8 + 0,3 + 0,3) \cdot 2 = 214,8 \text{ (мм)};$$

Одним із варіантів обрано заготовку із прокату, то за довідником обрано прокат із сталі 45. Граничні розміри заготовки:

$$\varnothing 50 + 2 \cdot 2 = 54 \text{ (мм)}.$$

Найближчий більший гостований прокат 55 ГОСТ 19903-74, [4].

Лінійний розмір 190 буде дорівнювати сумі номінального розміру і подвоєному припуску на підрізання торцю.

$$210 + 2 \cdot 5 = 220 \text{ (мм)}.$$

Отже, з г 5500х $\varnothing 55$ мм прокату, врахувавши припуск на розрізку і обробку торцю прокату 220х $\varnothing 54$ - ми одержимо 25 заготовок, оскільки дана кількість кратна програмі випуску 6400 шт, то робимо висновок, що даний спосіб відрізання заготовок найоптимальніший.

При цьому прокат обирають виготовлений за 16 квалітетом точності, і відповідно допуски на отримувані розміри складатимуть: $220_{-2,9}$, $\varnothing 55_{-1,9}$.

Нахили призначаються для полегшення виймання заготовки з матриць і запобігання заклинювання пуансона при штампуванні. Вибирається в залежності від виду обладнання. При виді обладнання КГШП – зовнішні нахили $-3 - 5^\circ$.

Призначаємо 5° .

Радіуси заокруглень відповідно до ГОСТ 7505-89 вибирають в залежності від маси поковки та глибини порожнини штампа. Враховуючи, що максимальний діаметр заготовки $\varnothing 52,2$ мм, то глибина порожнини штампа 26,1 мм, що входить

в межі від 25 до 50, а маса лежить в межах від 1 до 6 кг, відповідно мінімальні радіуси заокруглення зовнішніх поверхонь складає 2,5 мм.

2.2.2 Оформлення ескізів обох варіантів заготовки



Рисунок 2.2 – Заготовка з прокату

2.2.3 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для двох варіантів заготовки

Масу загототовок, аналогічно масі деталі, обчислюємо за допомогою КОМПАС-3D.

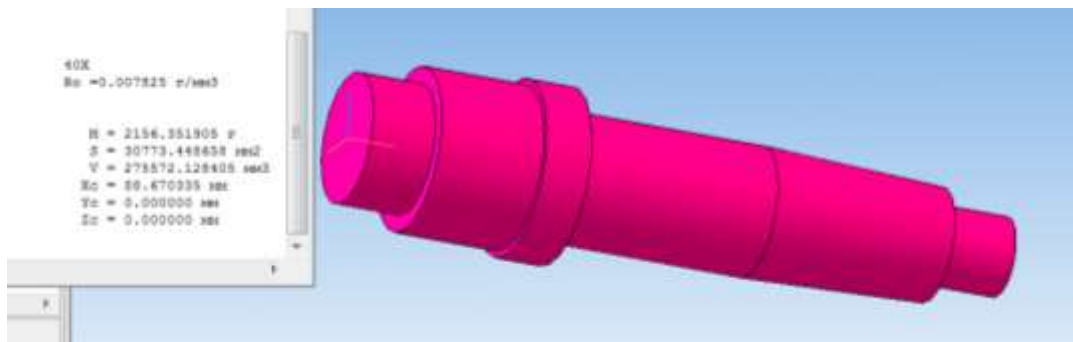


Рисунок 2.3 – МЦХ штамовки

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 1,68 / 2,15 = 0,78$$

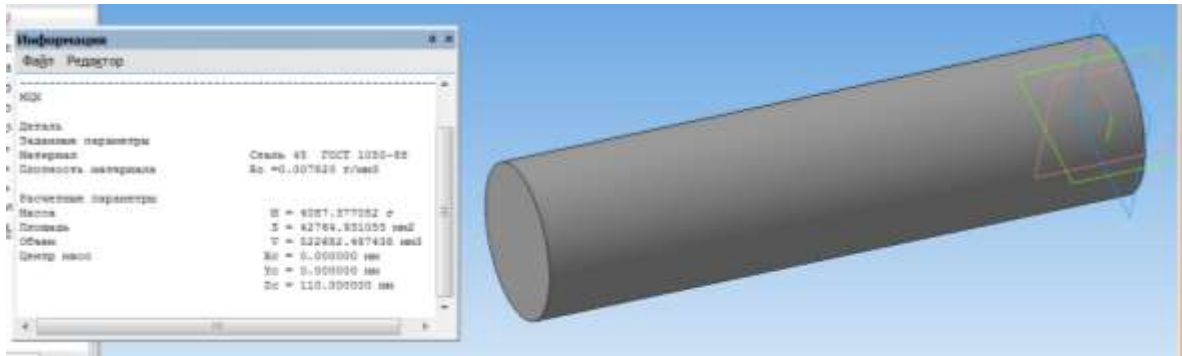


Рисунок 2.4 – МЦХ прокату

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{заг}} = 1,68 / 4,09 = 0,41$$

2.2.4 Техніко-економічне порівняння обох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки при штампуванні на КГШП:

$$C_{\text{заг.шт.}} = \frac{2,15 \cdot 18730 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 1,33 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(2,15 - 1,68)}{1000} 1520 = 39,47 \text{ (грн.)}$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [2]:

$$C_{\text{пр.}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{м}} - \frac{(Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}})}{1000} \cdot C_{\text{відх.}}, [\text{грн}] \quad (2.4)$$

де $Q_{\text{заг.}}$ – маса заготовки, кг;

$C_{\text{м}}$ – вартість 1т матеріалу заготовки, грн;

$Q_{\text{дет.}}$ – маса готової деталі, кг;

$C_{\text{відх.}}$ – вартість 1т відходів, грн;

$C_{\text{м}} = 5000$ грн, $C_{\text{відх}} = 1520$ грн

$$C_{\text{заг.шт.}} = \frac{4,09 \cdot 5000}{1000} - \frac{(4,09 - 1,68)}{1000} 1520 = 16,79 \text{ (грн.)}$$

Отже, після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість прокатної заготовки менша ніж на КГШП пресах.

Для прийняття остаточного рішення відносно вибору варіанту одержання заготовки крім вартості заготовок, коефіцієнтів використання матеріалу та вагової точності потрібно порівняти маршрути механічної обробки деталі. Якщо є операції, які відрізняються внаслідок різних способів одержання заготовки, то собівартість їх виконання потрібно включити у вартість відповідної заготовки. Тобто тоді повна собівартість заготовки:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{заг.шт.}} + \Sigma C_{\text{обр.}}, [\text{грн}] \quad (2.5)$$

де $\Sigma C_{\text{обр}}$ – технологічна собівартість виконання тих операцій, якими відрізняються маршрути механічної обробки деталі внаслідок різних способів одержання заготовки.

$$C_{\text{обр}} = C_{\text{п.-з.}} \cdot T_{\text{шт-к(шт)}} / K_{\text{в}}, [\text{грн}] \quad (2.6)$$

$C_{\text{п.-з}}$ – хвилинні приведені витрати, грн. – вибираємо згідно [4];

$T_{\text{шт-к(шт.)}}$ – штучно-калькуляційний чи штучний час на операцію, хв.;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт виконання норм, $K_{\text{в}} \approx 1,3$;

$C_{\text{п.-з}} = 37,9$ грн/год, тобто $0,63$ грн/хв.- собівартість точіння на токарному верстаті 16K20.

Штучно калькуляційний час визначається за формулою:

$$T_{\text{шт-к(шт.)}} = T_{\text{o}} \cdot \phi_{\text{к}}, [\text{хв}] \quad (2.7)$$

Де основний час при точінні:

$$T_o = 0,17 \text{ dI}, [\text{хв}] \quad (2.8)$$

Відповідно, для того щоб отримати заготовку аналогічно за формулю отримуваний після КГШП необхідно обточити поверхні Ø35 довжиною 20мм та 60 мм, Ø45 довжиною 32 мм, Ø50 довжиною 18 мм, Ø35 довжиною 53мм та Ø20 довжиною 22 мм. Враховуючи, що для цього необхідно всі поверхні точити двічі, основний час складатиме:

$$T_{o1} = 0,17 \cdot 2 \cdot (35 \cdot 80 + 45 \cdot 32 + 50 \cdot 18 + 35 \cdot 53 + 20 \cdot 22) \cdot 0,001 = 2,53 \text{ (хв.)};$$

$$T_{\text{шт-к(шт.)1}} = 2,53 \cdot 2,14 = 5,41 \text{ (хв.)};$$

$$C_{\text{обр}} = 5,41 \cdot 0,63 / 1,3 = 2,62 \text{ (грн.)};$$

$$C_{\text{заг}} = 16,79 + 2,62 = 19,41 \text{ (грн.)}$$

Отже, врахувавши токарну обробку, ми бачимо, що прокат дешевший за КГШП. Тобто за основний спосіб отримання заготовки обираємо прокат.

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1. Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки (повний розрахунок привести для поверхонь, всі решти розрахунків звести в таблицю)

Кількість переходів і способи та методи попередньої та остаточної обробки для Ø35k6, враховуючи, що допуск точності заготовки (допуск після чорнового точіння) складає 0,62 мм:

$$\varepsilon = 0,62 / 0,02 = 31$$

Отже можна проводити обробка за чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1=5$$

$$\varepsilon_2=4$$

Відповідно тоді ступень уточнення другого переходу складатиме:

$$\varepsilon_3=\varepsilon/\varepsilon_1\cdot\varepsilon_2$$

Тобто:

$$\varepsilon_3=31/5\cdot4=1.55$$

Допуск складатиме:

$$T_1=0,62/5=0,129 \text{ мм}$$

$$T_2=0,129/4=0,031 \text{ мм}$$

$$T_3=0,031/1,55=0,02 \text{ мм}$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні: точіння попереднє (12 квалітет точності); точіння попереднє (9 квалітет точності); точіння остаточне (7 квалітет точності); шліфування(6 квалітет точності)

2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових та чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз має бути мінімізована похибка базування на отримуваних розмірах. Відповідно в якості чистових баз запропонована схема базування в центрах, оскільки розміри вала є великі і необхідно уникнути биття і прогину заготовки під час механічної обробки.

При цьому центри- це штучні технологічні бази, які використовуються тільки для базування деталі під час механічної обробки. Крутний момент при цьому передається за допомогою поводка.

Таблиця 2.4– Аналіз вибору технологічних баз на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	Ø45, Ø35	відсутня	Діаметральний розмір
	20, 52, вимога співвісності відносно бази А,	відсутня	Обробка з одного установа
	Вимога співвісності відносно бази Б	відсутня	Виконується принцип суміщення вимірювальної та технологічної баз

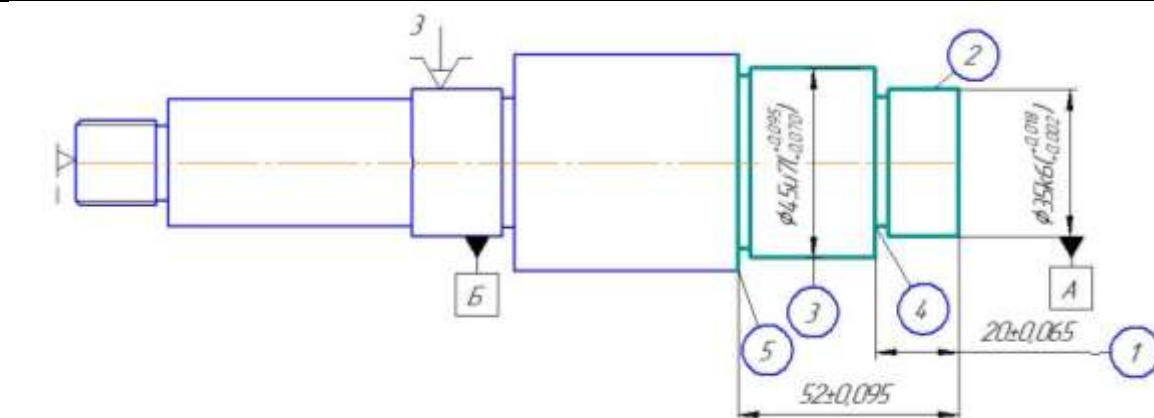


Рисунок 2.5 – Схема базування на операції 010 (чистові технологічні бази)

Таблиця 2.5– Аналіз вибору технологічних баз на операції 015

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Фрезерна	27	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	50,10	відсутня	Обробка з одного установа
	6	наявна	Рівна допускові на розмір Ø30, що складає 0,02 мм. Це значно менше допуску на розмір 6 (0,2 мм).

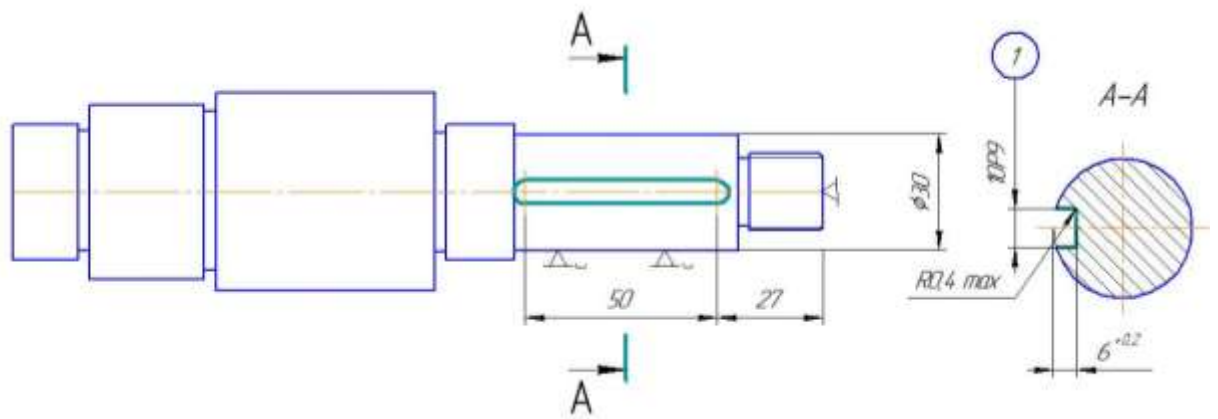


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 015 (чистові технологічні бази)

На операції 020 обробляється тонко циліндрична поверхня, при цьому похибка базування на діаметральні розміри рівна 0.

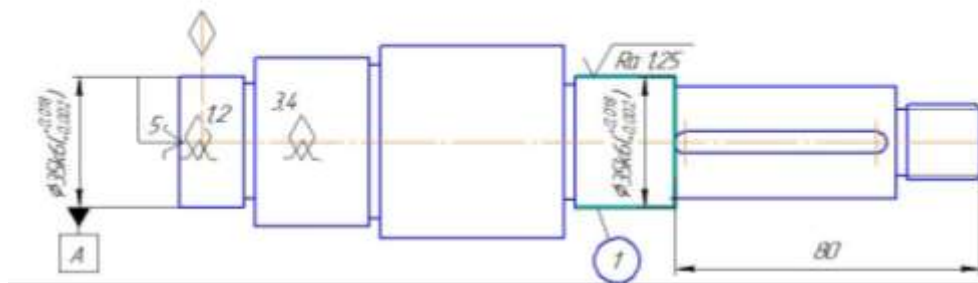


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 020 (чистові технологічні бази)

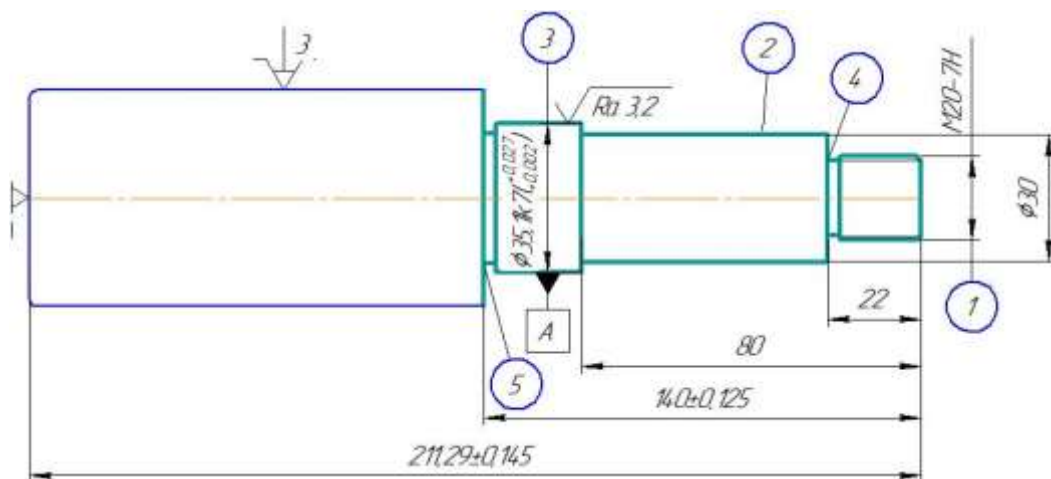


Рисунок 2.7 – Схема базування на операції 005 (чорнові технологічні бази)

Таблиця 2.7– Аналіз вибору технологічних баз на операції 005

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарна з ЧПК	M22, Ø35, Ø40	відсутня	Діаметральний розмір
	22, 43, 105	відсутня	Обробка з одного установа
	210	відсутня	Виконується принцип суміщення виміральної та технологічної баз

Чорновими технологічними базами буде трьохкулачковий патрон. Це дозволить вирішити задачу зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці із торців і циліндричної поверхні, які використовуються в якості технологічних баз.

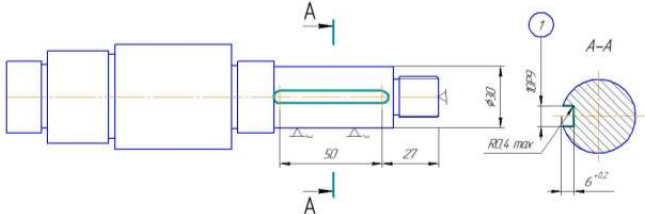
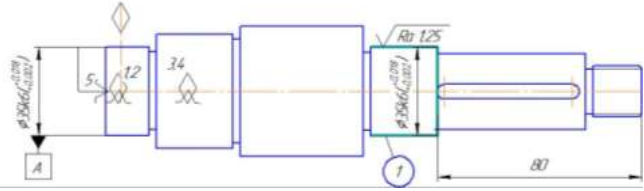
2.3.3 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Маршрут механічної обробки побудовано з використанням обладнання з ЧПК, що дозволяє отримати деталь за точністю відповідну до креслення, забезпечити вимоги взаємного розташування поверхонь.

Таблиця 2.8 - Маршрут механічної обробки

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Мо-дель вер-стата
1	2	3	4
005	Токарно-револьверна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити торець 1, поверхні 2,3,5 з підрізкою торця попередньо 3 Точити поверхні 3 та 5 попередньо 4 Точити канавки 4 та 6 5 Нарізати різь на поверхні 2 6 Точити остаточно поверхні 3 та 5 7 Зняти заготовку		Токарно-револьверний з ЧПК1П420ПФ30
010	Токарно-револьверна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити торець 1, поверхні 2,3 попередньо, 5 одноразово 3 Точити торець 1 остаточно, поверхню 3 попередньо 4 Точити канавку 4 5 Нарізати різь на поверхні 2 6 Точити остаточно поверхню 3 7 Зняти заготовку		Токарно-револьверний з ЧПК1П420ПФ30

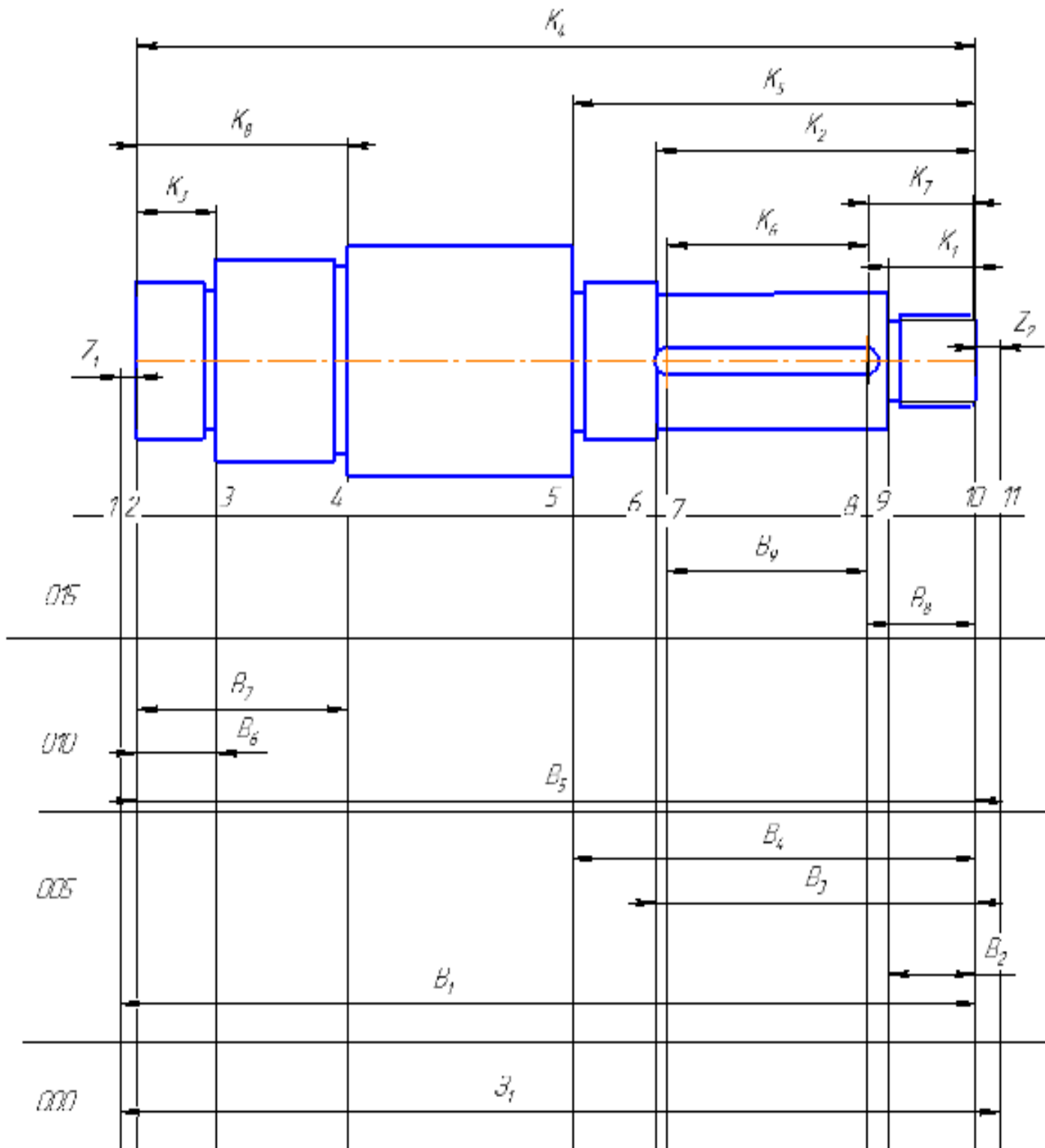
Продовження таблиці 4.5

1	2	3	4
015	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1 встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати паз 1 3 Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФЗ
020	<u>Токарна з ЧПК</u> 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити поверхню 1 тонко 3 Зняти деталь		Токарний високої точності МК6801ФЗ

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

Допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки приймаємо по 12-му квалітету і записуємо в таблицю. Відповідно припуск на розмір B_1 складатиме 0,29 мм, а на розмір заготовки $З_1$ 0,46 мм.

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.



Рисунки 2.8 – Розмірна схема першого технологічного процесу

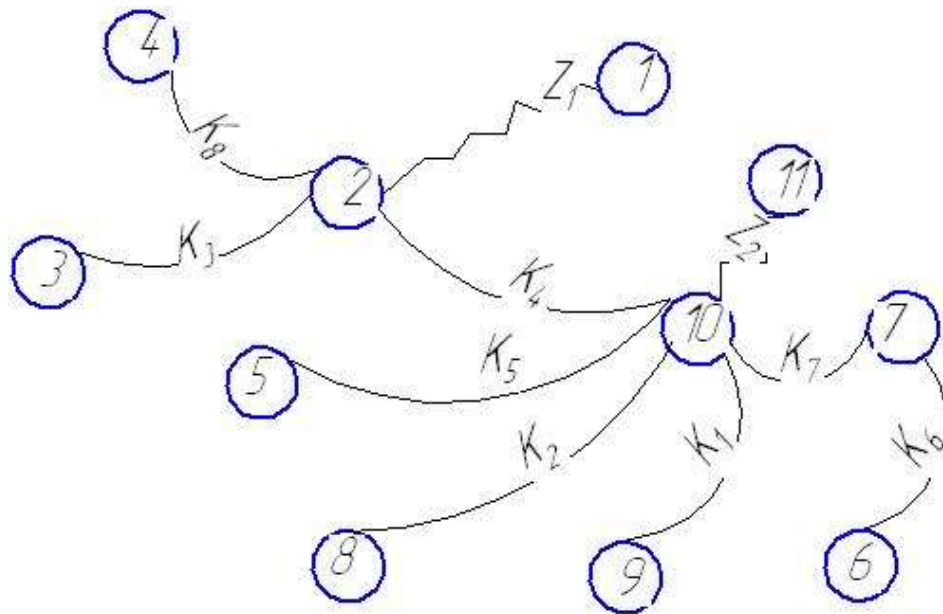


Рисунок 2.9 – Вихідний граф-дерево

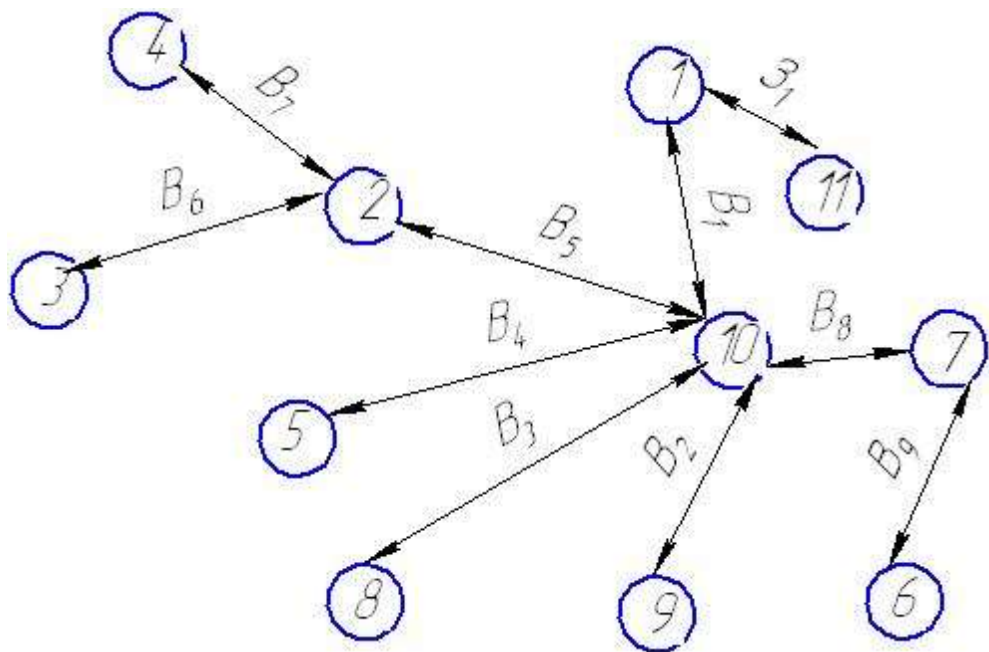


Рисунок 2.10 – Похідний граф-дерево

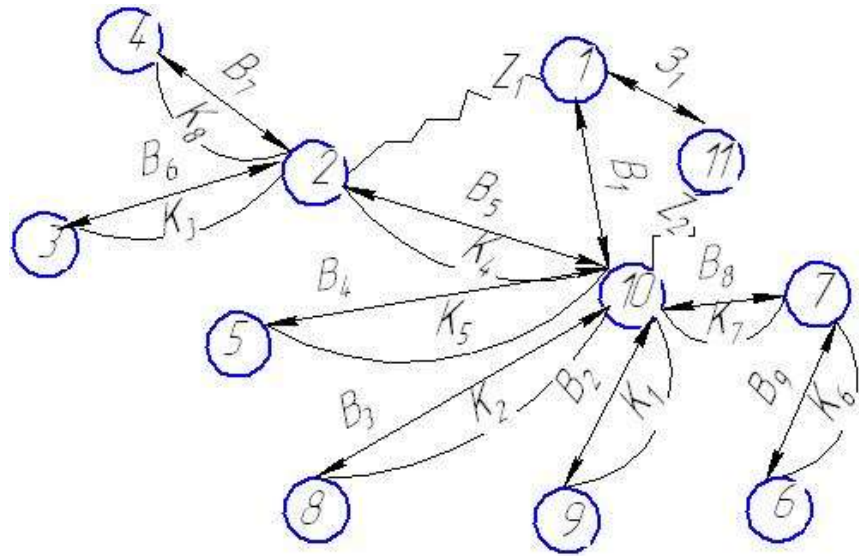


Рисунок 2.11 – Суміщений граф-дерево

Оскільки обробляється 2 торці, то припуски на їх точіння складатимуть 1,5 мм.

Використовуючи граф-дерева заносимо розрахункові рівняння до таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_2 - K_1 = 0$	$B_2 = K_1$	B_2
2	$B_3 - K_2 = 0$	$B_3 = K_2$	B_3
3	$B_4 - K_5 = 0$	$B_4 = K_5$	B_4
4	$B_5 - K_4 = 0$	$B_5 = K_4$	B_5
5	$B_6 - K_3 = 0$	$B_6 = K_3$	B_6
6	$B_7 - K_8 = 0$	$B_7 = K_8$	B_7
7	$B_8 - K_7 = 0$	$B_8 = K_7$	B_8
8	$B_9 - K_6 = 0$	$B_9 = K_6$	B_9
9	$B_5 + Z_1 - B_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - K_5$	B_1
10	$B_1 + Z_2 - 3_1 = 0$	$Z_2 = 3_1 - B_1$	3_1

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цього межі:

$$B_2 = K_1 = 22^{\pm 0,26};$$

$$B_3 = K_2 = 43^{\pm 0,37};$$

$$B_4 = K_5 = 105^{\pm 0,125};$$

$$B_5 = K_4 = 210^{\pm 0,145};$$

$$B_6 = K_3 = 20^{\pm 0,065}$$

$$B_7 = K_8 = 52^{\pm 0,095}$$

$$B_8 = K_7 = 50^{\pm 0,26}$$

Знайдемо технологічні розміри за розмірним ланцюгом:

$$Z_{1 \min} = B_{1 \min} - B_{5 \max};$$

$$B_{1 \min} = 1,5 + 210,145 = 211,145 \text{ (мм)};$$

$$B_{1 \max} = B_{1 \min} + T(B_1) = 211,145 + 0,29 = 211,435 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 211,29^{\pm 0,145}; \text{ (мм)};$$

$$Z_{1 \max} = B_{1 \max} - K_{5 \min} = 211,435 - 209,855 = 1,58 \text{ (мм)};$$

$$Z_{2 \min} = Z_{1 \min} - B_{1 \max}$$

$$Z_{1 \min} = 1,5 + 211,435 = 212,935 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1 \max} = 212,935 + 0,46 = 213,395 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 213,16^{\pm 0,23} \text{ (мм)};$$

$$Z_{2 \max} = Z_{1 \max} - B_{1 \min} = 213,395 - 211,145 = 2,25 \text{ (мм)}.$$

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

Таблиця 2.9 –Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z ₁	212,935	213,395	0,46	213,16		213,16 ^{±0,23}
B ₁	211,145	211,435	0,29	211,29	211,29 ^{±0,145}	
B ₂	21,74	22,26	0,52	22	22 ^{±0,26}	
B ₃	42,63	43,37	0,74	43	43 ^{±0,37}	
B ₄	104,875	105,125	0,25	105	105 ^{±0,125}	
B ₅	209,855	210,145	0,29	210	210 ^{±0,145}	
B ₆	19,935	20,065	0,13	20	20 ^{±0,065}	
B ₇	51,905	52,095	0,19	52	52 ^{±0,095}	
B ₈	26,74	27,26	0,52	27	27 ^{±0,26}	

Таблиця 2.10 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z ₁	1,5	1,58
Z ₂	1,5	2,25

2.3.5. Розрахунок припусків

Обробка виконується в поводковому патроні в центрах. Передній центр плаваючий, задній центр – обертовий.

Маршрут обробки: точіння попереднє (чорнове), точіння остаточне (чистове), точіння тверде попереднє, точіння тверде остаточне.

Для зовнішніх і внутрішніх поверхонь мінімальний припуск визначаємо по формулі:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \text{ [мкм]}, \quad (2.18)$$

де R_z – висота мікронерівностей, мкм; T_i – глибина дефектного шару, мкм;
 ρ – сума просторих відхилень, мкм; ε – похибка встановлення, мкм.

Сумарне значення просторових відхилень складає для штампованої заготовки при обробці в центрах:

$$\rho_{\text{жол.}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{жол.}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.19)$$

де $\rho_{\text{жол.}}$ – похибка жолоблення заготовки:

Мінімальний припуск:

$$2Z_{1\min} = 2(200 + 300 + 0) = 2 \cdot 2370 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{1\min} = 2(50 + 50 + 0) = 2 \cdot 212,2 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{2\min} = 2(30 + 20 + 0) = 2 \cdot 54,49 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{2\min} = 2(25 + 20) = 2 \cdot 45 \text{ (мкм)}$$

Маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 35,002 \text{ (мм)}$$

Наступні розміри

$$d_1 = 35,002 + 2 \cdot 0,045 = 35,092 \text{ (мм)}$$

$$d_2 = 35,093 + 2 \cdot 0,05449 = 35,2 \text{ (мм)}$$

$$d_3 = 35,2 + 2 \cdot 0,2122 = 35,625 \text{ (мм)}$$

$$d_3 = 35,625 + 2 \cdot 2,37 = 40,36 \text{ (мм)}$$

Максимальні граничні розміри.

Тобто:

$$40,4+1,4=41,8 \text{ (мм)}$$

$$35,63+0,35=35,98 \text{ (мм)}$$

$$35,2+0,087=35,287 \text{ (мм)}$$

$$35,093+0,035=35,127 \text{ (мм)}$$

$$35,002+0,022=35,024 \text{ (мм)}$$

Мінімальні граничні значення припусків $Z_{\min}$ та максимальні значення $Z_{\max}$ –

$$2Z_{\min 4}=40,4-35,63=4,77 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 4}=41,8-35,98=5,82 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\min 3}=35,63-35,2=0,43 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 3}=35,98-35,287=0,693 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\min 2}=35,2-35,092=0,108 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 2}=35,287-35,127=0,16 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\min 1}=35,092-35,002=0,09 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 1}=35,127-35,024=0,103 \text{ (мм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.11

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4}-2Z_{\min 4}=5820-4770=1050 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_1-\delta_2=1400-350=1050 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3}-2Z_{\min 3}=693-430=263 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2-\delta_3=350-87=263 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2}-2Z_{\min 2}=160-108=52 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_3-\delta_4=87-35=52 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3}-2Z_{\min 3}=103-90=13 \text{ (мкм)}$$

$$\delta_2-\delta_1=35-22=13 \text{ (мкм)}$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення

2.3.6. Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз та кріпильних отворів (два способи представити детально, а решту даних у вигляді таблиці)

Наведемо приклад розрахунку режимів різання за нормативами для точіння поверхні Ø40: попередньо, попередньо та остаточно. При цьому знімаються припуски:

поверхня 1 – припуск 2,2 мм;

поверхня 2 – припуск 2,2 мм;

поверхня 3 – припуски: 2,2; 1,1; 0,4 (мм).

При точінні рекомендовані подачі при чорновій, напівчистовій та чистовій обробці складають:

$$S_{от1}=0,74 \text{ мм/об};$$

$$S_{от2}= 0,55 \text{ мм}$$

$$S_{от3}= 0,4 \text{ мм}$$

Але для того, щоб врахувати конкретні умови роботи інструменту визначимо комплекс коефіцієнтів, для чорнового та напівчистового

розточування::

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8) $K_{SU}=1$

2 Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення) $K_{SP}=1,1$;

3 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,2$;

4 Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні $K_{sp}=0,85$;

5 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{S\phi}=0,95$;

6 Коефіцієнт, що враховує виліт різця $K_{Sl}=0,95$.

7 Коефіцієнт, що враховує діаметр деталі $K_{SD}=0,8$.

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,2=0,767$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{o1}=0,74 \cdot 0,77=0,567 \text{ (мм/об)};$$

$$S_{ot2}=0,55 \cdot 0,767=0,421 \text{ (мм/об)}$$

Для чистового розточування поправочні коефіцієнти складають:

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8) $K_{SU}=1$;

2 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{sm}=1,2$;

3 Коефіцієнт, що залежить від радіуса вершини різця $K_{sr}=0,8$;

4 Коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані $K_{S\phi K}=0,95$;

5 Коефіцієнт, що враховує виліт різця $K_{Sl}=0,9$.

6 Коефіцієнт, що враховує квалітет оброблюваної деталі $K_{SK}=1$.

Загальний коефіцієнт становить:

$$K=1 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,95 \cdot 1=0,8208$$

Відповідно подача складатиме:

$$S_{03}=0,4 \cdot 0,8208=0,328 \text{ мм/об};$$

Швидкість різання визначається за таблицями і складає:

$$V_{\text{різ1}}=138 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{різ2}}=148 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{різ3}}=415 \text{ (м/хв)}.$$

При цьому потужність складає:

$$P_1=3,7 \text{ (кВт)};$$

$$P_2=3,4 \text{ (кВт)}.$$

Але для того щоб врахувати умови в яких виконується процес, вид інструменту і стан деталі введемо поправочні коефіцієнти:

1 Коефіцієнт, що враховує вид інструментального інструменту $K_{vi}=1$;

2 Коефіцієнт, що враховує групу оброблюваності матеріалу $K_{vc}=1$;

3 Коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату $K_{vj}=0,75$;

4 коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу $K_{vm}=1,3$;

5 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця $K_{vp}=0,95$;

6 Коефіцієнт, що враховує період стійкості ріжучої частини інструменту $K_{vt}=1,1$;

7 Коефіцієнт, що враховує наявність охолодження (без охолодження) $K_{vj}=0,75$

8 Коефіцієнт, що враховує вид обробки $K_{vo}=1,2$.

Загальний коефіцієнт складає:

$$K_1=1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,75=0,7641$$

$$K_2=1 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1,3 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 0,75=0,917$$

Отже швидкість різання складатиме:

$$V_{\text{різ1}}=138 \cdot 0,7641=105,5 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{різ2}}=148 \cdot 0,7641=113,1 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{різ3}}=415 \cdot 0,917=380,555 \text{ (м/хв.)}.$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.]} \quad (2.9)$$

Відповідно отримаємо:

$$n_3=1000 \cdot 105,5 / 3,14 \cdot 40= 176,84 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_4=1000 \cdot 113,1 / 3,14 \cdot 40= 189,6 \text{ (об/хв.)};$$

$$n_5=1000 \cdot 380,555 / 3,14 \cdot 40=637,87 \text{ (об/хв.)}.$$

Оскільки на верстаті безступінчаста коробка швидкостей, то приймаємо частоту обертання:

$$N_1=176 \text{ (об/хв.)};$$

$$N_2=189 \text{ (об/хв.)};$$

$$N_3=637 \text{ (об/хв.)}.$$

Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_M = n \cdot S_O \text{ [мм/хв.]} \quad (2.10)$$

В даному випадкові отримаємо:

$$S_{M1}=176 \cdot 0,567=99,792 \text{ (мм/хв.)};$$

$$S_{M2}=189 \cdot 0,421=79,569 \text{ (мм/хв.)};$$

$$S_{M3}=637 \cdot 0,328=208,936 \text{ (мм/хв.)}.$$

2.3.7.Визначення технічних норм часу для всіх операцій. Для однієї операції детально, решта у вигляді підсумкової таблиці

Для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами. Згідно з якими основний технологічний час наприклад на попереднє точіння визначається за формулою:

$$t_o = 0,18dl, \text{ [хв]} \quad (2.11)$$

де d – діаметр отвору,

l – глибина отвору

І при точінні поверхні $\varnothing 35$ довжиною 60 мм отримаємо:

$$t_o = 0,18 \cdot 60 \cdot 35 \cdot 0,001=0,378 \text{ (хв)}$$

Аналогічно нормуються всі переходи , дані занесено до таблиці 4.10.

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$t_{шт} = t_o \cdot \varphi_k, \quad (2.12)$$

Аналогічно визначається штучно – калькуляційний час для усіх інших операцій, дані заносимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12– Основний час маршруту механічної обробки

Назва переходу, операції	Основний час на виконання переходу, to, хв.			
	Формула	d	l	Результат
1	2	3	4	5
005-Токарно-револьверна з ЧПК				
Точити поверхню 1 попередньо	0,18dl	20	22	0,08
Точити поверхню 2 попередньо	0,18dl	35	58	0,37
Точити поверхню 3 попередньо	0,18dl	35	60	0,38
Точити поверхню 2 попередньо	0,18dl	35	58	0,37
Точити поверхню 3 попередньо	0,18dl	35	60	0,38
Нарізати різь на поверхні 1	1,9dl	20	19	0,72
Точити канавки 4 та 5	0,18dl	34	3	0,04
Точити остаточно 2	0,2dl	35	58	0,41
Точити остаточно 3	0,2dl	35	60	0,42
Всього				3,15
010 – Токарно-револьверна з ЧПК				
Точити поверхню 2 попередньо	0,18dl	35	20	0,13
Точити поверхню 3 попередньо	0,18dl	45	32	0,26
Точити поверхню 2 попередньо	0,18dl	35	20	0,13
Точити поверхню 3 попередньо	0,18dl	45	32	0,26
Точити канавки 4 та 5	0,18dl	34	3	0,04
Точити остаточно 2	0,2dl	35	20	0,14
Точити остаточно 3	0,2dl	45	32	0,29
Точити тонко 2	0,24dl	35	20	0,17
Точити тонко 3	0,24dl	45	32	0,35
Всього				1,75
015 – Вертикально-фрезерна з ЧПК				
Фрезерувати паз	6l		50	0,30

Продовження таблиці 2.12

1	2	3	4	5
Всього				0,30
020 – Токарно-револьверна з ЧПК				
Точити поверхню1 тонко	0,24dl	35	58	0,49
Всього				0,99

Таблиця 2.13 – Штучно-калькуляційний час

№ операцій	Основний час t_o , хв	Коефіц ієнт ϕ_k	Штучний час $t_{шт}$, хв
005	3,15	1,3	4,10
010	1,75	1,3	2,27
015	0,30	1,4	0,42
020	0,99	1,3	1,29

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за залежністю [3, 13]:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} \text{ [шт.]}, \quad (3.1)$$

Всі деталі в групі приводяться до представника за допомогою загального коефіцієнта приведення:

$$K_{np} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3. \quad (3.2)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі; K_2 – коефіцієнт приведення по серійності; K_3 – коефіцієнт приведення по складності.

Коефіцієнт приведення по масі:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{np}}\right)^2} \quad (3.2)$$

m_i - маса i -ї деталі, m_{np} - маса представника

Для деталі вал 1 отримаємо:

$$K_{11} = \sqrt[3]{\frac{1.4}{1.68}} = 0,885$$

Коефіцієнт приведення по серійності:

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i} \right)^\alpha \quad (3.3)$$

де N -програма випуску представника, програма випуску i -ї деталі, N -показник степені, що складає для середнього машинобудування 0,15, а для важкого машинобудування 0,2.

В даному випадкові отримаємо:

$$K_{21} = \left(\frac{6400}{5400} \right)^{0.15} = 1.026$$

Коефіцієнт приведення по складності:

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{\text{т.пр.}}} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{\text{а.пр.}}} \right)^{\alpha_2} \quad (3.4)$$

K_{Ti} , $K_{\text{т.пр.}}$ - середнє значення точності деталі і представника;

R_{ai} , $R_{\text{а.пр.}}$ - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Для даної деталі коефіцієнт визначається:

$$K_{31} = \left(\frac{12,5}{12,8} \right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{6,8}{5,26} \right)^{\alpha_2} = 1,125$$

Коефіцієнт приведення для золотника складає:

$$K_1 = 1,125 \cdot 0,885 \cdot 1,026 = 1,021$$

Отримані результати занесено до таблиці

Таблиця 3.1 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	К·N
			масі	точності	серійності		
Вал	1,68	6400	1	1	1	1	640
Вал 1	1,4	5400	0,88	1,025	0,125	1,021	5515
Вал 2	1,4	4800	0,88	1,044	0,934	0,975	4682
Всього						16597	

Отже при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників буде використовуватися приведена програма, тобто проектується діляниця, на якій вироблятиметься дві подібні деталі.

3.2 Визначення кількості верстатів, коефіцієнтів завантаження та використання за основним часом

Кількість верстатів на операції 005-10:

$$C_p = (4,1 + 2,27) \cdot 16597 / 60 \cdot 2040 = 0,8637 \quad (C_{пр} = 1)$$

Операції 015:

$$C_p = 0,42 \cdot 16597 / 60 \cdot 2040 = 0,06 \quad (C_{пр} = 1)$$

Операція 020:

$$C_p = 1,29 \cdot 16597 / 60 \cdot 2040 = 0,1749 \quad (C_{пр} = 1).$$

Отримані результати занесемо до таблиці 5.2

Коефіцієнт завантаження для верстатів 1П420ПФ30 складатиме:

$$\eta_3 = 0,8637 / 1 = 0,8637$$

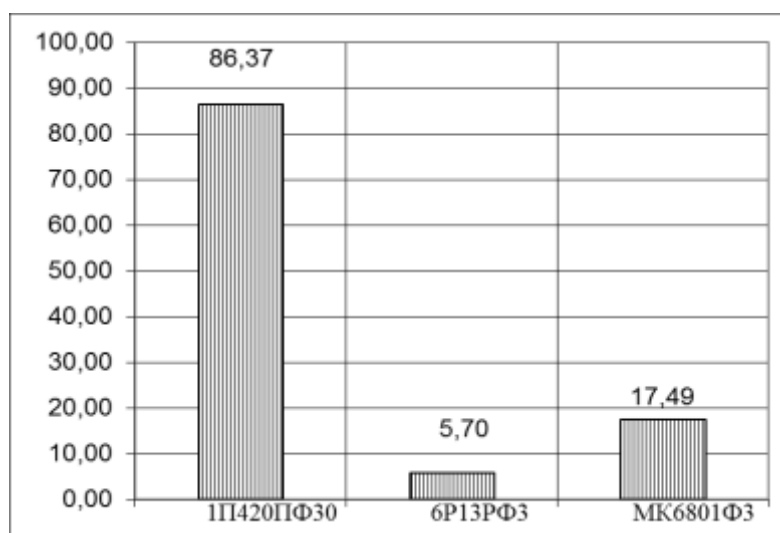


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

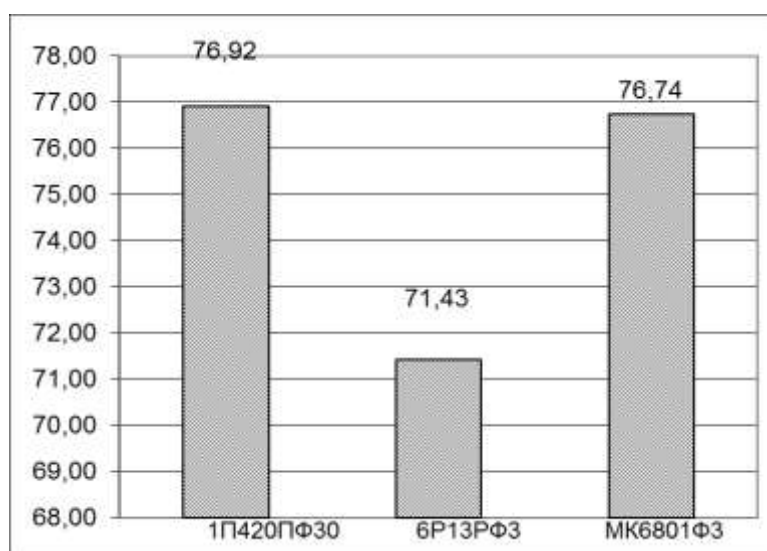


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Аналогічно визначаються коефіцієнти завантаження інших верстатів, результати заносимо до таблиці.

Таблиця 3.2 - Розрахунок кількості обладнання.

N _{оп}	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005-010	0,86	1	0,86	0,36	0,7692
015	0,06	1	0,06		0,7143
020	0,17	1	0,17		0,7674

3.3 Розрахунок кількості працюючих на дільниці

Кількість робітників-верстатників для роботи на токарно-револьверному верстаті необхідно:

$$P=1 \cdot 2040 \cdot 0,8637 / 1 \cdot 1840 = 0,957$$

При розрахунку ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840 год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці.

Таблиця 3.3 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, С _{пр}	Ф _д , год	К _з	К _м	Р, чол	Р _{пр} , чол
Токарно-револьверний ЧПК	1	1840	0,86	1	0,957	1
Фрезерний з ЧПК	1		0,06	1	0,061	1
Токарний з ЧПК	1		0,17	1	0,193	1

Оскільки вважаємо, що верстати мають довантажуватися іншими деталями, то приймаємо по одному робітнику на кожну операцію.

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих -3 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{др}=(0,2...0,25) \cdot 3=0,6...0,75$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

При дрібносерійному виробництві кількість ІТР складає 21-15% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{ІТР}=(0,15...0,21) \cdot 3=0,45...0,62$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{СКП}=0,022 \cdot 3=0,066$$

Приймаємо 1 чол.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot (3 + 1 + 1 + 1) = 0,12$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу.

Отримані дані занесемо до таблиці

Таблиця 3.4 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			3
Допоміжні робітники	20...25%	0,6-0,75	1
ІТР	15...21%	0,45-63	1
СКП	2,2%	0,066	1
МОП	2%	0,12	1

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 3 металорізальних верстатів, які обслуговуються 3 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника. Як показали розрахунки використання даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

На дільниці де проводиться механічна обробка заготовок деталей типу «Вал 10.11» виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори:

- фізичні: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються; підвищений рівень шуму; гострі кромки, заусенці; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; недостатнє природне освітлення;

- хімічні: загально токсичні (CO_2 – джерело – міжцеховий автотранспорт; вуглеводні містяться у парах ЗОР); роздратовуючі (пари лугів з ЗОР);

- психологічні: фізичні перенавантаження (при перенесенні деталей до робочого місця); нервово-психічні перенавантаження (викликаються монотонністю праці).

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Обладнання повинно бути безпечним при монтажу, експлуатації і ремонту як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні, повинно бути пожежно-вибухобезпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Об'єм промислового приміщення на одного працюючого не повинен бути менше 15 м^3 , а площа – $4,5 \text{ м}^2$.

Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися пристрої, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для верстатів; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації у верстатах; застосовуватись особливі конструкції

кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Робітники дільниці при обробці різанням повинні мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття.

Електробезпека

Дільниця по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій дільниці існують струмопровідні поли і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого. Безпека при експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується засобами захисту.

В якості захисного засобу на дільниці використовується занулення для трьохфазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю. Занулення в електроустановках не знаходиться під напругою до 1000 В – спеціальне заземлення частин, які нормально не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трьохфазного струму.

Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим проводами з метою утворення більшого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і відключення установки від мережі.

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання на дільниці.

Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику між корпусом обладнання і землею. При замиканні будь-якої фази на струмопровідний корпус через провідник заземлення фаза замикається на землю. Це є однофазне коротке замикання, від струму якого спрацює захисне обладнання, яке відключає дану установку від електромережі.

На дільниці виконане природне заземлення – всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

Крім того, на ділянці використовують різні електрозахистні засоби: діелектричні рукавиці, гумові килими, ізолюючі підставки, показники напруги. В різних місцях встановленні різні попереджувальні плакати: дозволяючи, остерігаючи та нагадуючи.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1. Мікроклімат

Мікроклімат у виробничих приміщеннях визначається наступними параметрами: температура повітря t , °C; відносною вологістю ϕ , %; швидкістю руху повітря на робочому місці v , м/с; атмосферним тиском p , мм.рт.ст.

Метеорологічні умови визначаються для робочої зони на висоті 2 м над рівнем підлоги. Людина почуває себе гарно, якщо температура навколишнього повітря $t = 18...22$ °C; відносна вологість $\phi = 40...60\%$, швидкість руху повітря на робочому місці $v = 0,1...0,2$ м/с.

Роботи відносять до категорії робіт II б – роботи середньої важкості, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням та перенесенням невеликих вантажів до 10 кг, які вимагають помірних фізичних напруг, параметри мікроклімату наведені у таблиці 4.1 відповідно дл [21].

Таблиця 4.1 – Показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура t , °C					Відносна вологість, %		Швид. повітря, м/с	
		Оптимальна	На робочих місцях				Оптимальна	Допустима на роб. місці	Оптимальна	Допустима на роб. місці
			Верхня межа		Нижня межа					
			пост.	непост.	пост.	непост.				
Холодний	II б	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	>0,4
Теплий		20...22	27	29	16	15	40...60	70(1=25°C)	0,3	0,2...0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинно перевищувати 100 Вт/м² при опроміненні не більше 25% поверхонь тіла.

Оптимальні параметри мікроклімату підтримувати економічно недоцільно, тому підтримують допустимі параметри.

У механічному цеху застосовують витяжну загальну обмінну вентиляцію [22].

4.2.2 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення характеризується кількісними та якісними показниками. Кількісні показники: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість. Якісні: фон, контраст об'єкта з фоном, видимість і т. д.

Зорова робота на розробляє мій ділянці відноситься до II групи: розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому направленні лінії зору робітників на робочу поверхню (виробничі приміщення промислових підприємств) [2].

Природне освітлення на ділянці є верхнє з боковим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості – це відношення освітленості зовні.

Таблиця 4.2 – Нормування освітленості

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення	Характер фону	Штучне, лм	Природне, %
						Комб.	Комб.
Високоточне	більше 0,15 до 0,3	2	в	середній	середній	750	2,5

Нестачу природної освітленості компенсує штучне. Воно складається з загального освітлення виробничої площі та місцевого освітлення. Місцеве освітлення реалізується лампами розжарювання; загальне – газорозрядними лампами.

4.2.4 Виробничий шум

Шум має великий вплив на працездатність людини. Джерелами шуму на ділянці є працююче обладнання, шум з сусідніх ділянок та шум автотранспорту.

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 4.3 [24].

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо герметичними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	82	82	78	75	73	71	69	80

Для зниження шуму у виробничих приміщеннях застосовують різні методи: зменшення рівня шуму в джерелі його виникнення; звукопоглинання і звукоізоляція; установка глушників шуму; раціональне розміщення обладнання; застосування засобів індивідуального захисту.

4.2.5 Виробничі вібрації

Вібрація виникає при зворотно-поступальних рухах системи, обертання нерівноважених мас, ударів деталей. По дії на людину вібрація поділяється на загальну та локальну. Систематична дія вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я людини.

На ділянці механічної обробки на робітників діє локальна та загальна вібрація, джерелом якої є працююче обладнання. На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях допустимі такі рівні вібрації (табл. 4.4) для категорії вібрації 3 тип «а» – технологічна вібрація, що діє на операторів стаціонарних машин та обладнання, чи передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації [25].

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні вібрації

Вид вібрації	Категорії вібрації по СН	Напрявлення дії	Нормативне корегування по частоті і еквівалентне корегування значення			
			Вібро-прискорення	Рівень віброприскорення	Вібро-швидкість	Рівень вібро-швидкості
			м с ⁻¹	дБ	м с ⁻¹ 10 ⁻²	дБ
загальна	3 типа «а»	z0, y0, x0	0.1	100	0,2	92

Санітарні норми одночисельних показників вібраційного навантаження на оператора для тривалості зміни 8 год. також наведені в таблиці 4.4.

Технічні заходи захисту від вібрацій полягають у зниженні вібрації в джерелі її виникнення та зменшенні вібрації на шляхах її поширення від джерела.

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом застосування таких кінематичних та технологічних схем, які усувають чи мінімально знижують дію динамічних сил. Так, вібрація послаблюється при заміні кулачкових та кривошипних механізмів на механізми, що обертаються з рівномірною швидкістю, механічних приводів – на гідравлічні та ін. Зменшення вібрації досягається також статичним та динамічним зрівноважуванням механізмів та об'єктів, що обертаються.

Контакту працівника з віброоб'єктом, а відтак і шкідливої дії вібрації можна уникнути шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження. Якщо цього досягти неможливо, то необхідно при контакті працівника з віброоб'єктом домогтися зменшення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела змушувальної сили. Цього можна досягти за допомогою вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляції.

4.3. Технічні рішення з пожежної безпеки

В якості робочої рідини використовується мінеральне мастило. Температура спалаху у нього більше 61 °С тому дане виробництво слід віднести до категорії «В». В відповідності з [9] приміщення має ступінь вогнестійкості – II, допустиме значення поверхів – фактично 1, площа поверху не обмежується. Межі вогнестійкості будівлі II ступеня стійкості:

Стіни	межа вогнестійкості
Несучі і сходові клітки	2
Самонесучі	1
Зовнішні не несучі	0,25
Колони	2
Сходові площадки, ступені, балки	1
Плити, настили і інші перекриття	0,25
Елементи покриття:	
Плити, настили, прогони	0,25
Балки, ферми, арки	0,25

Для забезпечення гасіння пожежі в початковому стані його джерело треба встановити найшвидше, тому встановлюємо внутрішній пожежний кран.

З метою забезпечення пожежобезпеки слід контролювати установку по допускній температурі, так як в ній використовується мінеральне мастило, а також не допускати перегріву електродвигунів.

В приміщенні висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менша 2,2 м. Висота від підлоги до низу виступаючих частин конструкцій і обладнання у місцях регулярного проходження людей і на шляхах евакуації – не менше 2 м.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщеннях споруд, через евакуаційні виходи. Кількість евакуаційних виходів з будівель слід приймати не менше двох.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця приміщення до евакуаційного виходу із будівлі для даного приміщення згідно [28] не обмежується. Ширина виходу із приміщення: через двері – 1 м, через розсувні ворота – 2,5 м. Кількість людей на 1 метр складає близько 10 чоловік. Згідно [28] кількість до 120 чоловік. В механічному цеху знаходиться пожежний щит з вогнегасником, сокирою, лопатою, відром, біля щита ящик з піском.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі:

1. Визначено тип виробництва – серійний;
2. Виконано аналіз технологічності деталі – за якісними і кількісними показниками деаль технологічна. До нетехнологічних елементів відноситься лише паз розташований на циліндричній поверхні (бажано було б під нього зробити лиску);
3. Запропоновано два способи отримання заготовки, для яких виконано розрахунок і на основі їх техніко-економічного порівнянн обрано кращий – прокат
4. Розглянуто та проаналізовано типові маршрути механічної обробки для деталей типу вал
5. Визначено кількість переходів механічної обробки для циліндричної поверхні Ø35к6
6. Запропоновано схеми базування на всі технологічні операції, та проаналізовано похибка базування, що може виникати при даних схемах установки
7. Розроблено маршрут механічної обробки
8. Визначено припуски на циліндричну поверхню Ø35к6
9. Для визначення технологічних розмірів, припусків та уточнення розмірів заготовок виконано розмірний аналіз
10. Розраховано режими різання та норми часу для усіх операцій
11. Розрахована приведена програма для планування механоскладальної ділянки
12. Розраховано кількість верстатів (3 металорізальних верстати) та робітників (3 основних) на ділянці механічної обробки
13. Розроблено заходи з охорони праці на механоскладальній ділянці

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дусанюк Ж.П.. Посібник до практичних занять з дисципліни "Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні" / Дусанюк Ж.П., Савуляк В.В., Репінський С.В., Сердюк О.В - Вінниця: ВНТУ, 2016. — 148 с
2. Комп'ютерна графіка: навч. посіб. / А. С. Василюк, Н. І. Мельникова; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2016. - 306 с.
3. Комп'ютерна графіка Solidworks : навч. посіб. / М. М. Козяр, Ю. В. Фещук, О. В. Парфенюк. - Херсон : Олді-Плюс, 2018. - 251 с.
4. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні./ Руденко П. О. — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
5. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок / Боженко Л. І. — Львів : Світоч, 1996. — 348 с.
6. Руденко П. О. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин / П. О. Руденко, Ю. О. Харламов, О. Г. Шустик. — К. : ІСДО, 1993. — 304 с.
7. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
8. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, І. О. Сивак, С. В. Дусанюк, С. В. Репінський. — Вінниця : ВНТУ, 2006. — 106 с.
9. Григурко І. О. Технологія машинобудування (дипломне проектування). Навчальний посібник / І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко. — Львів : «Новий світ 2000», 2007. — 768 с.
10. Дерібо О.В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О.В. Дерібо — Вінниця: ВНТУ, 2013. — 125 с.
11. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо Вінниця: ВНТУ, 2015. — 116 с.
12. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський — Вінниця: ВНТУ, 2017. — 106 с.

13. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. І. Сухоруков — Вінниця: ВНТУ, 2015. — 116 с.

14. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник. / О.В. Дерібо, Ж.П. Дусанюк, В.П. Пурдик — Вінниця: ВНТУ, 2012. — 122 с.

15. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навч. посіб. / В.О. Залога, В.Д. Гончаров, О.О. Залога. - Суми: СумДУ, 2013. - 371 с.

16. Інструменти з надтвердих матеріалів / Під ред. М.В. Новікова — Київ: ІНМ НАНУ, 2001. -528 с.

17. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум / Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. — Вінниця : ВНТУ, 2019. — 67 с

18. Павленко П.М. Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: Монографія.— К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. — 280с.

19. Когут, М.С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник [Текст] / М. С. Когут — Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. — 352 с.

20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/>

21. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/>

22. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

23. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

24. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumuultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4>

25. ДСНЗ.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

26. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

Додатки

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

Потокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових
запозичень

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки деталі «Вал 10.11» з використанням CAD/CAM-систем

Тип роботи: _____ БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ _____ кафедра ТАМ
(кафедра, факультет)

1. Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 71,7 Схожість 28,3

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ~~о~~ж плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лозінський Д.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichack щодо роботи.

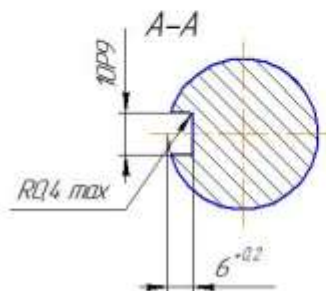
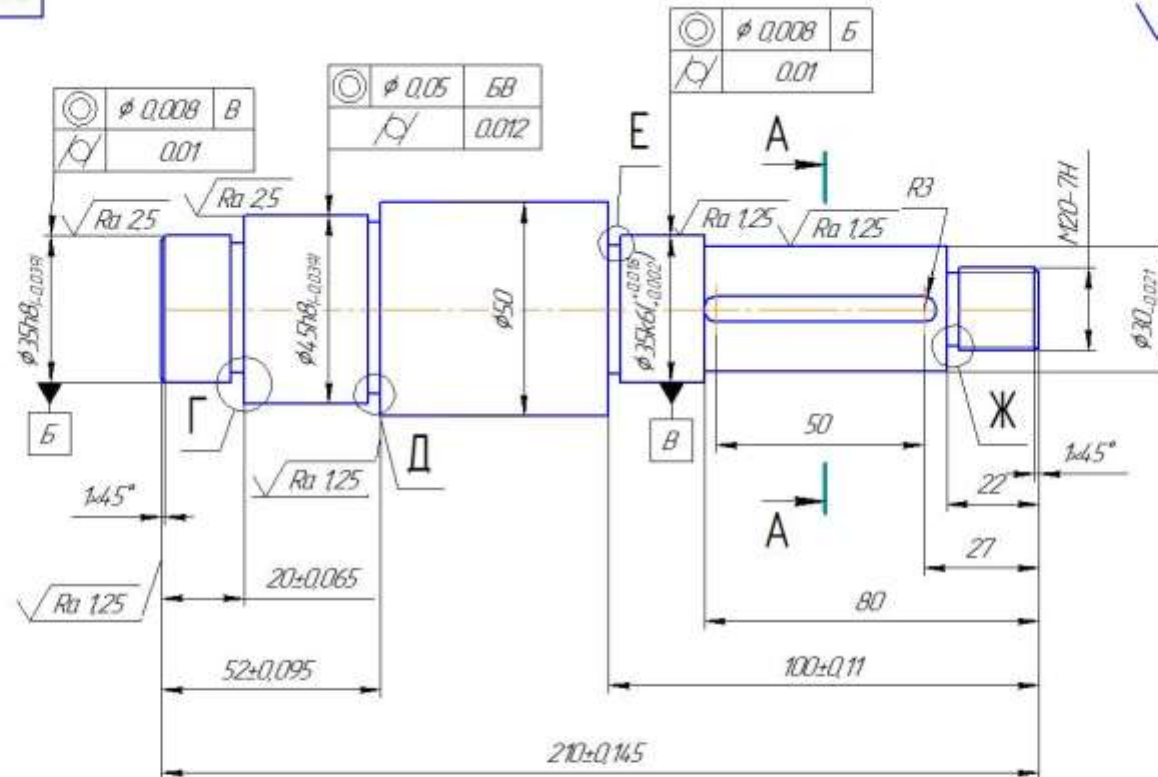
Автор роботи _____ Василенко О.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Сердюк О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

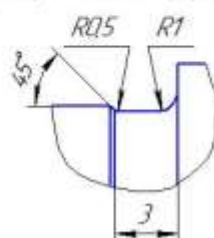
ДОДАТОК Б
(обов'язковий).
Графічна частина

08-64.БДР.006.00.001

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}$



Г, Д, $\odot 180^\circ$, Е, Ж (5:1)



1 270 НВ

2 Неказані граничні відхилення

валів $-h/4$, інших $\pm h/2$

08-64.БДР.006.00.001					Лист	Масса	Масштаб
Вал 10.11					11	168	11
Лист					Листов	1	
Сталь 45 ГОСТ 1050-88					ВНТУ, ПМ-206		
Копировал					Формат А3		

Спроб. №

08-64.БДР.006.00.002

Подп. и дата

Инв. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

200_{2,9}

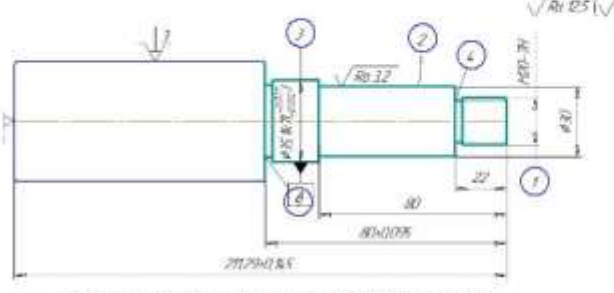
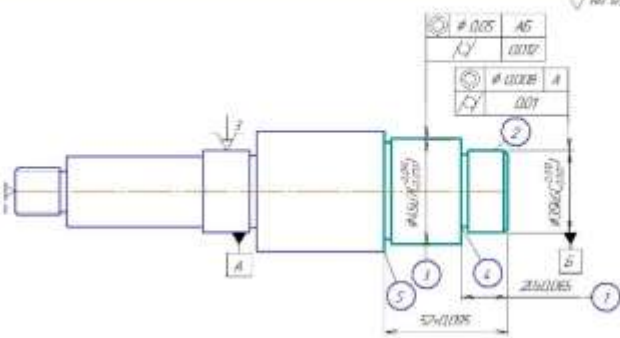
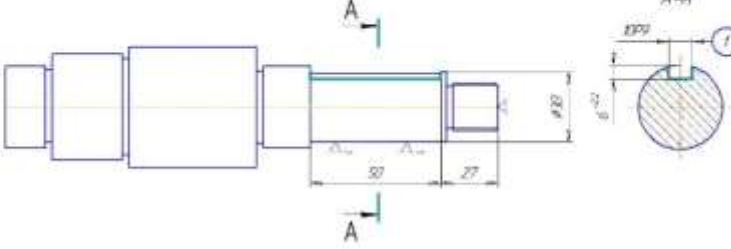
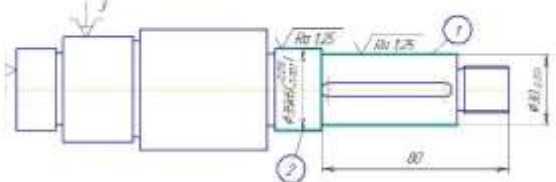
φ55₁₉

					08-64.БДР.006.00.002			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал 10.11 (прокат)	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Василенко		6.06			4,08	1:1
Проб.		Сердюк		6.06				
Т.контр.								
Н.контр.		Лозинський Д.О.		7.06	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	Лист	Листов	1
Утв.		Козлов Л.Г.		12.06				

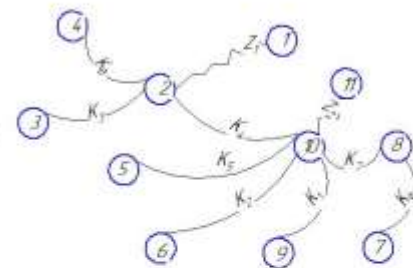
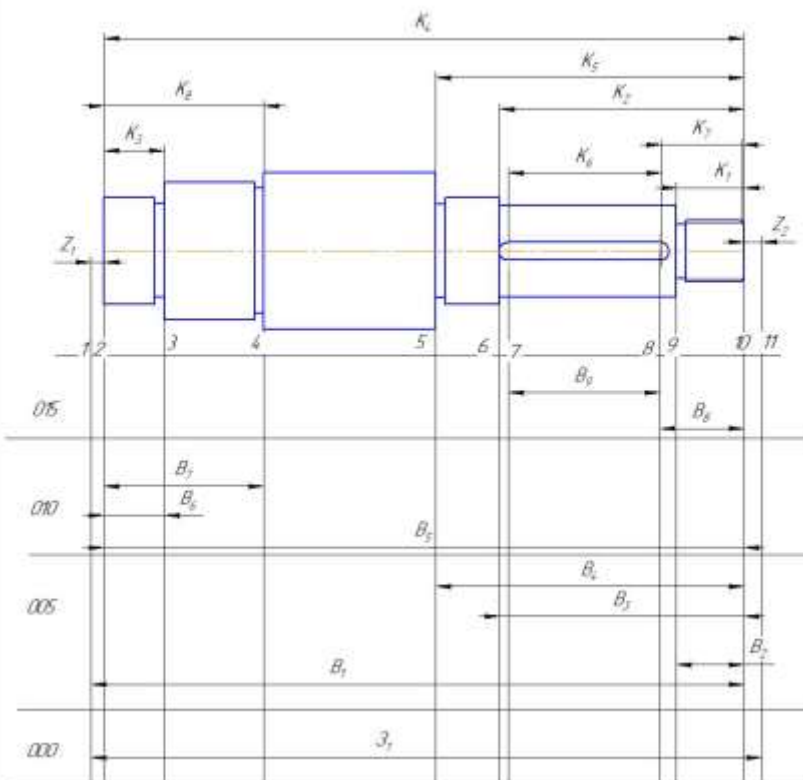
Копировал

Формат А4

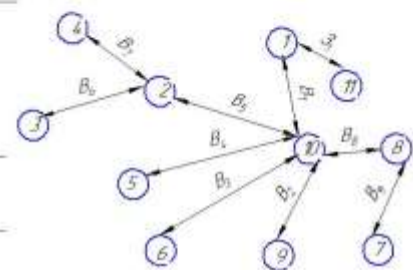
Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
005	Токарно-револьверна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити торець, поверхні 1 в розмір згідно ескізу поверхні 2, 3 в розміри $\phi 35,625(+0,35)$ з підбіркою торця 5 попередньо в розмір $139 (+\pm 0,12)$ 3 Точити торець та поверхню 1 остаточно в розмір згідно ескізу, поверхні 2, 3 попередньо в розмір $\phi 35,2(+0,087)$ 4 Нарізати різь на поверхні 1 витримуючи розміри вказані на ескізі 5 Точити канавки 4 та 5 витримуючи розміри вказані на ескізі 6 Точити остаточно поверхні 2 та 3 витримуючи розміри вказані на ескізі 7 Зняти заготовку	 Невказані розміри відносять до поверхні 1/16, до 1/8, інших 1/16/2	Токарно-револьверний з ЧПК 174.207Ф30
010	Токарно-револьверна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити торець 1 в розмір $220,05(+0,26)$ поверхні 2, 3 в розміри $\phi 35,625(+0,35)$ з підбіркою торця 5 попередньо 3 Точити торець 1 остаточно в розмір згідно ескізу, поверхні 2, 3 попередньо в розмір $\phi 35,2(+0,087)$ та $\phi 45,2(+0,087)$ 4 Точити канавки 4 та 5 витримуючи розміри вказані на ескізі 5 Точити остаточно поверхні 2 та 3 в розмір $\phi 35,092(+0,035)$ та $\phi 45,092(+0,035)$ 6 Точити торці поверхні 2 та 3 витримуючи розміри вказані на ескізі 7 Зняти заготовку	 Невказані розміри відносять до поверхні 1/16, до 1/8, інших 1/16/2	Токарно-револьверний з ЧПК 174.207Ф30
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Фрезерувати поз 1 витримуючи розміри вказані на ескізі 3 Зняти заготовку		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6P13PФ3
020	Токарна з ЧПК 1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити торці поверхні 1 та 2 3 Зняти заготовку	 Невказані розміри відносять до поверхні 1/16, до 1/8, інших 1/16/2	Токарний з ЧПК МК260МФ3

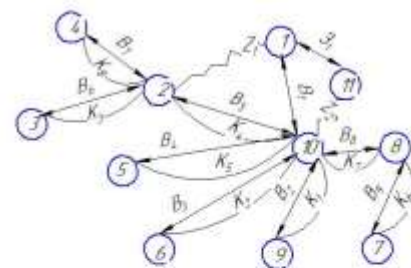
Розмірний аналіз технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщений граф

Таблиця 1 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$B_2 - K_1 = 0$	$B_2 = K_1$	B_2
2	$B_3 - K_2 = 0$	$B_3 = K_2$	B_3
3	$B_4 - K_3 = 0$	$B_4 = K_3$	B_4
4	$B_5 - K_4 = 0$	$B_5 = K_4$	B_5
5	$B_6 - K_5 = 0$	$B_6 = K_5$	B_6
6	$B_7 - K_6 = 0$	$B_7 = K_6$	B_7
7	$B_8 - K_7 = 0$	$B_8 = K_7$	B_8
8	$B_9 - K_8 = 0$	$B_9 = K_8$	B_9
9	$B_5 + Z_1 - B_1 = 0$	$Z_1 = B_1 - K_5$	B_1
10	$B_1 + Z_2 - B_1 = 0$	$Z_2 = B_1 - B_1$	Z_1

Таблиця 2 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допусків

Позиційний розмір у	Граничні значення розміру		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру, креслені на вихідній заготовці
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
Z_1	212,935	213,395	0,46	213,16		213,16 ^{+0,23}
B_1	211,145	211,435	0,29	211,29	211,29 ^{+0,145}	
B_2	21,74	22,26	0,52	22	22 ^{+0,28}	
B_3	79,63	80,37	0,74	80	80 ^{+0,37}	
B_4	139,875	140,125	0,25	140	140 ^{+0,125}	
B_5	209,855	210,145	0,29	210	210 ^{+0,145}	
B_6	19,935	20,065	0,13	20	20 ^{+0,065}	
B_7	51,905	52,095	0,19	52	52 ^{+0,095}	
B_8	26,74	27,26	0,52	27	27 ^{+0,28}	

Таблиця 3 – Припуски на механічну обробку

Припуск	Мінімальний, мм	Максимальний, мм
Z_1	1,5	1,58
Z_2	1,5	2,25

[illegible][illegible][illegible][illegible]

- [illegible]

[illegible]