

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

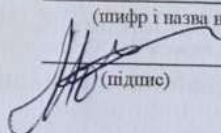
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська дипломна робота

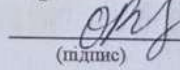
на тему:

«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «ФЛАНЕЦЬ Ц-01»

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

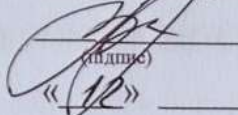
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)
 Данило МОКІШЕВ
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

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

« 06 » 06 2024 р.

Рецензент: доц. каф. АТМ

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

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри 

« 12 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 13 Механічна інженерія

Спеціальність – 131 – «Прикладна механіка»

Освітньо - професійна програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДІПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мокісвець Данило Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець Ц-01»

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: Фланець Ц-01

Матеріал:

Програма випуску:

4. Зміст текстової частини

1. Аналіз методів виготовлення та обробки заготовок деталей типу " Фланець Ц-01"

2. Розробка технологічного процесу механічної обробки

3. Розрахунок елементів дільниці механічної обробки

4. Охорона праці

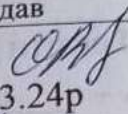
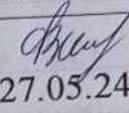
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) робоче креслення деталі;

робоче креслення заготовки;

маршрут механічної обробки деталі;

графіки завантаження верстатів дільниці механічної обробки

6. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

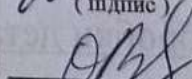
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Прим.
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24р	20.03.24р	вик
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24р	26.04.24р	вик
3	Виконання спеціальної частини БДР.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

Студент


(підпис)

Данило МОКІСЬВЕ
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи



Ольга Сердюк

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 102 сторінок формату А4, на яких є 22 рисунків, 12 таблиць, список використаних джерел містить 22 найменувань.

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу фланець -Ц01, 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: фланець, технологічний процес, заготовка, механічна обробка, розмірний аналіз, планіровка, ділянка механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor thesis consists of 102 pages of A4 format, on which there are 22 figures, 12 tables, the list of used sources contains 22 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 " ФЛАНЕЦЬ Ц-01"	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.	20
2.3 Розробка маршруту механічної обробки.	32
2.3.1. Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки	32
2.3.2 Вибір чистових та чорнових технологічних баз	34
2.3.3 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування	39
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	41
2.3.5. Розрахунок припусків	51
2.3.6. Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз та кріпильних отворів	55
2.3.7.Визначення технічних норм часу для всіх операцій. Для однієї операції детально, решта у вигляді підсумкової таблиці	60
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	64

3.1 Розрахунок приведеної програми	64
3.2 Визначення кількості верстатів, коефіцієнтів завантаження та використання за основним часом	68
3.3 Розрахунок кількості працюючих на ділянці	71
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	74
4.1 Аналіз умов праці	74
4.2 технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	76
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	81
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	84
ДОДАТКИ	87
ДОДАТОК А (обов'язковий) Поток перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	88
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина	90

ВСТУП

Актуальність. У наш час розвиток машинобудування стрімкий та ефективний. На підприємствах використовують сучасні верстати типу оброблюваний центр, застосовують автоматичні лінії, робототехніку і т.д. і т.п. Тому доцільним є модернізувати дільниці та цехи механічної обробки. Потрібно створювати нові технологічні процеси виготовлення деталей, використовуючи при цьому сучасне обладнання, стало необхідністю також використовувати новітні пристосування для верстатів. Також зараз є можливість використання інструменту з нових матеріал або композитів що теж в свою чергу пришвидшує обробку та якість виготовлення деталей.

Із застосуванням модернізованого обладнання на дільниці скорочується час на обробку, що суттєво впливає на собівартість виготовлення деталі. Також по мінімуму використовується людський ресурс в процесі виготовлення деталі, що впливає безпосередньо на якість виготовлення, час, зменшує кількість браку, знижує рівень витрат на заробітну плату що знижує затрати на виробництво.

Мета і завдання дослідження. Мета бакалаврської дипломної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець Ц-01» на верстатах з ЧПК з побудовою технологічного маршруту.

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

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Фланець»;
- 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 «Корпус цангового пристрою»;

- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалений варіант маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Фланець Ц-01»;
- 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 «Фланець Ц-01».

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

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОТОВЛЕННЯ ТА ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ " ФЛАНЕЦЬ Ц-01"

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки заготовки деталі типу “Фланець” і занесені до таблиці 2.4, це розточування отворів, свердління отворів . Для записаних в таблиці 2.4 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{\text{осн}}$, наприклад для свердління 6 отворів під різь М10 визначаємо

$$T_{\text{осн}}=6 \cdot 0,56 \cdot 10 \cdot 0,001 \cdot 25=0,84 \text{ (хв)}$$

Згідно рекомендацій [3], враховуючи масу деталі – 6 кг, та програму випуску $N=4500$ шт. наближено визначаємо тип виробництва, як серійний.

Визначаємо штучно-калькуляційний час, $T_{\text{шт-к}}$ за формулою 2.8.

$$T_{\text{шт-к}}= T_{\text{осн}} \cdot \varphi \text{ [хв]}$$

де φ - коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей.

Наприклад, для свердління 6 отворів під різь М10.

$$T_{\text{шт-к}}=0,84 \cdot 1,72=1,45 \text{ (хв)}$$

Для кожного переходу необхідну кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot T_{\text{шт.к.}}}{60 F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}},$$

де N – річна програма випуску деталі;

F_o – дійсний фонд роботи обладнання;

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

Відповідно, для свердління 6 отворів під різь М10 необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1} = 4500 \cdot 1,45 / 60 \cdot 3890 \cdot 0,75 = 0,04$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглюємо до найближчого більшого числа і одержуємо прийняту кількість верстатів, в даному випадку 1 верстат.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначаємо за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i},$$

Наприклад, для свердління 6 отворів під різь М10.

$$\eta_{з.ф.} = \frac{0,04}{1} = 0,04$$

Кількість операцій, які виконуються на i -му місці визначаємо за формулою:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}},$$

При обробці отворів М10 отримаємо:

$$O_i = \frac{0,75}{0,04} = 18,75$$

Отримане число округлюємо до найбільшого цілого, яке є прийнятною кількістю робочих місць, $P = 19$.

Аналогічно виконаємо розрахунки для інших типових переходів механічної обробки, результати розрахунків заносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 1.1 – Визначення типу виробництва

№	Зміст технологічних операцій	$T_{\text{осн.}}$	$T_{\text{штк.}}$	N	Φ_D	C_p	P	$\eta_{\text{еф}}$	$\eta_{\text{з.н.}}$	O	$K_{\text{з.о}}$
1	Розточування $\varnothing 36$, $\varnothing 100$, $\varnothing 62$ Н8, $\varnothing 58$ Н8, $\varnothing 148$ Н8 попереднє (14квалітет).	0,8	1,58	4500	3890	0,044	1	0,044	0,75	16	20
2	Розточ. $\varnothing 58$ Н8, $\varnothing 62$ Н8, $\varnothing 148$ Н8 попереднє (10квалітет)	0,76	1,46	4500	3890	0,04	1	0,04	0,75	19	
3	Розточ. $\varnothing 148$ Н8, $\varnothing 58$ Н8, $\varnothing 62$ Н8, остаточно (8 квалітет)	0,66	1,31	4500	3890	0,037	1	0,037	0,75	20	
4	Свердління отв. під різь М10– 7Н (6отв.)	0,84	1,45	4500	3890	0,04	1	0,04	0,75	19	
5	Свердління отв. під різь М10–7Н (4 отв.)	0,62	1,1	4500	3890	0,034	1	0,034	0,75	22	
6	Свердління отв. під різь М6–7Н (4 отв.)	0,48	0,86	4500	3890	0,029	1	0,029	0,75	26	

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій становить.

$$K_{3.0}=(16+19+20+19+22+26)/6=20$$

$10 < K_{3.0} < 20$ – виробництво серійне.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_{∂} і розрахункової добової продуктивності лінії Q_{∂} . Якщо $N_{\partial} < Q_{\partial}$, то потокову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів розраховуємо за формулою

$$N_{\partial} = \frac{4500}{254} = 17.7$$

Приймаємо $N_{\partial} = 18$ шт.

Добова продуктивність потокової лінії визначається за формулою [3].

$$Q_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{T_{шт-к.ср}} \cdot \eta_3$$

де $T_{шт-к.ср}$ - середній штучно-калькульований час, який визначається за формулою.

$$T_{шт-к_i} = (1,58 + 1,46 + 1,31 + 1,45 + 1,1 + 0,86) / 6 = 1,29 \text{ (хв)}$$

$$Q_{\partial} = \frac{952}{1,29} \cdot 0,75 = 453,488$$

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

При груповій формі організації роботи визначається за формулою 2.15 кількість деталей в партії для одночасного запуску [3].

$$n = \frac{N \cdot a}{254}$$

де a – періодичність запуску в днях (прийнято $a=6$).

$$n = \frac{4500 \cdot 6}{254} = 107$$

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

$$c = \frac{1,29 \cdot 107}{476 \cdot 0,75} = 0,4$$

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

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{1,29} = 276.7$$

Приймаємо кількість деталей у партії 277 шт.

Отже, тип виробництва – серійний, форма організації роботи – групова, кількість деталей в партії, що запускається на обробку одночасно – 277 шт.

1.2 Огляд можливих методів та способів отримання заготовки

Проаналізувавши умови, одержані в якості вихідних і розрахункових даних, робимо висновок, що заготовку потрібно одержати методом литтям, так як чавун СЧ-18 має добрі ливарні властивості. Можливі способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми, лиття в облицьований кокіль, лиття в оболонкові форми [4].

Лиття в піщано-глинисті форми – найбільш розповсюджений спосіб лиття. В залежності від розмірів вилівка і типу виробництва застосовують ручне або машинне формування. В піщано-глинистих формах можна одержати виливки найскладної конфігурації і масою від декількох грамів до сотень тон.

Заготовки, що виливаються цим способом характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. Литтям в піщано-глинисті форми можна одержати виливки з шорсткістю поверхонь $Ra = 320-40$ мкм і з точністю, що відповідає 14-17 квалітетам і грубіше.

Вартість виготовлення виливків мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, чим заготовок, одержаних іншими способами лиття. Лиття в піщано-глинисті форми вимагає найбільших затрат матеріалу, причому 45-30 % маси вилівка перетворюється в стружку при механічній обробці. Перехід до спеціальних способів лиття дає можливість знизити припуски на механічну обробку і кількість стружки.

Лиття в кокіль – найбільш дешевий серед спеціальних способів лиття. Його головна особливість полягає в багатократному використанні металевої форми – кокіля. Стійкість чавунних кокілей складає при виготовленні сталюого лиття 50...500 виливків, чавунного – 400...8000 виливків.

Кокілі дозволяють одержати виливки з точними розмірами (до 12 квалітету). Параметр шорсткості може досягати $Rz = 20$ мкм. В зв'язку з

високою теплопровідністю матеріалу форми, швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості виливка (за рахунок одержання дрібнозернистої структури), але в той час погіршується можливість виготовлення виливків з тонкими стінками. Кокілям практично не властива податливість і газопроникність, що необхідно враховувати при конструюванні виливка.

Одночасно потрібно враховувати те, що самі кокілі коштують досить дорого, що в них можна виготовляти виливки порівняно простої конфігурації і що можливе їх жолоблення із-за значних усадочних і термічних напружень. Кокільне лиття доцільно застосовувати в умовах серійного виробництва. Заміна лиття в піщані форми на кокільне при великій програмі випуску знижує собівартість виливків приблизно на 30 % і підвищує продуктивність праці в 4-6 разів.

Враховуючи, що матеріал виливка СЧ-18 кокіль повинен бути облицьованим, тобто із захисним покриттям його стінок. Це вимагає додаткових економічних витрат.

Лиття в оболонкові форми полягає в тому, що разову ливарну форму виготовляють у вигляді оболонки, використовуючи для формувальної суміші в якості зв'язуючого матеріалу фенольні термореактивні смоли, що міцно цементують дрібний кварцовий пісок, який використовується як наповнювач. Виготовлення оболонкової форми виключає необхідність в опоках, які використовуються при литті в піщано-глинисті форми. При литті в оболонкові форми різко знижуються витрати формувальної суміші, процес легко механізувати і автоматизувати. Лиття в оболонкові форми забезпечує малу шорсткість поверхні і більш високу точність виливків (12-15 квалітети), ніж при литті в піщано-глинисті форми (14-17 квалітети), так як оболонка твердіє на моделі та зберігає її розміри. Коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми 0,85-0,9, що значно вище ніж при литті в піщано-глинисті форми 0,55-0,7 та в кокіль - 0,71-0,75. Це призводить до зменшення об'єму механічної обробки, а відповідно до

зниження її собівартості [5].

Враховуючи, що при литті сірого чавуну в кокіль на поверхні заготовки утворюється відбілений шар, структура металу має пористості та внутрішні дефекти внаслідок різкого охолодження металу (металева форма – це хороший провідник теплоти) прийнято до розгляду варіанти одержання заготовки – лиття в піщано-глинисті форм із машинним формуванням та лиття в оболонкові форми.

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

Дана деталь відноситься до деталей обертання, а саме до деталей типу фланець. Отже розглянемо типовий маршрут обробки фланця (табл. 1.2), ескіз якого показаний на рисунку 1.1.

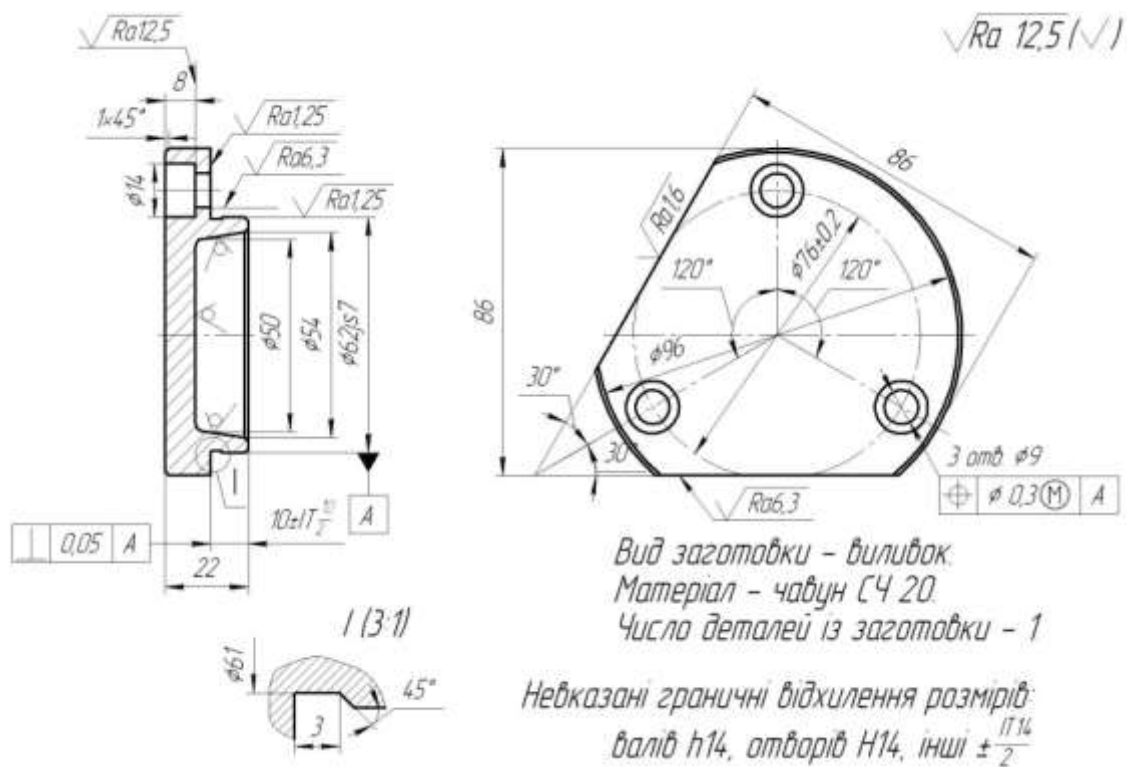


Рисунок 1.1 – Фланець

Таблиця 1.2 – Типовий технологічний маршрут механічної обробки
фланця

№ операції	Зміст або найменування операції	Обладнання	Оснащення
005	Лиття	—	—
010	Обрубка та очищення виливка	—	—
015	Малярна	—	—
020	Підрізати торець Ø62js7/ Ø54 і Ø96/62 js7 остаточно, точити поверхню Ø62js7 піж шліфування, проточити канавку В = 3 і фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий пневматичний патрон
025	Підрізати торець Ø96 і точити поверхню Ø96 (технологічно)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий патрон
030	Свердлити і зенкерувати чотири отвори Ø9/ Ø14, фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105Н7Ф4	Насадка УСПО
035	Чистити гострі кромки	Верстак механізований	Трьохкулачковий патрон
040	Шліфувати поверхню Ø62js7 з під шліфовкою торця Ø96 js7 остаточно	Універсальний шліфувальний 3У131ВМ	—
045	Промити деталь	Мийна машина	—
050	Технічний контроль	—	—
055	Нанесення антикорозійного покриття	—	—

2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ

ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ

2.1. Аналіз конструкції і технологічності деталі

Задана деталь – «Фланець», виготовляється із сірого чавуну СЧ18 ГОСТ 1412 – 85 методом лиття та річною програмою випуску 4500 шт. Конструкцію деталі спрощувати недоцільно, оскільки вона складається із поверхонь простої форми. Деталь відноситься до типу тіл обертання, тому для обробки її поверхонь доцільно застосовувати високопродуктивні методи обробки, такі як токарна, свердлильна механічні обробки.

Під час механічної обробки заготовки деталі «Фланець» важкодоступним місцем для обробки є канавка $\varnothing 48$.

При обробці деталі «Фланець» виконується принцип суміщення технологічної та вимірювальної баз це дає можливість забезпечити необхідну точність розмірів. Задані вимоги точності та шорсткості можуть бути забезпечені на токарних та свердлильних операціях механічної обробки, тому немає необхідності використовувати додаткові трудомісткі операції.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів та шорсткості співрозмірні між собою та відповідають вимогам стандартів. Відхилення геометричної форми та розміщення поверхонь більші за відповідні показники верстатів – це дає можливість забезпечити вимоги точності на даному обладнанні.

Більшість розмірів даного креслення можуть безпосередньо вимірюватись за допомогою універсального вимірювального обладнання, окрім наступних: позиційні розміри, які визначають положення отворів на фланці, не можуть бути безпосередньо виміряні, тому на цю контролюючу операцію необхідно виготовити спеціальний вимірювальний пристрій.

Основні конструкторські бази деталі – це лівий торець розміру 167, що слугує для правильної орієнтації у вузлі. Допоміжні бази деталі – це $\varnothing 148H8$, $\varnothing 62H8$, $\varnothing 58H8$, $\varnothing 48H8$, $\varnothing 36H8$, правий торець 167, різьбові отвори

М6 - 7Н, М 10 – 7Н, М 10 – 7Н. Вільні поверхні Ø84, Ø118, 167 мм. Найбільш точними є основні та допоміжні бази. До них ставиться вимога обробки по 8 квалітету з шорсткістю $Ra=3,2$ (Ø130h8, Ø148H8, Ø62H8, Ø58H8). Інші поверхні, повинні мати такі характеристики: лівий і правий торець 167 повинні бути оброблені згідно 14 квалітету із шорсткістю $Ra=3,2$, торці Ø84, Ø130h8 і канавка ø 48 обробляються згідно 14 квалітету із шорсткістю $Ra=6,3$, отвір Ø36 повинен бути оброблений згідно 14 квалітету із шорсткістю $Ra=3,2$. Поверхні Ø84, Ø118, 167 не обробляються.

Вимоги робочого креслення деталі «Фланець» не передбачають термічної обробки, тому заходи по підготовці конструктивних елементів для термічної обробки не виконуються.

На робочому кресленні деталі не виявлено специфічних вимог забезпечення яких вимагає застосування додаткових технологічних операцій.

Проведемо кількісний аналіз технологічності конструкції деталі.

Визначаємо коефіцієнт уніфікації [3].

$$K_y = Q_{ye} / Q_e$$

Q_{ye} - кількість уніфікованих елементів;

Q_e - загальна кількість елементів.

$$K_y = \frac{113}{131} = 0.86$$

Таблиця 2.1 – Параметри уніфікації поверхонь

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткусть	Різь метрична
168 (2 повт.)	Ø 150*	60* (6 повт.)	6,3* (34 повт.)	M10 – 7H*(10 повт.)
130* (2повт.)	Ø 148	45* (14повт.)	3,2* (10 повт.)	M6 – 7H* (4 повт.)
65 (3 повт.)	Ø 130*	30*		
54,5	Ø 118	15*		
48*	Ø 100*(2 повт.)	6*		
42* (2повт.)	Ø 84			
25* (12 повт)	Ø 80*			
20* (16повт.)	Ø 62			
17* (4 повт.)	Ø 58			
14*	Ø 48*			
6*	Ø 36*			
5,5	R12* (4 повт.)			
4*				
2,5*				
1,5*				
1*(14 повт)				
63	16	23	44	14
56		17	44	14

Примітка: позначення «*» мають уніфіковані розміри.

Коефіцієнт точності обробки визначається за формулою 2.2 [3].

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}$$

де T_{cp} – середній квалітет точності, що визначається

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, [\text{мкм}]$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_i - кількість поверхонь деталі з точністю відповідно за 0...17

квалітетами.

Параметри для розрахунку коефіцієнта точності обробки наведені в табл. 2.2

$$T_{cp} = \frac{494}{44} = 11,56 (\text{мкм})$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,56} = 0.91$$

Таблиця 2.2 – Параметри точності поверхонь

Квалітет(розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
8 (Ø 148 Н8, Ø 130 Н8, Ø 62 Н8, Ø 58 Н8)	4	8·4=32
7((М10 – (10 пов.); М6 –(4 пов.);	14	7·14=98
14(Ø84, Ø100, Ø48, Ø36, 65-2 поверхні, 48, 42, 6, 1,5х30, 1х45 – 14 поверхонь, 4-2 поверхні).	26	14·26=364
сума	44	494

Коефіцієнт шорсткості поверхонь [3].

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}$$

де Ш_{cp} - середня шорсткість поверхні, мкм;

$$\text{Ш}_{\text{cp}} = \frac{\sum \text{Ш}_k \cdot n_k}{\sum n_k}, [\text{мкм}]$$

де Ш_k – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі, мкм;

n_k - кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає числовому значенню шорсткості параметра Ra, мкм.

Параметри для розрахунку коефіцієнта шорсткості поверхонь наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри шорсткості поверхонь

Шорсткість (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
3,2 (Ø148, Ø100, Ø58, Ø62, Ø36, Ø130, 5,5, Ø84, 168 (2 пов))	10	$10 \cdot 3,2 = 32$
6,3 (М10 – 7Н(10 пов.); М6 – 7Н (4 пов.); 1х45 (14 пов); Ø 48 торець: (Ø 148, Ø 58, Ø 62, Ø 84, Ø 130)	34	$34 \cdot 6,3 = 214,2$
Сума	44	246,2

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{5,595} = 0.18$$

$$\text{Ш}_{\text{cp}} = \frac{246,2}{44} = 5,595$$

$K_y > 0,6$, $K_T > 0,8$, $K_{\text{ш}} < 0,32$. Отже, деталь за кількісними показниками є технологічною.

2.2. Розрахунок розмірів заготовки

Призначаємо припуски (табличні) на механічну обробку та розраховуємо граничні розміри заготовки[4].

Вибиремо вихідні параметри заготовки, що характеризують її точність.

Клас розмірної точності виливка. Для способу лиття в піщано-глинисті форми із рівнем ущільнення суміші до твердості не нижче 70 одиниць, враховуючи матеріал заготовки – СЧ 18 без термічної обробки, та згідно рекомендацій [5] можливий діапазон значень класу розмірної точності 8 – 13_т (8, 9_т, 9, 10, 11_т, 11, 12, 13_т). Враховуючи, що виробництво середньосерійне, згідно завдання, приймаємо клас розмірної точності – 11_т. Для способу лиття в оболонкові форми цього ж типу виробництва можливий діапазон значень класу розмірної точності 8 – 13_т (8, 9_т, 9, 10, 11_т, 11, 12, 13_т). Приймаємо – 10.

Ступінь жолоблення елементів виливка. Для способу лиття в піщано-глинисті форми, враховуючи матеріал заготовки, та вибираючи в залежності від співвідношення найменшого розміру виливка до найбільшого. У нашому випадку $\frac{42}{168} = 0,25$. Згідно рекомендацій [6] можливий діапазон значення ступеня жолоблення елементів виливків 3 – 6 (3, 4, 5, 6). Приймаємо ступінь жолоблення – 5. Для способу лиття в оболонкові форми діапазон ступеня жолоблення 3 – 6 (3, 4, 5, 6). Приймаємо ступінь жолоблення елементів виливка – 4.

Ступінь точності поверхонь виливка. Для способу лиття в піщано-глинисті форми, враховуючи матеріал заготовки та найбільший габаритний розмір виливка який дорівнює 168 мм. Згідно рекомендацій [6] можливий діапазон значення ступеня точності поверхонь виливка 10 – 17 (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17). Приймаємо – 13. Для способу лиття в оболонкові діапазон значення ступеня точності поверхонь виливка 8 – 14 (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14). Приймаємо – 11.

Шорсткість поверхонь виливка вибираємо в залежності від точності поверхонь виливка [5]. Для способу лиття в піщано-глинисті форми, при ступені точності поверхонь виливка 13, приймаємо шорсткість Ra 32 мкм. Для лиття в оболонкові форми, із ступенем точності поверхонь виливка 11, шорсткість Ra 20 мкм.

Клас точності маси виливка приймаємо в залежності від номінальної маси виливка, яка становить близько 6 кг. Згідно рекомендацій [5] діапазон можливих значень для способу лиття в піщано-глинисті форми становить 7 – 14 (7, 8, 9_т, 9, 10, 11_т, 11, 12, 13_т, 13, 14), приймаємо 11_т клас. Для лиття в оболонкові форми з діапазону можливих значень 6 – 13 (6, 7_т, 7, 8, 9_т, 9, 10, 11_т, 11, 12, 13_т, 13) приймаємо – 10.

Ряд припусків на обробку виливка приймаємо згідно із ступенем точності поверхонь виливка. Враховуючи прийнятий для лиття в піщано-глинисті форми ступінь точності поверхонь 13, з ряду можливих значень припусків 5 – 8 (5, 6, 7, 8), приймаємо – 6. Для лиття в оболонкові форми, враховуючи ступінь точності поверхонь виливка 11, з ряду можливих значень припусків 4 – 7, (4, 5, 6, 7) приймаємо – 5.

Допуски розмірів виливка призначаємо згідно рекомендацій [7]. Для способу лиття в піщано-глинисті форми враховуючи що клас розмірної точності становить 11_т, допуск складає

$\varnothing 36H14 - 2,8 \text{ мм};$	$50,5 h14 - 3,2 \text{ мм};$
$10,5 h14 - 2,2 \text{ мм};$	$65h14 - 3,6 \text{ мм};$
$\varnothing 100H14 - 3,6 \text{ мм};$	$42h14 - 3,2 \text{ мм};$
$14 h14 - 2,2 \text{ мм};$	$\varnothing 130 h8 - 4 \text{ мм};$
$\varnothing 58H14 - 3,2 \text{ мм};$	$48h14 - 3,2 \text{ мм}.$

Для литті в оболонкові форми, враховуючи що клас розмірної точності дорівнює 10, допуск складає

$\varnothing 36H14 - 2,2 \text{ мм};$	$14h14 - 1,8 \text{ мм};$
$10,5h14 - 1,8 \text{ мм};$	$65h14 - 2,8 \text{ мм};$
$\varnothing 58H7^{(+0,03)} - 2,4 \text{ мм};$	$42h14 - 2,4 \text{ мм};$
$40,5h14 - 2,4 \text{ мм};$	$\varnothing 84H14 - 2,8 \text{ мм};$
$\varnothing 100H14 - 2,8 \text{ мм};$	$20h14 - 2 \text{ мм}.$

Допуски форми та розміщення поверхонь виливка вибираємо згідно з номінальними розмірами та враховуючи ступінь жолоблення елементів виливка. Ці допуски не враховують формувальні нахили, які призначаються згідно [7].

При литті в піщагно-глинисті форми, враховуючи що ступінь жолоблення елементів виливка становить 5, допуск дорівнює

$\varnothing 36H14 - 0,32 \text{ мм};$	$50,5 h14 - 0,32 \text{ мм};$
$10,5 h14 - 0,32 \text{ мм};$	$65h14 - 0,32 \text{ мм};$
$\varnothing 100H14 - 0,32 \text{ мм};$	$42h14 - 0,32 \text{ мм};$
$14 h14 - 0,32 \text{ мм};$	$\varnothing 130 h8 - 0,32 \text{ мм};$
$\varnothing 58H14 - 0,32 \text{ мм};$	$48h14 - 0,32 \text{ мм}.$

При литті в оболонкові форми, враховуючи що ступінь жолоблення елементів виливка дорівнює 4, допуск становить

$\varnothing 36H14 - 0,24 \text{ мм};$	$14h14 - 0,24 \text{ мм};$
$10,5h14 - 0,24 \text{ мм};$	$65h14 - 0,24 \text{ мм};$
$\varnothing 58H7 - 0,24 \text{ мм};$	$42h14 - 0,24 \text{ мм};$
$40,5h14 - 0,24 \text{ мм};$	$\varnothing 130 h8 - 0,32 \text{ мм};$
$\varnothing 100H14 - 0,24 \text{ мм};$	$48h14 - 0,32 \text{ мм}.$

Допуск зміщення що виникає в наслідок перекосу стержня при формуванні отворів у виливків приймається на 1,2 класи точніше класу

розмірної точності виливка, за номінальним розміром найбільш тонкої із стінок виливка, що формується з участю сержня.

При литті в піщано глинисті форми, враховуючи клас розмірної точності виливка– 11_т, при формуванні отворів приймаємо 9 клас розмірної точності виливка, товщина найбільш тонкої стінки $\frac{\varnothing 84 - \varnothing 36}{2} = 24$ мм. Допуск для діаметральних розмірів $\varnothing 36$ Н14, $\varnothing 100$ Н14, $\varnothing 58$ Н14 становитиме 1,6 мм.

При литті в оболонкові форми, враховуючи що клас розмірної точності виливка дорівнює 10 приймаємо клас розмірної точності виливка 9_т. Для розміру $\varnothing 36$ Н14 при товщині найбільш тонкої стінки, що формується стержнем $\frac{\varnothing 84 - \varnothing 36}{2} = 24$ мм, допуск становитиме – 1,2. Для розміру $\varnothing 62$ Н7 (^{+0,03}) при товщині найбільш тонкої стінки, що формується стержнем $\frac{168 - \varnothing 58}{2} = 55$ мм, допуск становитиме– 1,6 мм. Для розміру $\varnothing 100$ Н14 при товщині найбільш тонкої стінки, що формується стержнем $\frac{168 - \varnothing 100}{2} = 33$ мм, допуск складає – 1,4.

Допуск нерівностей поверхонь виливка вибираємо в залежності від точності поверхні виливка. Для лиття в піщано-глинисті форми з ступенем точності поверхонь виливка 13, допуск нерівностей поверхонь виливка дорівнює 0,8. Для лиття в оболонкові форми з ступенем точності поверхонь виливка 11, допуск нерівностей поверхонь виливка 0,5.

Допуск маси призначаємо в залежності від маси виливка ,яка знаходиться в межах 4 – 10 кг. Для лиття в піщано-глинисті форми, з класом точності маси 11_т, приймаємо – 16%. Для лиття в оболонкові форми, з класом точності маси 10, приймаємо – 12%.

Загальний допуск вибираємо згідно допуску розміру від поверхні до бази, а також з урахуванням допуску форми і розташування [4].

Мінімальний припуск на обробку поверхні призначаємо згідно рекомендацій [4,6]. При литті в піщано-глинисті форми з рядом припусків – 6,

одержуємо мінімальний ливарний припуск на сторону 0,6. При литті в оболонкові форми з рядом припусків – 5, отримаємо 0,5.

Вибираємо кількість переходів механічної обробки за двома параметрами:

- За точністю оброблених поверхонь.

Приймаємо в залежності від допуску розміру виливка та співвідношення між допусками розміру деталі і виливка $\frac{T_{\text{розм.дет.}}}{T_{\text{розм.вил.}}}$.

При литті в піщано-глинисті форми для всіх розмірів з 14 квалітетом точності ($\varnothing 36$ Н14; 10,5 h14; $\varnothing 100$ Н14; 14 h14; $\varnothing 58$ Н8; 50,5 h14; 65 h14; 42 h14), приймаємо вид остаточної обробки – чорнова, з кількістю переходів – 1.

Для розміру $\varnothing 130$ h8 враховуючи допуск виливка для даного розміру, а також значення співвідношення $\frac{0,063}{4} = 0,016$. Приймаємо вид остаточної обробки – тонка, з кількістю переходів – 4.

Для розміру $\varnothing 58$ Н8 враховуючи допуск виливка для даного розміру, а також значення співвідношення $\frac{0,046}{3,2} = 0,014$. Приймаємо вид остаточної обробки – тонка з кількістю переходів – 4.

При литті в оболонкові форми для всіх розмірів з 14 квалітетом точності ($\varnothing 36$ Н14; 10,5h14; 40,5h14; $\varnothing 100$ Н14; 14h14; 65h14; 42h14; $\varnothing 84$ Н14; 20h14), приймаємо вид остаточної обробки – чорнова з кількістю переходів – 1.

Для розміру $\varnothing 58$ Н7(^{+0,03}) відношення допуску розміру деталі і виливка становить: $0,03/2,4=0,0125$ Враховуючи допуск розміру виливка для даного розміру – 2,4, а також значення співвідношення приймаємо вид остаточної обробки – тонка з кількістю переходів – 4.

Для розміру $\varnothing 130$ h8 враховуючи допуск виливка для даного розміру, а також значення співвідношення $0,063/4=0,016$ Приймаємо вид остаточної обробки – тонка, з кількістю переходів – 4.

- за точністю форми і розміщення.

Приймаємо в залежності від допуску виливка та співвідношення між допусками форми чи розташування обробленої поверхні деталі і поверхні виливка

При литті в піщано-глинисті форми для всіх розмірів з 14 квалітетом точності (Ø36 Н14; 10,5 h14; Ø100 Н14; 14 h14; Ø58 Н8; 50,5 h14; 65 h14; 42 h14), приймаємо вид остаточної обробки – чорнова з кількістю переходів – 1.

Для розміру Ø 130 h8: враховуючи допуск виливка для даного розміру, а також значення співвідношення $0,03/2=0,015$ Приймаємо вид остаточної обробки – чистова з кількістю переходів – 3.

Для розміру Ø 58 Н8 враховуючи допуск виливка для даного розміру, а також значення співвідношення $0,03/1,6=0,0196$ Приймаємо вид остаточної обробки – чистова з кількістю переходів – 3.

При литті в оболонкові форми для всіх розмірів з 14 квалітетом точності (Ø36 Н14; 10,5 h14, 40,5 h14; Ø100Н 14; 14 h14; 65 h14; 42 h14; Ø84 Н14; 20 h14), приймаємо вид остаточної обробки – чорнова з кількістю переходів – 1.

Для розміру Ø 130 h8 приймаємо вид остаточної обробки – чистова з кількістю переходів – 3.

Для розміру Ø 58 Н8 враховуючи допуск виливка для даного розміру, а також значення співвідношення $0,03/1,6=0,019$ Приймаємо вид остаточної обробки – чистова з кількістю переходів – 3.

Загального припуску, вибирається в залежності від загального допуску, виду остаточної механічної обробки [6].

Розрахунок розмірів заготовки. При литті в піщано-глинисті форми, враховуючи номінальні розміри деталі і припуск на обробку, отримаємо.

$$\text{Ø}36\text{H}14 : 36-2\cdot2,7=30,6 \text{ (мм)}$$

$$50,5 \text{ h}14: 50,5+2,5-2,5=50,52 \text{ (мм)}$$

$$10,5 \text{ h}14 : 10,5+2,5+2,96=15,9 \text{ (мм)}$$

$$65\text{h}14: 65+2\cdot2,9=70,8 \text{ (мм)}$$

$$\begin{aligned}\varnothing 100H14: & 100-2\cdot 2,9=94,2 \text{ (мм)} \\ 42h14: & 42+2,5+2,9=47,4 \text{ (мм)} \\ 14 h14 : & 14+2,9-2,5=14,4 \text{ (мм)} \\ \varnothing 130 h8: & 130+2\cdot 5,3=140,6 \text{ (мм)} \\ \varnothing 58H14: & 58-2\cdot 4,3=49,4 \text{ (мм)} \\ 48h14: & 48+2,5+2,9=53,4 \text{ (мм)}\end{aligned}$$

При литті в оболонкові форми отримаємо

$$\begin{aligned}\varnothing 36H14: & 36-2\cdot 2,4=31,2 \text{ (мм)} \\ 14h14: & 14-1,7+2,4=14,7 \text{ (мм)} \\ 10,5h14: & 10,5+1,7+2,4=14,6 \text{ (мм)} \\ 65h14: & 65+2\cdot 2,4=69,8 \text{ (мм)} \\ \varnothing 58H7: & 58-2\cdot 4,3=49,4 \text{ (мм)} \\ 42h14: & 42+2+2,41=46,4 \text{ (мм)} \\ 40,5h14: & 40,5-2+1,7=40,2 \text{ (мм)} \\ \varnothing 130 h8: & 130+2\cdot 5,3=140,63 \text{ (мм)} \\ \varnothing 100H14: & 100-2\cdot 2,6=94,8 \text{ (мм)} \\ 48h14: & 48+2,5+2,9=53,4 \text{ (мм)}.\end{aligned}$$

Результати розрахунків пункту заносимо до таблиць 2.4 і 2.5.

Мінімальну товщину литих заготовок вибираємо за номограмами в залежності від матеріалу (в нашому випадку СЧ 18) та приведенного габариту деталі.

Таблиця 2.4 – Розрахунок розмірів литих заготовок при литті в піщано-глинисті форми

Вихідні дані	Лиття в піщано-глинисті форми									
	Згідно ГОСТ 26645-85					Прийнято				
Клас розмірної точності виливків	8 – 13 _т					11 _т				
Ступінь жолоблення елементів виливків	3 – 6					5				
Ступінь точності поверхонь виливків	10 – 17					13				
Шорсткість поверхонь виливків	Ra32									
Клас точності маси виливків	7 – 14					11 _т				
Ряд припуків на оброблення виливків	5 – 8					6				
Розрахункові розміри	Ø36 H14	10,5 h14	Ø100 H14	14 h14	Ø58 H7	40,5 h14	65 h14	42 h14	Ø130 h8	48 h14
Допуски:										
розмірів	2,8	2,2	3,6	2,2	3,2	3,2	3,6	3,2	4	3,2
форми чи розміщення	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
зміщення по площині роз'єму	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
зміщення через перекіс стержня	1,6	–	1,6	–	1,6	–	–	–	–	–
нерівностей	0,8									
маси	16									
Загальний допуск	3,6	2,4	4	2,4	3,2	3,2	4	3,2	4	3,2
Припуски:										
мінімальний	0,6									
	Кількість переходів механічної обробки									
за точністю розмірів	1	1	1	1	4	1	1	1	4	1
за відхиленням форми і взаємного розміщення поверхонь	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1
прийнята кількість переходів	1	1	1	1	4	1	1	1	4	1
Загальн ий припуск	2,7	2,1	2,9	2,1	4,3	2,5	2,9	2,5	5,3	2,5
Розміри заготовки:	30,6	15,9	94,2	14,4	49,4	40,5	70,8	47,4	140,6	53,4

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів заготовок при литті в оболонкові форми

Вихідні дані	Лиття в оболонкові форми									
	Згідно ГОСТ 26645-85					Прийнято				
Клас розмірної точності виливків	8 – 13 _т					10				
Ступінь жолоблення елементів виливків	3 – 6					4				
Ступінь точності поверхонь виливків	8 – 14					11				
Шорсткість поверхонь виливків	Ra 20									
Клас точності маси виливків	6 – 13					10				
Ряд припуків на оброблення виливків	4 – 7					6				
Розрахункові розміри	Ø36 H14	10,5 h14	Ø58 H7	40,5 h14	Ø100 H14	14 h14	65 h14	42 h14	Ø130 h8	48 h14
Допуски:										
розмірів	2,2	1,8	2,4	2,4	2,8	1,8	2,8	2,4	4	3,2
форми чи розміщення	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
зміщення по площині роз'єму	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
зміщення через перекіс стержня	1,2	–	1,6	–	1,4	–	–	–	–	–
нерівностей	0,5									
маси	12									
Загальний допуск	3,2	2	3,2	2,4	3,6	2	3,2	2,4	4	3,2
Припуски:										
мінімальний	0,6									
	Кількість переходів механічної обробки									
за очністю розмірів	1	1	1	1	4	1	1	1	4	1
за відхиленням форми і взаємного розміщення поверхонь	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1
прийнята кількість переходів	1	1	1	1	4	1	1	1	4	1
Загальний припуск	2,4	1,7	4,3	2	2,8	1,7	2,4	2	5,3	2,5
Розміри заготовки:	31,2	15,4	91,4	14,5	52,4	40,5	69,8	46	140,6	52,9

Формувальні нахили [4,6] . Для лиття в піщано-глинисті форми в залежності від висоти основної формоутворювальної поверхні, яка для розмірів:

$\phi 89$: 17,4 мм; 168: 23,7 мм;

$\phi 30,2$: 70,8 мм; $\phi 140,6$: 6 мм.

Вибір мінімально допустимих діаметрів отворів

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot s \text{ [мм]}$$

d_0 – вихідний діаметр для чавуну;

s – довжина отвору.

Приймаємо два отвори $\phi 10$ і $\phi 6$.

$$d_{\min} = 7 + 0,1 \cdot 25 = 9,5 \text{ (мм)}.$$

Отже, отвори $\phi 10$ можна проливати.

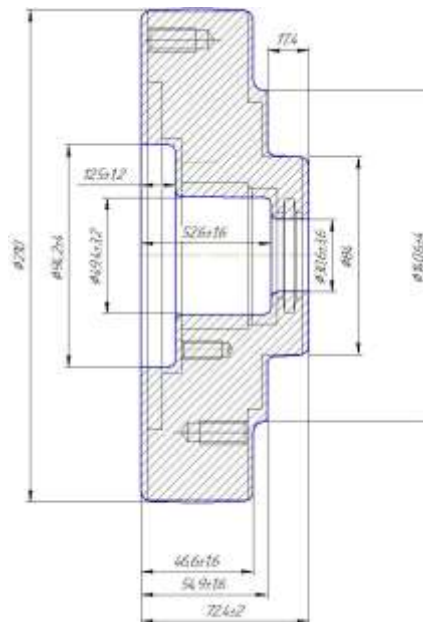


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки при виготовленні її литтям в піщано-глинисті форми

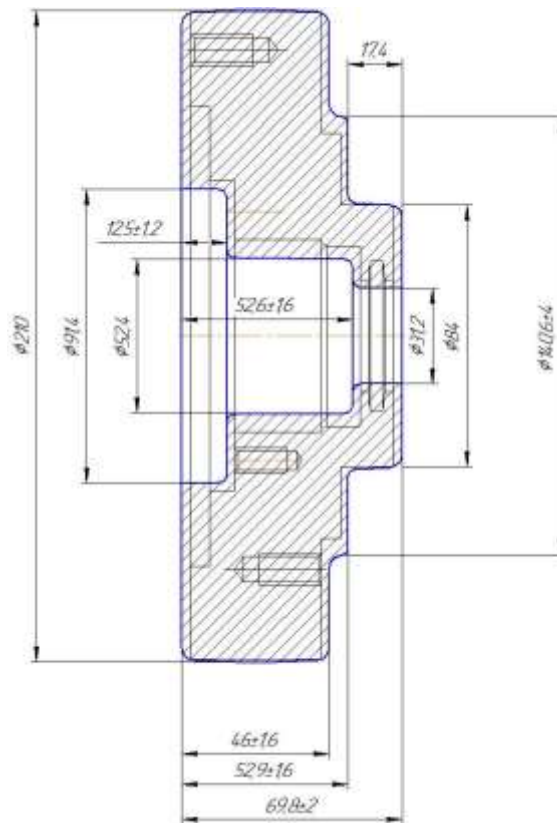


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки при виготовленні її литтям в оболонкові форми

Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси заготовки для двох варіантів виготовлення заготовки.

Визначимо масу заготовки виконавши креслення з використанням програми «Компас-3D» (рис. 2.12 – 2.13), яка крім креслення автоматично виконує розрахунок маси

При литті в піщано-глинисті форми маса складає 7,921 кг.

$$\gamma = \frac{G_o}{G_3} = 6 / 7,921 = 0,757$$

При литті в оболонкові форми маса заготовки 7.77 кг.

$$\gamma = \frac{G_o}{G_3} = 6 / 7,77 = 0,77$$



Рисунок 2.3 – 3D-модель заготовки при виготовленні її литтям в піщано-глинисті форми

Проаналізувавши отримані результати очевидно що за коефіцієнта точності маси раціональним способом виготовлення заготовки є лиття в оболонкові форми.

Розрахуємо собівартість лиття в піщано-глинисті форми

$$C_{\text{заг. лит}} 1 = \frac{7,921 \cdot 18600 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,91 \cdot 1,0}{1000} - \frac{(7,921 - 6) \cdot 1830}{1000} = 137,3 \text{ (грн)}$$

Розрахуємо собівартість лиття в оболонкові форми

$$C_{\text{заг. лит}} 1 = \frac{7,77 \cdot 26400 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,86 \cdot 1,1}{1000} - \frac{(7,77 - 6) \cdot 1830}{1000} = 200,1 \text{ (грн)}$$

Загальний економічний ефект буде залежати ще і від витрат на механічну обробку. А на механічну обробку відповідно теж витрачаються кошти. Але оскільки собівартість заготовки отриманої литтям в оболонкові форми і так вища, то очевидно, що економічно доцільніше обирати лиття в піщано-глинисті форми.

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

Визначаємо кількість ступенів механічної обробки циліндричної поверхні, а саме Ø148H8.

Визначаємо згідно методу виробництва заготовки допуск вилівка. Так як даний отвір не проливається на першому переході необхідно зняти напусток. В результаті ми отримаємо отвір з квалітетом точності IT 14. Допуск розміру Ø148H8 складає $T = 1$ мм.

Згідно робочого креслення визначаємо допуск деталі для даного розміру

$$T_d = 0,063 + 0,00 = 0,063 \text{ (мм)}$$

Загальне уточнення

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T}{T_d} = \frac{1}{0,063} = 15,8.$$

Припустимо, що таке уточнення може бути досягнуто за три переходи механічної обробки. Приймаємо $\varepsilon_1 = 4$. $\varepsilon_2 = 2,5$.

Таблиця 2.6 – Обґрунтування виробу кількості ступенів і способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності

Розмір циліндричної поверхні або номер плоскої поверхні (на ескізі)	Вимоги точності, що враховувались під час вибору кількості ступенів і способів обробки	Спосіб обробки
Циліндричні поверхні		
$\varnothing 62 H8$	8-й квалітет, вимога радіального биття; Ra 3,2	Чорнове точіння Чистове точіння Тонке точіння
$\varnothing 58 H8$	Ra 3,2	Чорнове точіння Чистове точіння Тонке точіння
$\varnothing 36$	Вимога радіального биття; Ra 3,2	Чорнове точіння Чистове точіння
$\varnothing 130 h8$	8-й квалітет, вимога співвісності Ra 3,2	Чорнове точіння Чистове точіння Тонке точіння
$\varnothing 148 h8$	8-й квалітет, Ra 3,2	Чорнове точіння Чистове точіння Тонке точіння

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на третьому (останньому) переході:

$$\varepsilon_3 = \frac{15,8}{4 \cdot 2,5} = 1,58 \approx 1,6.$$

Визначимо розрахункові значення допусків технологічних розмірів

$$T_1 = \frac{T}{\varepsilon_1} = \frac{1}{4} = 0,250 \text{ (мм)},$$

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{0,250}{2,5} = 0,1 \text{ (мм)},$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{0,1}{1,6} = 0,0625 \text{ (мм)},$$

Отримані розрахункові значення допусків технологічних розмірів, що мають бути забезпечені на першому переході, змінимо до найближчого нормативного значення. Таким чином, приймаємо остаточно:

$$T_1 = 0,250 \text{ (IT11)}, \quad T_2 = 0,1 \text{ (IT 9)}, \quad T_3 = 0,63 \text{ (IT 8)}.$$

Вибираємо способи механічної обробки отвору. З урахуванням забезпечення того, що дана поверхня є вимірювальною базою, вибираємо як спосіб механічної обробки для всіх трьох переходів розточування (напівчистове, чистове, тонке).

Вибираємо, з використанням таблиць економічної точності обробки на металорізальних верстатах [8], кількість ступенів і способи попередньої та остаточної механічної обробки всіх інших найбільш відповідальних поверхонь деталі. Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.6.

2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових та чорнових технологічних баз

При виборі чистових баз потрібно мінімізувати похибку базування на отримувані розміри.

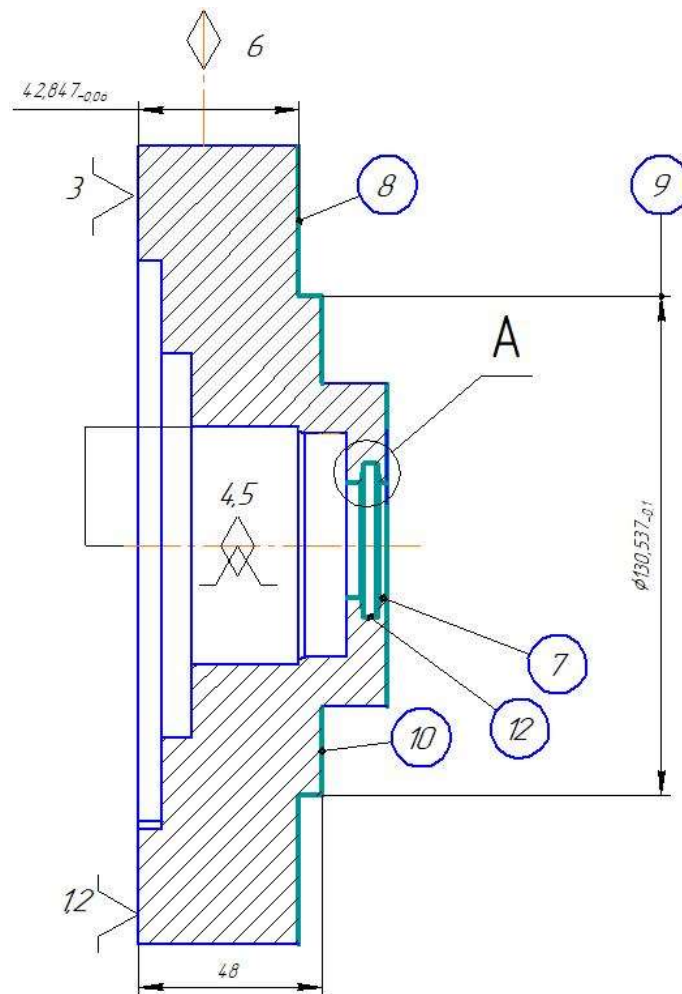


Рисунок 2.6 – Ескіз механічної обробки із схемою базування (операція 010)

Таблиця 2.7 – 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
Токарно-револьверна з ЧПК	42	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	48	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	$\varnothing 130_{h8}$	відсутня	Діаметральний розмір
	65	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	3,25	відсутня	Обробка поверхонь з одного установу
	$\varnothing 36$	відсутня	Діаметральний розмір
	$\varnothing 48$	відсутня	Діаметральний розмір

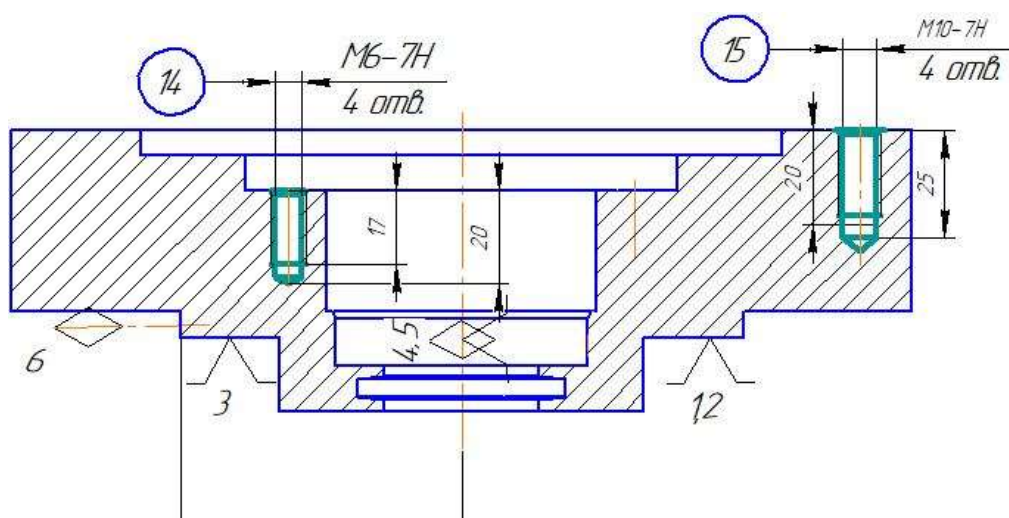


Рисунок 2.8 – Ескіз механічної обробки із схемою базування (операція 015)

Таблиця 2.9 – 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
Токарно-револьвер на з ЧПК	Ø6	відсутня	Діаметральний розмір
	Ø10	відсутня	Діаметральний розмір

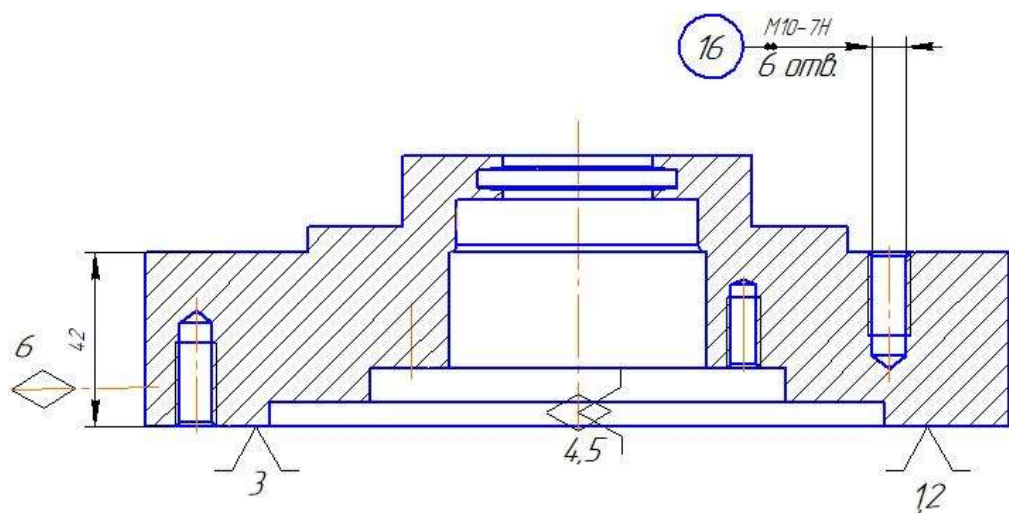


Рисунок 2.9 – Ескіз механічної обробки із схемою базування (операція 020)

Таблиця 2.10 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 020

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарно-револьвер на з ЧПК	Ø10	відсутня	Діаметральний розмір

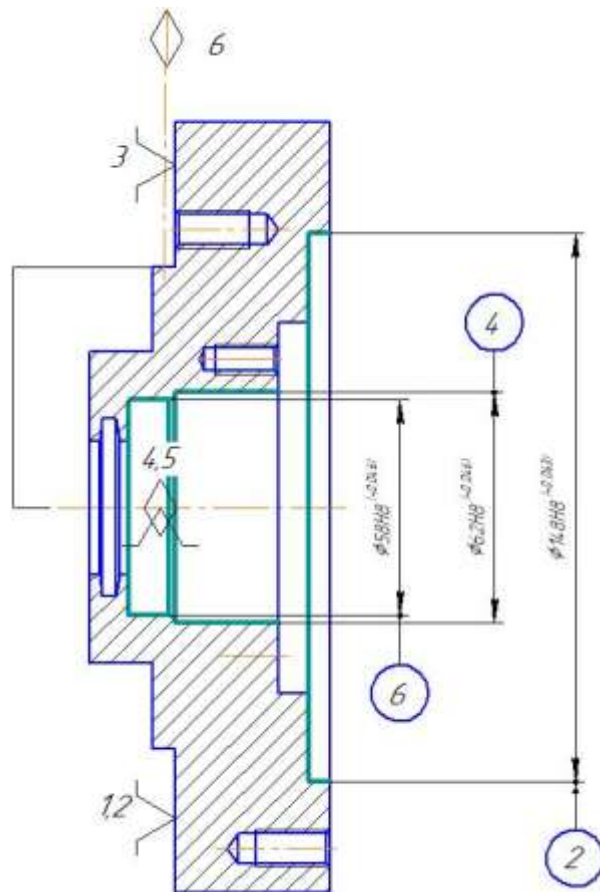


Рисунок 2.10 – Ескіз механічної обробки із схемою базування (операція 025)

Таблиця 2.11 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 025

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарно-револьвер на з ЧПК	$\varnothing 58H8$	відсутня	Діаметральний розмір
	$\varnothing 62H8$	відсутня	Діаметральний розмір
	$\varnothing 148H8$	відсутня	Діаметральний розмір

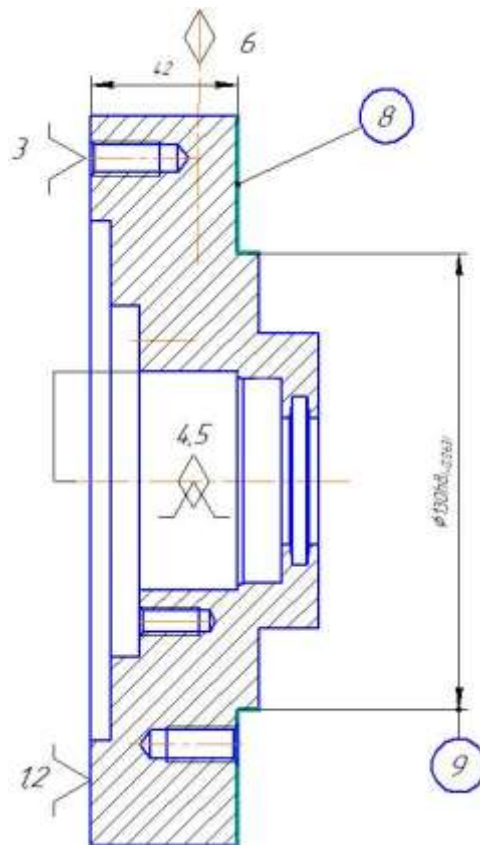


Рисунок 2.11 – Ескіз механічної обробки із схемою базування (операція 030)

Таблиця 2.13 – Аналіз вибору технологічних баз на операції 030

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Токарно-револьверна з ЧПК	$\varnothing 130h8$	відсутня	Діаметральний розмір
	42	відсутня	Виконання принципу суміщення баз
	Допуск співвісності отвору $\varnothing 130h8$ і бази Д	відсутня	Виконання принципу суміщення баз

В якості чорнових технологічних баз можна використати схему базування в двокулачковий патрон з упором в торець (рис. 2.14). Це забезпечить зняття мінімального рівномірного припуску при подальшій механічній обробці із площини 8 яка використовуються як установча технологічна база і забезпечення розмірного зв'язку між обробленими поверхнями і необробленими завдяки використанню необробленої поверхні 9 за подвійну опорну технологічну базу.

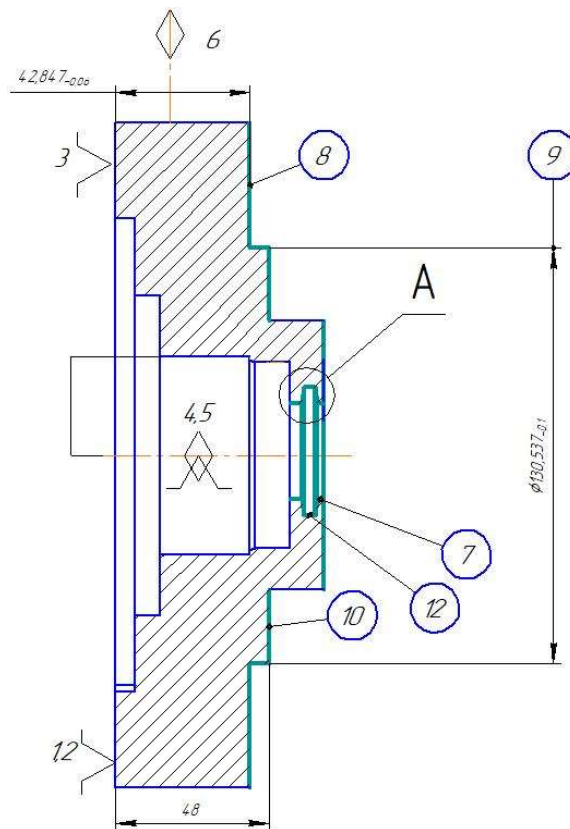


Рисунок 2.12 – Ескіз із чорновими технологічними базами (операція 005)

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

Маршрут механічної обробки побудовано на основі обладнання із ЧПК і показано в таблиці 2.13.

При використанні заданого обладнання, базування буде досягнута точність вказана на креслені деталі.

Таблиця 2.13- Маршрут механічної обробки

№	Назва і зміст операції	Схема базування і ескіз обробки	Тип і модель верстата
1	2	3	4
005	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити і закріпити. 2. Точити торець 1 попередньо. 3. Точити торець 1 остаточно. 4. Розточити отвори 2, 4, 6, 7 попередньо, отвір 3 однократно, фаску 5 однократно. 5. Розточити отвори 2, 4, 6 попередньо. 6. Зняти заготовку.		Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
010	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити і закріпити 2. Точити торець 10 однократно. 3. Точити торець 8 попередньо. 4. Точити поверхню 9 попередньо. 5. Точити поверхню 9 попередньо. 6. Точити торець 11 однократно. 7. Розточити отвір 8 остаточно. 8. Точити канавку 13 однократно 9. Зняти заготовку.		Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30
020	Вертикально свердлильна з ЧПК 1. Встановити заготовку 2. Центрувати отвори 14, 15. 3. Свердлити отвори 14. 4. Нарізати різь в отворах 14. 5. Свердлити отвори 15. 6. Нарізати різь в отворах 15. 7. Зняти заготовку.		Вертикально свердлильний з ЧПК 2Р135Ф2

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
025	Вертикально свердлильна з ЧПК 1. Встановити заготовку. 2. Центрувати отвори 19. 3. Свердлити отвори 19. 4. Нарізати різь в отворах 19. 5. Зняти деталь.		Вертикаль но свердлиль ний з ЧПК 2Р135Ф2
030	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити і закріпити 2. Розточити отвір 2 остаточно. 3. Розточити отвір 4 остаточно. 4. Розточити отвір 6 остаточно. 5. Зняти заготовку.		Токарно- револьверна з ЧПК високої точності 160 НТ
035	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити і закріпити 2. Точити торець 8 остаточно. 3. Точити поверхню 9 остаточно. 4. Зняти заготовку.		Токарно- револьверн ий з ЧПК високої точності 160 НТ

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

Попередньо призначаємо допуски на технологічні розміри табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб обробки	Клас розмірної точності	Допуск, мм
$З_1$	Лиття в піщано-глинисті форми	11_T	2,4
$З_2$			3,2
$З_3$			3,2
$З_4$			3,2
$З_5$			4

Продовження таблиці 2.21

Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	Попереднє точіння	11	0,16
B_2	чистове точіння	10	0,1
B_3	Однократне точіння	12	0,12
B_4	Однократне точіння	12	0,18
B_5	Однократне точіння	12	0,25
B_6	Однократне точіння	12	0,3
B_7	Однократне точіння	12	0,25
B_8	Попереднє точіння	11	0,16
B_9	Однократне точіння	12	0,3
B_{10}	Однократне точіння	12	0,12
B_{11}	Однократне точіння	12	0,12
B_{12}	Остаточне точіння	10	0,12

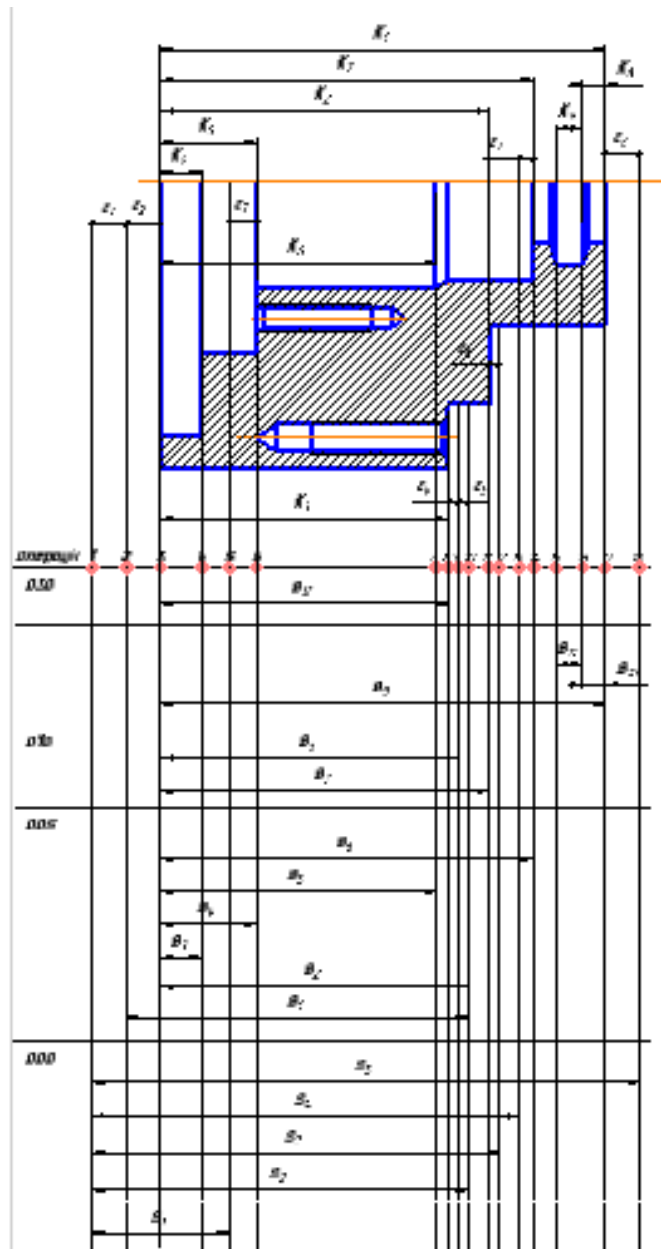


Рисунок 2.13 – Розмірна схема технологічного процесу

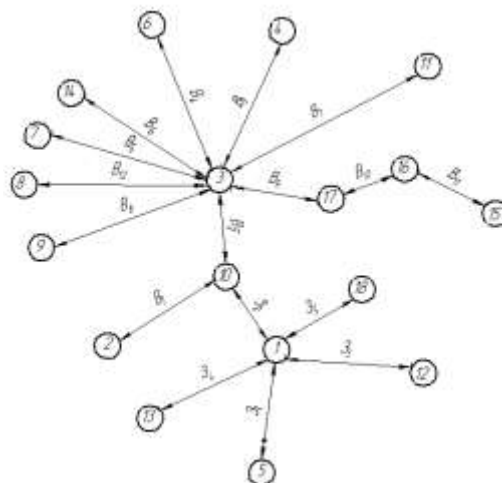


Рисунок 2.14 – Похідний граф-дерево

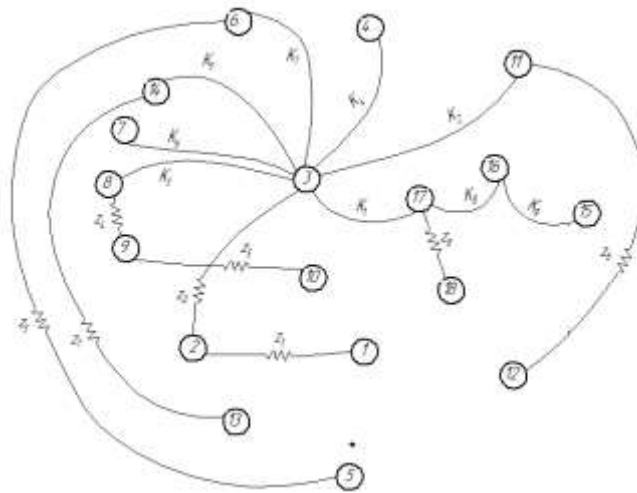


Рисунок 2.15 – Вихідний граф-дерево

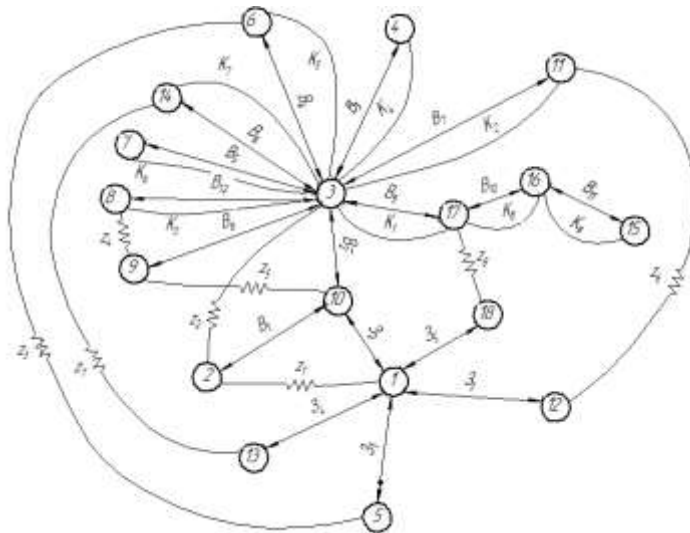


Рисунок 2.16 – Суміщений граф

Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь.

Для розв'язання рівнянь розмірних ланцюгів (див. табл. 2.23) необхідно знати величини проміжних припусків на механічну обробку плоских поверхонь. Визначимо їх за таблицями, які є в [10]. Таким чином, знаходимо значення мінімальних припусків і записуємо їх в таблицю 2.22.

Таблиця 2.15 – Мінімальні проміжні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки, в ході виконання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
z_1	Попереднє точіння	1,1
z_2	Чистове точіння	0,6
z_3	Однократне точіння	1,1
z_4	Чистове точіння	0,6
z_5	Попереднє точіння	1,1
z_6	Однократне точіння	1,1
z_7	Однократне точіння	1,1
z_8	Однократне точіння	1,1

Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Правила складання рівнянь технологічних розмірних ланцюгів за суміщеним графом описані в [11]. За цими правилами складаємо і записуємо їх в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	2	3	4
1		$K_1 = B_9$	B_9
2	$-K_8 + B_{10} = 0$	$K_8 = B_{10}$	B_{10}
3	$-K_9 + B_{11} = 0$	$K_9 = B_{11}$	B_{11}
4	$-K_4 + B_3 = 0$	$K_4 = B_3$	B_3
5	$-K_5 + B_6 = 0$	$K_5 = B_6$	B_6

Продовження таблиці 2.16

1	2	3	4
6	$-K_7 + B_4 = 0$	$K_7 = B_4$	B_4
7	$-K_3 + B_{12} = 0$	$K_3 = B_{12}$	B_{12}
8	$-K_2 + B_7 = 0$	$K_2 = B_7$	B_7
9	$-K_6 + B_5 = 0$	$K_6 = B_5$	B_5
10	$-z_4 - B_{12} + B_8 = 0$	$z_4 = B_8 - B_{12}$	B_8
11	$-z_5 - B_8 + B_2 = 0$	$z_5 = B_2 - B_8$	B_2
12	$-z_2 + B_1 - B_2 = 0$	$z_2 = B_1 - B_2$	B_1
13	$-z_1 + z_2 - B_1 = 0$	$z_1 = z_2 - B_1$	z_2
14	$-z_8 - B_9 + B_2 - z_2 + z_5 = 0$	$z_8 = B_2 - B_9 - z_2 + z_5$	z_5
15	$-z_6 - B_7 + B_2 - z_2 + z_3 = 0$	$z_6 = B_2 - B_7 - z_2 + z_3$	z_3
16	$-z_7 - z_4 + z_2 - B_2 + B_6 = 0$	$z_7 = z_2 - z_4 - B_2 + B_6$	z_4
17	$-z_3 - z_1 + z_2 - B_2 + B_4 = 0$	$z_3 = z_2 - z_1 - B_2 + B_4$	z_1

Розрахунок технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків; корекція допусків технологічних розмірів.

Послідовно, починаючи з рівняння 1 (див.табл. 2.23), з використанням методу максимуму-мінімуму розв'язуємо пряму задачу розрахунку розмірних ланцюгів, а саме виходячи із відомих значень вихідних ланок, мінімальних припусків і конструкторських розмірів, знаходимо значення складових ланок – технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки.

$$1. B_9 = K_1 = 65_{-0,16} \text{ (мм)}.$$

$$2. B_{10} = K_8 = 3,25 \pm 0,06 \text{ (мм)}.$$

$$3. B_{11} = K_9 = 4^{+0,12} \text{ (мм)}.$$

$$4. B_3 = K_4 = 6 \pm 0,06 \text{ (мм)}.$$

$$5. B_6 = K_7 = 54,5 \pm 0,15 \text{ (мм)}.$$

$$6. B_4 = K_5 = 14 \pm 0,09 \text{ (мм)}.$$

$$7. B_{12} = K_3 = 42_{-0,06} \text{ (мм)}.$$

$$8. B_7 = K_2 = 48_{-0,25} \text{ (мм)}.$$

$$9. B_5 = K_6 = 42 \pm 0,125 \text{ (мм)}.$$

$$10. z_{4min} = B_{8min} - B_{5max}$$

Оскільки невідомою ланкою є ланка B_8 , то запишемо його відносно цієї ланки

$$B_{8min} = z_{4min} + B_{5max}$$

$$B_{8min} = z_{4min} + B_{5max} = 0,6 + 42,125 = 42,727 \text{ (мм)};$$

$$B_{8max} = B_{8min} + T(B_8) = 42,727 + 0,12 = 42,847 \text{ (мм)}.$$

Оскільки розмір B_8 є розміром охоплюваної поверхні, то за номінальний приймаємо розмір B_{8max} . Таким чином, в технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{8max-T(B_8)}$, тобто $42,847_{-0,12}$ мм.

$$11. z_{5min} = B_{2min} - B_{8max}$$

$$B_{2min} = z_{5min} + B_{8max} = 1,1 + 42,847 = 43,947 \text{ (мм)};$$

$$B_{2max} = B_{2min} + T(B_2) = 43,947 + 0,1 = 44,047 \text{ (мм)}.$$

Оскільки розмір B_2 є розміром охоплюваної поверхні, то за номінальний приймаємо розмір B_{2max} . Таким чином, в технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{2max-T(B_2)}$, тобто $44,047_{-0,1}$ мм.

$$12. z_{2min} = B_{1min} - B_{2max}$$

$$B_{1min} = z_{2min} + B_{2max} = 0,6 + 44,047 = 44,647 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = B_{1min} + T(B_1) = 44,647 + 0,16 = 44,807 \text{ (мм)}.$$

Оскільки розмір B_1 є розміром охоплюваної поверхні, то за номінальний приймаємо розмір B_{1max} . Таким чином, в технологічному документі має бути вказаний розмір $B_{1max-T(B_1)}$, тобто $44,807_{-0,16}$ мм.

$$13. \begin{aligned} z_{1min} &= z_{2min} - B_{1max} \\ z_{2min} &= z_{1min} + B_{1max} = 1,1 + 44,807 = 44,907 \text{ (мм)}; \\ z_{2max} &= z_{2min} + T(z_2) = 44,907 + 3,2 = 48,107 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

У відповідності з [9] за номінальне значення розміру z_2 беремо середнє його значення округлене до кількості значущих цифр після коми, яке відповідає значенню $z_2 = 46,6$ мм. На креслені заготовки має бути вказаний розмір.

$$14. \begin{aligned} z_{8min} &= B_{2min} - B_{9max} - z_{2max} + z_{5min} \\ z_{5min} &= z_{8min} - B_{2min} + B_{9max} + z_{2max} = 1,1 - 43,947 + 65 + 48,2 = 70,353 \text{ (мм)}; \\ z_{5max} &= z_{5min} + T(z_5) = 70,353 + 4 = 74,353 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

За номінальне значення розміру z_5 беремо середнє його значення округлене до кількості значущих цифр після коми, яке відповідає значенню $z_5 = 72,4$ мм. На креслені заготовки має бути вказаний розмір $z_5 = 72,4 \pm 2$ мм.

$$15. \begin{aligned} z_{6min} &= B_{2min} - B_{7max} - z_{2max} + z_{3min} \\ z_{3min} &= z_{6min} - B_{2min} + B_{7max} + z_{2max} = 1,1 - 43,947 + 48 + 48,107 \\ &= 53,26 \text{ (мм)}; \\ z_{3max} &= z_{3min} + T(z_3) = 53,26 + 3,2 = 56,46 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

За номінальне значення розміру z_3 беремо середнє його значення округлене до кількості значущих цифр після коми, яке відповідає значенню

$3_3 = 54,9$ мм. На креслені заготовки має бути вказаний розмір $3_3 = 54,9 \pm 1,6$ мм.

$$16. z_{7min} = 3_{2min} - 3_{4max} - B_{2max} + B_{6min}$$

$$3_{4max} = 3_{2min} - B_{2max} + B_{6min} - z_{7min} = 44,907 - 44,047 + 54,35 - 1,1 = 54,11$$

$$3_{4min} = 3_{4max} - T(3_4) = 54,11 - 3,2 = 50,91 \text{ (мм)}.$$

За номінальне значення розміру 3_4 беремо середнє його значення округлене до кількості значущих цифр після коми, яке відповідає значенню $3_4 = 52,6$ мм. На креслені заготовки має бути вказаний розмір $3_4 = 52,6 \pm 1,6$ мм.

$$17. z_{3min} = 3_{2min} - 3_{1max} - B_{2max} + B_{4min}$$

$$3_{1max} = 3_{2min} - B_{2max} + B_{4min} - z_{3min} = 44,907 - 44,047 + 13,91 - 1,1 = 13,67$$

$$3_{1min} = 3_{1max} - T(3_1) = 13,67 - 2,4 = 11,27 \text{ (мм)}$$

За номінальне значення розміру 3_1 беремо середнє його значення округлене до кількості значущих цифр після коми, яке відповідає значенню $3_1 = 12,5$ мм. На креслені заготовки має бути вказаний розмір $3_1 = 12,5 \pm 1,2$ мм.

З використанням отриманих вище граничних значень технологічних розмірів і розмірів вихідної заготовки виходячи з рівнянь 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 таблиці 2.22, визначимо максимальні припуски.

$$z_{4max} = B_{8max} - B_{5min} = 42,847 - 41,875 = 0,972 \text{ (мм)};$$

$$z_{5max} = B_{2max} - B_{8min} = 44,047 - 42,727 = 1,31 \text{ (мм)};$$

$$z_{2max} = B_{1max} - B_{2min} = 44,807 - 43,947 = 0,86 \text{ (мм)};$$

$$z_{1max} = 3_{2max} - B_{1min} = 46,6 - 44,647 = 1,953 \text{ (мм)};$$

$$Z_{8max} = B_{2max} - B_{9min} - Z_{2min} + Z_{5max} = 44,05 - 64,84 - 43,4 + 74, \\ = 10,207 \text{ (мм)};$$

$$Z_{6max} = B_{2max} - B_{7min} - Z_{2min} + Z_{3max} = 44,05 - 47,75 - 43,4 + 56,5 \\ = 9,397 \text{ (мм)};$$

$$Z_{7max} = Z_{2max} - Z_{4min} - B_{2min} + B_{6max} = 46,6 - 51 - 43,95 + 54,65 \\ = 6,303 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3max} = Z_{2max} - Z_{1min} - B_{2min} + B_{4max} = 46,6 - 11,3 - 43,95 + 14,09 \\ = 5,443 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.17 – Максимальні припуски, мм

Z_{1max}	Z_{2max}	Z_{3max}	Z_{4max}	Z_{5max}	Z_{6max}	Z_{7max}	Z_{8max}
1,953	0,86	5,443	0,972	1,31	9,397	6,303	10,207

Остаточні значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів показані в таблиці 2.18.

Таблиця 2.18– Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологчному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	Мін. розмір	Макс. розмір				
1	2	3	4	5	6	7
B_1	44,647	44,807	0,16	44,807	$44,807_{-0,12}$	-
B_2	43,947	44,047	0,1	44,047	$44,047_{-0,1}$	-
B_3	5,94	6,06	0,12	6	$6 \pm 0,06$	-
B_4	13,91	14,09	0,18	14	$14 \pm 0,09$	-
B_5	41,875	42,125	0,25	42	$42 \pm 0,125$	-
B_6	54,35	54,65	0,3	54,5	$54,5 \pm 0,15$	-

Продовження таблиці 2.18

1	2	3	4	5	6	7
B_7	47,75	48	0,25	48	$48_{-0,25}$	-
B_8	42,727	42,847	0,12	42,847	$42,847_{-0,06}$	-
B_9	64,92	65	0,16	65	$65_{-0,16}$	-
B_{10}	3,19	3,31	0,12	3,25	$3,25 \pm 0,06$	-
B_{11}	4	4,12	0,12	4	$4^{+0,12}$	-
B_{12}	41,94	42	0,12	42	$42_{-0,12}$	-
3_1	11,3	13,7	2,4	12,5	-	$12,5 \pm 1,2$
3_2	43,4	46,6	3,2	46,6	-	$46,6 \pm 1,6$
3_3	53,3	56,5	3,2	54,9	-	$54,9 \pm 1,6$
3_4	51	54,2	3,2	52,6	-	$52,6 \pm 1,6$
3_5	70,4	74,4	4	72,4	-	$72,4 \pm 2$

2.3.5. Розрахунок припусків

Оскільки заготовка отримана литтям в піщано-глинисті форми, то відповідно після зняття напуску маємо $Ra=50$ мкм, $h=0$ мм. При напівчистовому точінні приймаємо $Rz=30$ мкм, при чистовому точінні $Rz=20$ мкм, при тонкому точінні $Rz=3$ мкм. Глибина дефектного шару $h=0$, так як дана поверхня утворюється в процесі точіння за рахунок знімання напуску.

Сумарне значення просторових відхилень

Так як дана поверхня утворюється в процесі точіння за рахунок знімання напуску, то вважаємо, що під час визначення припусків на всі переходи механічної обробки цієї поверхні $\rho = 0$ і $\varepsilon_i = 0$.

На основні отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків, користуючись формулою 2.25.

$$2Z_{min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) [\text{мм}].$$

Мінімальний припуск

$$2Z_{min_1} = 2 \cdot (0,03 + 0 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 0,06 \text{ (мм)}.$$

$$2Z_{min_2} = 2 \cdot (0,020 + 0 + \sqrt{0^2 + 0,07^2}) = 0,04 \text{ (мм)}.$$

$$2Z_{min_3} = 2 \cdot (0,003 + 0 + \sqrt{0^2 + 0,09^2}) = 0,186 \text{ (мм)}.$$

Оскільки отриманий мінімальний припуск розточування менший за мінімальну товщину стружки, яку здатний зняти різець, виберемо мінімальний припуск

$$2Z_{min_1} = 0,5 \text{ мм};$$

$$2Z_{min_2} = 0,25 \text{ мм};$$

$$2Z_{min_3} = 0,186 \text{ мм}.$$

При остаточній обробці маємо отримати розмір, який вказано на кресленні

$$\varnothing 148 H8 = 148,063 \text{ мм}.$$

Наступні розміри отримаємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримаємо:

Для точіння

- тонке:

$$D_2 = 148,063 - 0,186 = 147,877 \text{ (мм)};$$

- чистове:

$$D_1 = 147,877 - 0,25 = 147,627 \text{ (мм)};$$

-напівчистове:

$$D_1 = 147,627 - 0,5 = 147,127 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні граничні розміри будуть рівними попередньо розрахованим до точності відповідного квалітету.

Максимальні граничні розміри знайдемо шляхом додавання до мінімальних відповідні допуски

$$\begin{aligned} D_{max_3} &= d_1 + T_1 = 148 + 0,063 = 148,063 \text{ (мм)}; \\ D_{max_2} &= d_2 + T_2 = 147,877 + 0,1 = 147,977 \text{ (мм)}; \\ D_{max_1} &= d_3 + T_3 = 147,127 + 0,25 = 147,387 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

Знайдемо граничні значення припусків. Мінімальні граничні значення припусків рівні різниці найменших граничних розмірів виконавчого і попереднього переходів, а максимальне значення припуску – відповідно різниця найбільших габаритних розмірів.

Для тонкого точіння

$$\begin{aligned} 2Z_{max_3} &= 148 - 147,877 = 0,123 \text{ (мм)}. \\ 2Z_{min_3} &= 148,063 - 147,977 = 0,07 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

Для чистового точіння

$$\begin{aligned} 2Z_{max_2} &= 147,813 - 147,313 = 0,5 \text{ (мм)}; \\ 2Z_{min_2} &= 147,876 - 147,413 = 0,463 \text{ (мм)}; \end{aligned}$$

Для напівчистового точіння:

$$2Z_{max_1} = 147,313 - 145,713 = 1,6 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min_1} = 147,413 - 145,963 = 1,45 \text{ (мм)};$$

Всі результати проведених обрахунків заносимо до таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 148 H8$ деталі.

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 148 H8$	Елементи припуску				Розрах. при пуск $2Z_{min}$, мм	Розрах. Діаметр D_p , мм	Допуск T , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припуску, мкм	
	Rz	h	ρ	ϵ_B				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Точіння чорнове	50	0	0	-	-	94,2	4	92,2	96,2	51,7	55,4
Точіння напівчистове	30	0	0	-	0,5	147,627	0,250	147,627	147,887	0,5	0,7
Точіння чистове	20	0	0	-	0,25	147,877	0,1	147,877	147,987	0,01	0,25
Точіння тонке	3	0	0	0,13	0,186	148,063	0,063	148	148,063	0,076	0,122
Всього										2,1	2,35

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

Розрахуємо режими різання для: операція 005, перехід 5 – розточити отвір 4 попередньо.

Глибина різання складає $t = 5,335 \text{ мм}$, подачу беремо рівною $s = 0,65 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання на токарній операції розраховується за формулою.

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ [м/хв]},$$

де, C_v, m, x, y – коефіцієнт і показники степеня, які визначаються за [10];

T – період стійкості інструмента, хв;

K_v – поправочний коефіцієнт.

Загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичну умову різання розраховується за формулою 2.27.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Пv} \cdot K_{Иv},$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу і розраховується за формулою 4.4;

$K_{Пv}$ – коефіцієнт, який враховує якість поверхні заготовки, $K_{Пv} = 0,8$;

$K_{Иv}$ – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки, $K_{Иv} = 0,83$

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}$$

де HB – твердість матеріалу;

n_v – показник степеня.

$$K_{Mv} = \left(\frac{190}{170} \right)^{1,25} = 1,15$$

$$K_v = 1,15 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,76$$

$$v = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 5,335^{0,15} \cdot 0,65^{0,4}} \cdot 0,76 \cdot 0,9 = 63 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання визначається за формулою.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв]},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 63}{3,14 \cdot 61,72} = 322 \text{ (об/хв)}.$$

Згідно паспорта верстата приймаємо $n = 315 \text{ (об/хв)}$.

Сила різання при точінні розраховується за формулою 2.30.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \text{ [Н]};$$

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

Значення C_p і показників степенів і коефіцієнтів вибираємо з таблиць [10].

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n$$

$$K_{Mp} = \left(\frac{170}{190} \right)^{0,75} = 0,924;$$

$$K_p = 0,92 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,71;$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 5,34^1 \cdot 0,65^{0,75} \cdot 63^0 \cdot 0,71 = 2525 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо потужність різання

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \text{ [кВт]};$$

$$N = \frac{2525 \cdot 63}{1020 \cdot 60} = 2,6 \text{ (кВт)}.$$

Операція 020, перехід 4 – свердлити отвори 15. Глибина різання складає

$$t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ (мм)}.$$

Максимально допустима подача складає: $s = 0,36 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання на операції свердління розраховується за формулою

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v \text{ [м/хв]}.$$

Значення коефіцієнта C_v і показників степені вибираємо з таблиць [10], період стійкості T також з таблиць. Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичну умову різання розраховується за формулою 2.35.

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Hv} \cdot K_{lv},$$

де K_{Mv} – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу (формула 2.28);

K_{Hv} – коефіцієнт, який враховує матеріал, $K_{Hv} = 0,83$;

K_{lv} – коефіцієнт, який враховує глибину свердління, $K_{lv} = 0,8$.

$$K_v = 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15;$$

$$v = \frac{17,1 \cdot 9,8^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,36^{0,4}} \cdot 1,15 = 30 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання

$$n = \frac{1000 \cdot 46,7}{3,14 \cdot 9,8} = 974 \text{ (об/хв)}.$$

Згідно паспорта верстата приймаємо $n = 1000 \text{ (об/хв)}$.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 9,8^2 \cdot 0,36^{0,8} \cdot 0,924 = 8,2 \text{ (Н} \cdot \text{м)};$$

$$P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 9,8^1 \cdot 0,36^{0,8} \cdot 0,924 = 1707 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання визначаємо за формулою 2.38

$$N = \frac{8,2 \cdot 1000}{9750} = 0,84 \text{ (кВт)}.$$

Визначимо режими різання для всіх переходів механічної обробки кожної з технологічних операцій. Вибрані режими різання заносимо до таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Операція 005 – токарно-револьверна з ЧПК
(1П420ПФ30)

Технологічні переходи і робочі ходи	d, мм	t, мм	t_{max} мм	s, мм/об	v , м/хв	$N_{різ}$ кВт	n , об/хв	L, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	
Точити торець 1 попередньо	200	1,53	1,953	0,176	24,26	7,8	40	26
Точити торець 1 остаточно	200	0,73	0,86	0,176	24,26	-	40	26
Точити								
Отвір 2 попередньо	147,6	0,6	0,7					6
Отвір 3 однократно	100	3,118	3,33	1,188	8,3	4	16	8
Отвір 4 попередньо	59,93	5,335	5,41					28
Отвір 6 попередньо	55,8	3,92	4,65					12,5
Отвір 7 попередньо	34,82	2,825	3,54					15
Точити								
Отвір 2 попередньо	147,8	0,13	0,25	0,132	63	24,9	60	6
Отвір 4 попередньо	61,7	0,935	0,97					28
Отвір 6 попередньо	57,6	0,957	1,01					12,5

Таблиця 2.21 – Операція 010 – токарно-револьверна з ЧПК
(1П420ПФ30)

Технологічні переходи і робочі ходи	d, мм	t, мм	t_{max} мм	s, мм/об	v , м/хв	$N_{різ}$ кВт	n , об/хв	L, мм
Точити торець 10 однократно	140,6	5,25	9,397	0,154	25,9	7,8	60	11,3
Точити торець 8 попередньо	200	1,205	1,31	0,176	24,27	7,1	40	29,7
Точити поверхню 9 попередньо	133,5	4,431	5,331	1,87	24,27	6,4	40	6
Точити поверхню 9 попередньо	130,5 4	1,575	1,65	1,87	63	2,6	315	6
Точити торець 11 однократно	84	5,65	10,2	0,132	28,02	3,9	100	49,1 8
Точити отвір 12 остаточно	36	0,93	0,96	0,11	24,97	3,1	250	10,5
Точити канавку 13 однократно	48	0,8	-	0,088	48,4	3,5	315	4

Таблиця 2.22 – Операція 015 – вертикально-свердлильна з ЧПК
(2Р135Ф2)

Технологічні переходи і робочі ходи	D, мм	t, мм	t_{max} мм	s, мм/об	v , м/хв	$N_{різ}$ кВт	n , об/хв	L, мм
Свердлити отвори 14	5,8	2,9	-	0,077	25,51	-	1400	20
Нарізати різь в отв. 14	6	0,1	-	-	0,594	-	31,5	17
Свердлити отвори 15	9,8	4,9	-	0,11	21,86	-	710	25
Нарізати різь в отв. 15	10	0,1	-	-	0,9	-	31,5	20

Таблиця 2.23 – Операція 020 – вертикально-свердлильна з ЧПК
(2P135Ф2)

Технологічні переходи і робочі ходи	D, мм	t, мм	t_{max} мм	s, мм/об	v , м/хв	N_{pis} кВт	n , об/хв	L, мм
Свердлити отвори 19	9,8	5	-	0,11	22,3	-	710	25
Нарізати різь в отворах 19	10	0,1	-	-	0,99	-	31,5	20

Таблиця 2.24 – Операція 025 – токарно-револьверна з ЧПК
(МК260МФ3)

Технологічні переходи і робочі ходи	d, мм	t, мм	t_{max} мм	s, мм/об	v , м/хв	N_{pis} кВт	n , об/хв	L, мм
Точити отвір 2 остаточно	148	0,09 9	0,122	1,6	12,84	-	400	6
Точити отвір 2 остаточно	62	0,17	0,18	0,23	12,27	-	60	28
Точити отвір 6 остаточно	58	0,23	0,237	0,23	16,39	-	125	12,5

Таблиця 2.25 – Операція 030 – токарно-револьверна з ЧПК
(МК260МФ3)

Технологічні переходи і робочі ходи	d, мм	t, мм	t_{max} мм	s, мм/об	v , м/хв	N_{pis} кВт	n , об/хв	L, мм
Точити торець 8 остаточ.	200	0,786	0,972	0,176	24,26	-	40	
Точити поверхн 9 остаточ.	130	0,309	0,318	0,242	16,55	-	40	6

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

Норма часу на виконання операцій на верстатах з ЧПК H_v складається з норми підготовчо-заключного часу та норми штучного часу і визначається за формулою.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} [\text{хв.}].$$

Норма штучного часу визначається за формулою .

$$T_{\text{шт}} = (T_o + T_d) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{відп}}}{100}\right) [\text{хв.}].$$

Норма допоміжного часу T_d на операцію механічної обробки визначається за формулою 2.41.

$$T_d = \left(T_1 + \sum_{i=1}^n T_{2i} + \sum_{j=1}^k T_{3j} + \sum_{u=1}^m T_{4u} + \sum_{y=1}^p T_{5y} \right) K_d, [\text{хв.}],$$

(2.41)

де T_1 – час на встановлення заготовки у верстатний пристрій та її знімання;

T_2 – час, на підготовку переходу або час, пов'язаний з переходом [12];

T_3 – час на змінювання режимів роботи верстата [12];

T_4 – на установлення інструмента в робочу позицію [12];

T_5 – час на контрольні вимірювання в ході виконання операції [12];

K_d – поправковий коефіцієнт на допоміжний час, який залежить від розміру партії; n – кількість переходів [12];

k , m , p –кількості дій робітника, направлених, відповідно, на змінювання режимів роботи верстата, встанов. інструмента в робочу позицію та контрольні виміри [12].

Підготовчо-заключний час визначається за формулою .

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}} + T_{\text{пз.обр}} [\text{хв.}],$$

де $T_{пз1}$ – час на організаційну підготовку [12];

$T_{пз2}$ – час на наладку верстата, пристосування та ін. [12];

$T_{пр.обр}$ – час на пробну обробку деталі [12].

Для прикладу розрахуємо норми часу на операцію 005. Основний час складає 1,402 хв (табл.2.18); допоміжний час на установку і зняття деталі $T_1=0,42$ хв; час, на підготовку переходу $T_2 = 0,2$ хв; час на змінювання режимів роботи верстата $T_3 = 0,3$ хв; на установлення інструмента в робочу позицію $T_4 = 0,14$ хв; допоміжний час на виміри $T_{д.вим} = 0,1$ хв.; поправковий коефіцієнт на допоміжний час $K_d=0,8$.

Тоді норма допоміжного часу

$$T_d = (0,42 + 0,2 + 0,3 + 0,14 + 0,1) \cdot 0,8 = 0,91 \text{ (хв.)}.$$

Час на обслуговування місця та відпочинок [12] $a_{тех} + a_{орг} + a_{відп}$ визначається у відсотках та складається з таких складових:

- Фізичні зусилля: 5-15 кг -1%;
- Темп роботи середній – 2%;
- Монотонність роботи середня – 2%;
- Температура середовища нормальна – 1 %;
- Забрудненість повітря незначна – 1 %;
- Нервова напруженість незначна – 2 %;
- Виробничий шум підвищений – 2%;
- Час на технічне обслуговування місця – 2%;
- Час на організаційне обслуговування місця – 2 %.

Отже,

$$a_{тех} + a_{орг} + a_{відп} = 1 + 2 + 2 + 1 + 1 + 2 + 2 + 2 + 2 = 15\%$$

Штучний час:.

$$T_{шт}=(1,402+0,99) \cdot (1+15/100)=2,75 \text{ (хв)}$$

Згідно з формулою 2.40 визначаємо: час на організаційну підготовку $T_{пз1} = 8$; час на наладку верстата, пристосування та ін

$$T_{пз}=3+5+0,15+0,15+1+2,5+0,9+0,2=12,9 \text{ (хв)}$$

хв; час на пробну обробку деталі $T_{пр.обр} = 8,8 \text{ хв.}$

$$T_{пз}=8+12,9+8,8=29,7 \text{ (хв)}$$

Отже, штучно-калькуляційний час визначається за формулою 2.39.

$$T_{шт-к}=2,75+29,7/277=2,89 \text{ (хв)}$$

Аналогічно визначається штучно – калькуляційний час для усіх інших операцій, дані заносимо до таблиці 2.35.

Таблиця 2.35 – Норми часу на операції

№ операції	T_o , хв	T_d хв	$T_{шт}$, хв	$T_{шт-к}$, хв
005	1,402	0,91	2,65	2,75 (0,046)
010	0,51	0,8	1,5	1,6 (0,027)
015	1,684	0,59	2,62	2,72 (0,045)
020	1,31	0,41	1,98	1,92 (0,032)
025	0,154	0,72	1,0	1,1 (0,018)
030	0,63	0,47	1,27	1,37 (0,023)

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

3.1 Розрахунок приведеної програми

При серійному типі виробництва можна використати приведену програму для подібних виробів, що дозволить розробляти технологічну документацію відразу на декілька виробів, а точніше розробляється технологічний процес на одну деталь представника, а всі інші приводяться до неї за допомогою коефіцієнта приведення. Приведена програма може бути розрахована за формулою [13].

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi}.$$

де N_i – програма випуску по кожному з найменувань деталей, зібраних в групу, шт.;

K_{np} – коефіцієнт приведення по кожному з найменувань деталей, зібраних в групу;

n – кількість найменувань деталей, що зібрані в групу.

Загальний коефіцієнт приведення для розглядуваної деталі

$$K_{npi} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

де K_1 – коефіцієнт приведення по масі;

K_2 – коефіцієнт приведення по серійності;

K_3 – коефіцієнт приведення по складності;

Для визначення коефіцієнтів K_1, K_2, K_3 скористаємося даними таблиці

4.1.

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою 4.3.

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

де m_i - маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p. np}$ - маса розрахункового представника.

Таким чином, наприклад для деталі «Стакан» коефіцієнт K_1 складатиме

$$K_{11} = \sqrt[3]{\frac{5}{6}} = 0,886$$

Для визначення коефіцієнта приведення по серійності K_2 скористаємося залежністю 4.4.

$$K_2 = \left(\frac{N_{np}}{N_i}\right)^\alpha$$

де N_{np} , N_i – програма випуску відповідно деталі (виробу) – розрахункового представника і розглядуваної деталі (виробу);

α – показник степені.

Для деталі «Стакан» коефіцієнт K_2 складатиме

$$K_{21} = \left(\frac{4500}{4000}\right)^{0.15} = 1,018$$

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Деталі	Маса	Програма	Точність/Шорсткість								
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
Фланець змішувача	6	4500	-	14	4	-	-	-	-	-	26
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	-	-	10	34	-	-	-
Стакан	5	4000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	3	-	4	-	7	-	7
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	4	2	4	6	5	-	-
Ступиця	9	8000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	3	-	-	-	10	-	16
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	-	-	3	10	16	-	-
Кришка	5	7000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	2	2	3	1	-	5	-	6
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	2	2	3	1	5	6	-	-
Фланець	6,5	5000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	2	-	-	-	2	-	6
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	-	-	2	2	6	-	-
Кришка 2	6	6000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	4	-	3	-	4	-	6
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	-	-	4	7	6	-	-
Стакан 2	8	5000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	2	-	-	-	2	-	10
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	-	-	2	2	10	-	-
Кришка 3	7	4000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	-	7	-	5	-	4	-	8
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	-	-	7	9	8	-	-

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі.

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

$K_{Ti}, K_{Tпр}$ - середнє значення точності деталі і представника;

$R_{ai}, R_{апр}$ - середнє значення шорсткості деталі і представника.

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для деталі «Стакан»

$$K_{31} = \left(\frac{10,95}{11,23}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{5,89}{5,6}\right)^{\alpha_2} = 0,977$$

Значення коефіцієнта $K_{пр}$ для деталі «Стакан», становить

$$K_{пр} = 0,886 \cdot 1,063 \cdot 0,997 = 0,92$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			По масі	По серійності	По складності	Загальний	
Фланець змішувача	4500	6	1	1	1	1	4500
Стакан	4000	5	0,886	1,018	0,977	0,881	3524
Ступиця	8000	9	1,31	0,92	0,854	1,03	8240
Кришка	7000	5	1,06	0,94	0,882	0,88	6160
Фланець	5000	6,5	1,05	0,98	0,881	0,91	4550
Кришка 2	6000	6	1	0,956	0,964	0,922	5532
Стакан 2	5000	7	1,05	0,94	0,83	0,82	4100
Кришка 3	4000	7	0,886	0,92	0,89	0,73	2920
							39526

Аналогічні розрахунки проводимо для інших подіних деталей і результати розрахунків заносимо до таблиці 4.2.

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме

$$N_{\text{пр}} = 4500 \cdot 1 + 4000 \cdot 0,881 + 8000 \cdot 1,03 + 7000 \cdot 0,88 + 5000 \cdot 0,91 + 6000 \cdot 0,922 + 5000 \cdot 0,82 + 4000 \cdot 0,73 = 39526 \text{ (шт)}$$

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

В умовах середньо серійного виробництва обробку деталей ведуть партіями. При детальному проектуванні цехів та діляниць, кількість верстатів визначається по кожному типорозміру обладнання на основі даних про верстатомісткість ($T_{\text{шт-к.}}$).

Необхідна кількість верстатів по кожній операції механічної обробки розрахункового представника (Фланця змішувача). [13].

$$C_{\text{р005+010+015}} = (2,75 + 1,6 + 1,03) \cdot 39526 / 3890 \cdot 60 = 0,91$$

$$C_{\text{р020+025}} = (2,72 + 1,92) \cdot 39526 / 3890 \cdot 60 = 0,79$$

$$C_{\text{р030+035}} = (1,1 + 1,37) \cdot 39526 / 3890 \cdot 60 = 0,42$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає:

$$C_{\text{пр005+010+015}} = 1, C_{\text{пр020+025}} = 1, C_{\text{пр030+035}} = 1$$

Для кожного верстата в технологічному процесі визначимо коефіцієнт завантаження і коефіцієнт використання верстата за основним часом.

Коефіцієнт завантаження верстата η_z визначається за формулою як відношення розрахункової кількості верстатів C_p зайнятих на даній операції процесу, до прийнятого (фактичного) $C_{\text{пр}}$.

$$\eta_z = C_p / C_{пр}$$

де C_p – розрахована кількість верстатів зайнятих на одній операції;

$C_{пр}$ - прийнята (фактична) кількість верстатів.

$$\eta_{z_{005+010+015}} = 0,91/1 = 0,91$$

$$\eta_{z_{020-025}} = 0,79/1 = 0,79$$

$$\eta_{z_{030-035}} = 0,42/1 = 0,42$$

Визначимо середній коефіцієнт завантаження дільниці

$$\eta_{z_{сер}} = (0,91 + 0,79 + 0,42)/3 = 0,71$$

Таблиця 3.3 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом.

№ опер ації	Назва операцій	Розрахунко- ва кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	η_z	$\eta_{зсер}$	η_o	$\eta_{осер}$
005 010 015	Токарно револьверна з ЧПК	0,57	1	0,91	0,71	0,78	0,64
020 025	Вертикально- свердлильні з ЧПК	0,801	1	0,79		0,61	
030 035	Токарно револьверна з ЧПК	0,41	1	0,42		0,72	

Аналіз графіка завантаження обладнання (рис. 3.1) свідчить про те, що верстати на операціях 030, 035 повинні бути дозавантажені обробкою інших деталей з метою доведення завантаження верстатів до нормативних рекомендацій.

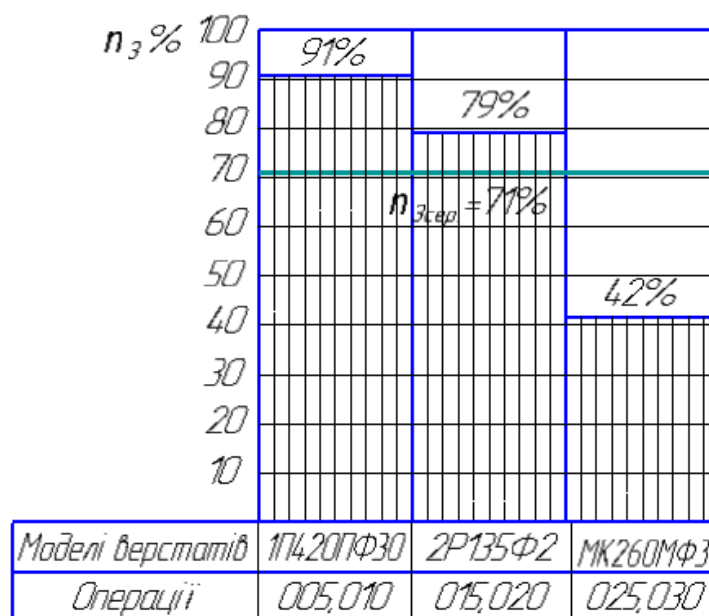


Рисунок 3.1 – Графік завантаження верстатів

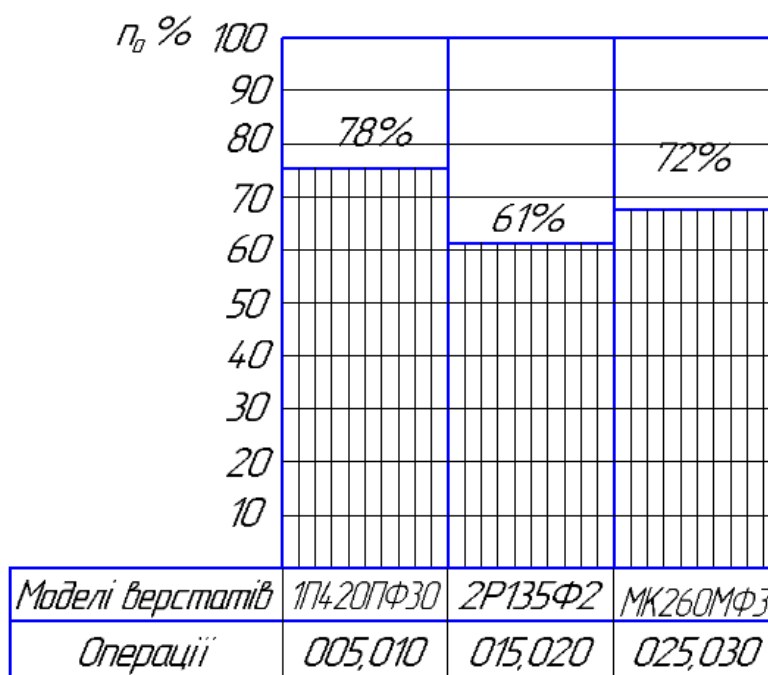


Рисунок 3.2 – Графік використання верстатів за основним часом

Проаналізувавши графік використання за основним часом встановлено що на верстатах 1В340Ф30 і НТ160 потрібно зменшити допоміжний час для цього можна використати швидкодійні затискні пристосування, автоматизувати вимірювання деталі.

3.3 Розрахунок кількості працюючих на дільниці

До складу працюючих цеху (дільниці) входять [13]:

- основні та допоміжні робітники;
- інженерно-технічні робітників (ІТР);
- службовці;
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

До основних відносяться робітники, які безпосередньо виконують технологічні операції по виготовленню продукції.

$$P_{005+010+015}=(2,75+1,6+1,03) \cdot 39526 / (1820 \cdot 1 \cdot 60)=1,95$$

$$P_{020+025}=(2,72+1,92) \cdot 39526 / (1820 \cdot 1 \cdot 60)=1,68$$

$$P_{030+035}=(1,1+1,37) \cdot 39526 / (1820 \cdot 1 \cdot 60)=0,89$$

На основі зроблених розрахунків остаточно приймаємо кількість працюючих на кожній операції:

$$P_{005+010+015}=2$$

$$P_{020+025}=2$$

$$P_{030+035}=1$$

Оскільки кількість допоміжних робітників становить 20...25% від основних тому приймаємо 1 чол.

Допоміжні працівники

$$P_{др}=(0,2 \dots 0,25) \cdot 5=1 \dots 1,25$$

Приймаємо 1 робітник.

Таблиця 3.4 – Відомість працюючих на дільниці

Працюючі (категорія)	Загальна кількість	Розподіл по професіям	Розподіл по змінам
Основні робітники	5	Токарі - 2	1 (1 зміна); 1 (11 зміна)
		Оператор сведильного верстату -2	1 (1 зміна); 1 (11 зміна)
		Токар – 1	1 (1 зміна)
Допоміжні працівники	1	Контролер	1 (1 зміна)
Інженерно-технічні робітники	1	Майстер-1	1 (1 зміна)
Службовці	0,1	Бухгалтер 0,1 ставки на дільниці	0,1 (1зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	0,1	Прибиральник 0,1 ставки на дільниці	0,1 (1зміна)
Загальна кількість	8		

Зважаючи на те, що обслуговування дільниці не дає можливості повної зайнятості працівників, досить доречно поєднати обслуговування даної дільниці разом з іншими дільницями механічного цеху. Аналогічним чином призначаємо інженерно-технічних працівників, службовців.

Інженерно-технічні працівники

$$P_{\text{ІТР}} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 5 = 0,9 \dots 1,2$$

Приймаємо – 1 робітник.

Службовці

$$P_{\text{СКП}}=0,022 \cdot 5=0,11$$

Приймаємо 1 робітник 0,1 ставки на ділянки.
Молодший обслуговуючий персонал

$$P_{\text{МОП}}=0,02 \cdot (5+1+1+0,25)=0,145$$

Приймаємо 1 робітник 0,1 ставки на ділянки

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз умов праці

На дільниці виконання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу "Фланець" на працівників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори [21,22].

До шкідливих виробничих факторів відносять:

- а) підвищена концентрація в повітрі робочої зони газів;
- б) недостатня освітленість робочої зони;
- в) шум;
- г) вібрації;
- д) підвищена або знижена температура та вологість.

До небезпечних виробничих факторів відносять:

- а) електричний струм;
- б) рухомі частини виробничого обладнання; вироби що переміщуються;
- в) гострі кромки, заусениці;
- г) підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори (фізичні перевантаження (при перенесенні деталей з конвеєра до робочого місця); нервово-психічні перевантаження (викликаються монотонністю праці).

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

В зону дихання працюючого можуть попадати аерозолі, , а також токсичні гази (оксид вуглецю CO).

Застосовується 3-х фазна, 3-х провідна мережа з ізолюваною нейтраллю.

Приміщення є вогнестійкими і оснащені приточно-витяжною

вентиляцією, яка забезпечує задовільний стан повітряного середовища.

Робочі місця оснащуються місцевою витяжною вентиляцією.

Штучне освітлення, електропроводку і інше обладнання виконуються в вибухонебезпечному стані.

Висота стелі повина бути не меншою за 3,2 метри.

Підлогу роблять твердою, негорючою, не слизькою і рівною.

Вхідні двері оббиваються листовою-сталлю і відкриваються назовні. Інтер'єр приміщення дільниці фарбують в світлий колір з дифузійним відбиттям світла. Пости знаходяться на відстані 4-10 м від місця де знаходяться горючі матеріали.

4.1.2 Електробезпека

Дільниця відноситься до особливо небезпечної дільниці, оскільки підлога струмопровідна і в повітрі є струмопровідні гази. Захист проводимо такими методами: електроізоляція струмонесучих частин, системи автоматичного відключення - це такі пристрої, спроможні автоматично відключати установку від мережі у випадку виникнення аварійної ситуації.

Для підводу струму до електротримачів необхідно використовувати ізольовані гнучкі кабелі. При прокладанні або переміщенні дротів необхідно приймати заходи проти пошкодження їх ізоляції. Відстань від дротів до гарячих трубопроводів повинна бути не менша 0,5 м. В джерелах живлення обладнання повинні бути передбачені і встановлені надійні огороження елементів, які знаходяться під напругою. Металеві частини обладнання, які знаходяться під напругою повинні бути заземленні. Дільниця повинна бути відокремлена від суміжних робочих місць і проходів незгораємими екранами висотою не менше 1,8 м.

Джерела струму можуть приєднуватись до розподільчих електричних мереж з напругою не більше 380 В. Усе устаткування повинно бути захищене запобіжниками або автоматичними вимикачами з боку мережі, що живлять.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Роботи, що виконуються відносяться до категорії робіт Пб – середньої важкості. Вони пов'язані з розбиранням і збиранням вузлів і агрегатів, процесами відновлення та зміцнення. Ці роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

Параметри, що характеризують мікроклімат в приміщенні є наступними: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

Інтенсивність теплового випромінювання працюючих від відкритих джерел згідно [23] не перевищує 100 Вт/м^2 , при цьому випромінюванні не підлягає більше 25 % поверхні тіла і обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту, в тому числі засобів захисту обличчя та очей.

Оптимальні і допустимі норми цих параметрів визначає [23] в залежності від категорії робіт, періоду року. Числові значення цих норм наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі норми параметрів мікроклімату в приміщенні згідно [3]

Період року	Категорія	Температура, °C			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Допустима		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
			Верхня гран.	Нижня гран.				
Холод	Пб	17-19	21	15	40-60	75	0.3	0.4
Тепло	Пб	20-22	27	16	40-60	70	0.4	0.5

При роботі відбувається виділення великої кількості газів. Граничнодопустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Граничнодопустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

№ п/п	Назва речовини	ГДК мг/м ²	Діюче значення, мг/м	Клас небезпе ки
1	Бензин паливний	100	84,3	4
2	Гас	300	266	4
3	Тетраетил свинець	0,0005	0,00035	1
4	Оксид вуглецю CO ₂	20	16,7	4
5	Сажа	4	2,8	3

Для захисту від шкідливих речовин застосовують комплекс організаційно-технічних санітарно-гігієнічних заходів:

- пристрій місцевої витяжної вентиляції для видалення шкідливих речовин від місць їх утворення;
- регулярне прибирання приміщення;
- застосування засобів індивідуального захисту (спеціальний одяг, захисні окуляри, респіратори та інше);
- профілактичні медичні огляди, виконання правил особистої гігієни;
- суворе дотримання правил поведінки з устаткуванням,

Система вентиляції приміщення буде комбінована, тобто буде поєднувати в собі механічну і природну, організовану вентиляцію.

4.2.2 Освітлення

Згідно з [24] роботи механічної обробки відносяться до розряду зорової роботи IVa. Характеристика зорової роботи середньої точності. Найменший розмір розрізнення 1 мм.

На ділянці спроектоване устаткування для освітлення з урахуванням класифікації пожежовибухонебезпечних технологічних одиниць і

устаткувань. Значення якісних та кількісних показників освітлення передбачені вимогами і наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Параметри штучного та природного освітлення згідно з СНіП II-4-79

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізн об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Характеристика фона	Штучне освітлення	Природне освітлення
					Освітленість, лк	КПО %
Малої точності	1	IV	a	малий	300	1,5

Природне освітлення на дільниці - бокове одностороннє. Розрахуємо коефіцієнт природної освітленості:

$$e_{\text{л}} = e_{\text{н}} \cdot m \cdot c_{\text{к}} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,945 \approx 1\%,$$

де $m=0,9$ - коефіцієнт світового клімату для IV поясу;

$c_{\text{к}}=0,7$ - коефіцієнт сонячності клімату, азимут 90° .

Характеристика штучних джерел світла наведено в табл. 4.4.

Люмінесцентні лампи встановлені на висоті 3,2 м. Внутрішня електропроводка виконана з надійною електро- та гідроізоляцією. Робоче місце робітника забезпечене місцевим освітленням. На дільниці передбачене аварійне освітлення, освітлює підлоги в основних місцях і переходах, відповідає - 0,5 лк.

Таблиця 4.4 – Підбір штучних джерел світла

Характеристика зорової роботи	Освітленість при системі заломленого освітлення, лк	Мінімальний індекс кольоропередачі джерела світла для виробничої будівлі	Діапазон кольорової апаратури джерел світла для виробничої будівлі	Наведені типи джерел освітлення будівель
Робота з механічними об'єктами	150-300	30	3000-4500	ЛБ, ДБЛ

4.2.3 Шум

Під час роботи на ділянці механічної обробки робітники піддаються впливу шуму. Джерелами шуму є: інструменти та верстати, вентиляційна система, трансформатори, випрямлячі та інше обладнання.

Таблиця 4.5 - Рівні звукового тиску згідно [5]

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку в дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку

на робочих місцях згідно [25] приведені в таблиці 4.5.

При надмірних шумах встановлено звукоізоляцію, кожухи, відбиваючі екрани, заглушки та інші пристрої. Шумові машини закриваються звукоізованими кожухами, які виготовлені з металу та облицьовані з середини звукопоглинаючими матеріалами, де неможливо ізолювати джерела шуму проводять акустичну обробку.

4.2.5 Вібрації

Крім впливу шуму на діляниці робітники піддаються впливу вібрації. Захист від вібрації повинен задовольняти вимогам [6]. Вібрації знижуються за допомогою амортизаторів, змащувальних матеріалів і реактивних гасників пульсацій. Для особистого захисту робітників застосовують спеціальне взуття на вібропоглинаючій підшві, рукавиці з м'якими налодонниками. На робітників може також діяти локальна та загальна вібрації. Загальна вібрація категорії "З" тип "а", критерії оцінки - границя зниження продуктивності праці.

Нормування вібрацій що відповідають [26] наведено в таблиці 4.6

Таблиця 4.6 - Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ² ·10 ⁻²	дБ	м/с ² ·10 ⁻²	дБ
Локальна	—	Хп, Yа, Zп	2,0	12.5	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	Z ₀ .Y ₀ .X ₀	0,1	100	0,2	92

Віробезпека праці на підприємстві забезпечується дотриманням правил умов експлуатації машин і введення процесів підтримання технічного стану машин, параметрів технологічних процесів і елементів виробничого середовища, своєчасним проведенням планового і попереднього

ремонту машин і обладнання.

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Дільниця належить до категорії приміщення з позначкою Г [27]. Категорію Г для будівель застосовані тому, що дільниця характеризується негорючими речовинами і матеріалами в гарячому або розжареному стані з виділенням променевого тепла, іскр, газоподібних речовин [28].

Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці згідно [27] відображена в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці

Категорія приміщення	Характер речовин та матеріалів, що знаходяться в приміщенні
Г	Негорючі речовини в гарячому або в розжареному стані, в процесі роботи яких виділяється промениста теплота, іскри полум'я, горючі гази, рідини і тверді речовини накопичуються і утилізуються в якості палива

За ступенем вогнестійкості елементів будівля відноситься до групи II.

Ступінь вогнестійкості будівлі II - це будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових матеріалів.

Роботи можуть спричинити пожежу. Для її запобігання вживаємо ряд протипожежних заходів, найважливішим з яких - суворе дотримання протипожежного режиму роботи, а також правил експлуатації електрообладнання. Неможливе зберігання легкозаймистих та

вогнебезпечних матеріалів.

Для запобігання пожежі сигналізацію автоматичної дії та теплові попередники максимальної дії. Вони спрацьовують, коли температура повітря досягає заданого критичного значення. Для локалізації та ліквідації невеликих загорань та пожеж застосовуємо первинні засоби пожежогасіння.

Для гасіння пожежі передбачені:

- щити з пожежним інвентарем;
- ящик з піском, кирки, лопати;
- щит з вогнегасниками ОУ-8.

Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого евакуаційного виходу для категорії приміщень Г, незалежно від об'єму, для ступеня вогнестійкості II - не обмежується.

У покритті будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

ВИСНОВКИ

При виконанні бакалаврської кваліфікаційної роботи були прийняті рішення по вибору варіантів технологічних процесів, обладнання, метод отримання заготовки визначався на основі техніко – економічних розрахунків, що дає можливість запропонувати оптимальний варіант.

Таким чином для деталі «Фланець Ц-01», що розглядається, встановлено тип виробництва даної деталі – середньосерійний, дана деталь достатньо технологічна; проаналізувавши способи отримання заготовки за кількісними і якісними показниками та провівши техніко – економічний розрахунок вибрано оптимальний спосіб отримання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми; розроблено маршрут механічної обробки даної деталі, також розглянуто відомі маршрути механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва; виконано розмірний аналіз технологічного процесу, складена схема технологічного процесу, похідний, вихідний графі – дерева та суміщений граф, визначено режими різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів та технічні норми часу для всіх операцій; розраховано дільницю механічної обробки заготовки деталі типу „Фланець”, на якій буде знаходитися 3 верстати завантажені на 91%, 79% та на 42%. Також розраховано норми охорони праці.

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 заготовки деталі типу «Фланець Ц-01»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра ТАМ
(кафедра, факультет)

1. Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 76,3 Схожість 23,7

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ~~о~~жк 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 Unicheck щодо роботи.

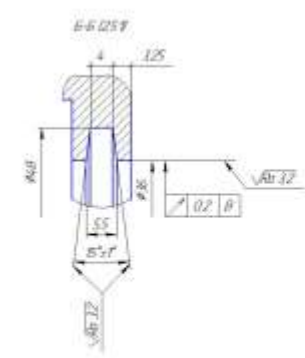
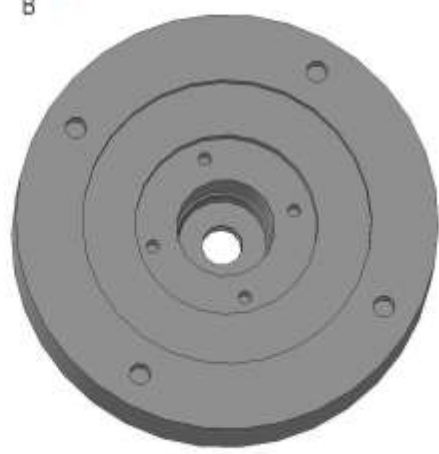
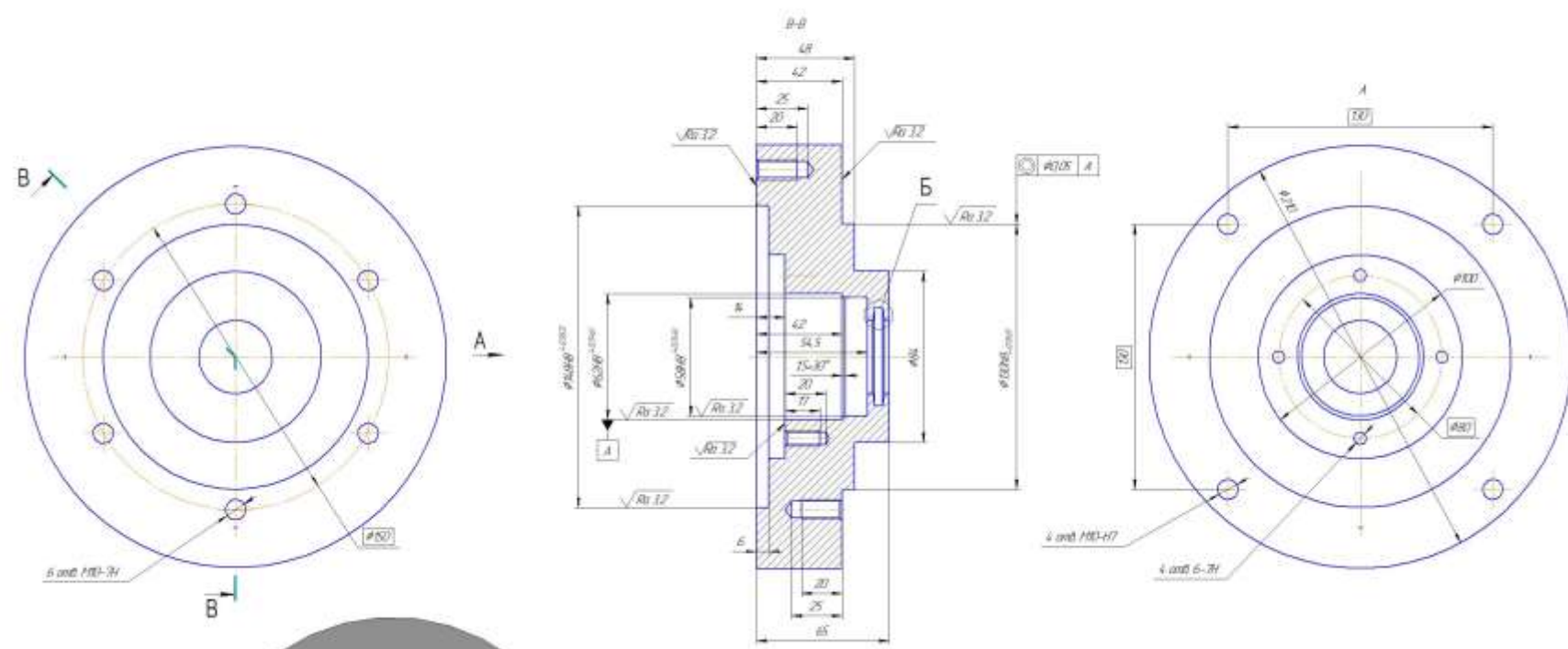
Автор роботи Мокієвець Д.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

ДОДАТОК Б
(обов'язковий).
Графічна частина

08-64.БДР.018.00.001

√ R_a 6,3 (√)

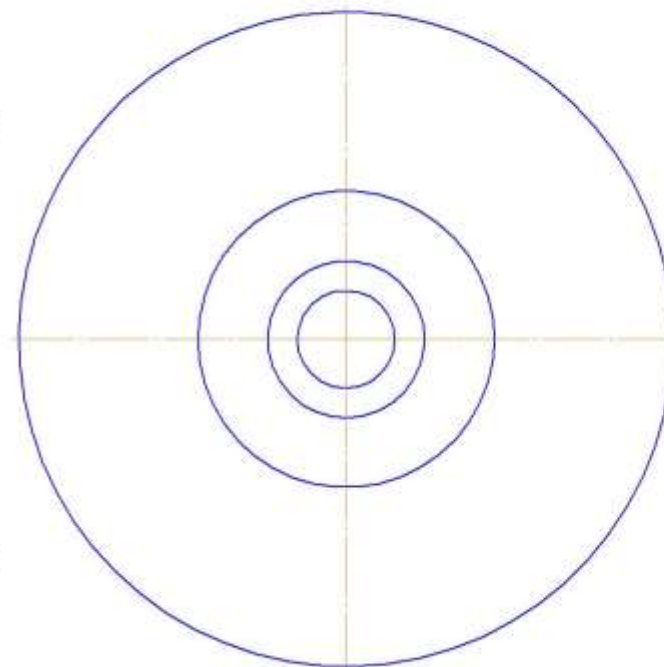
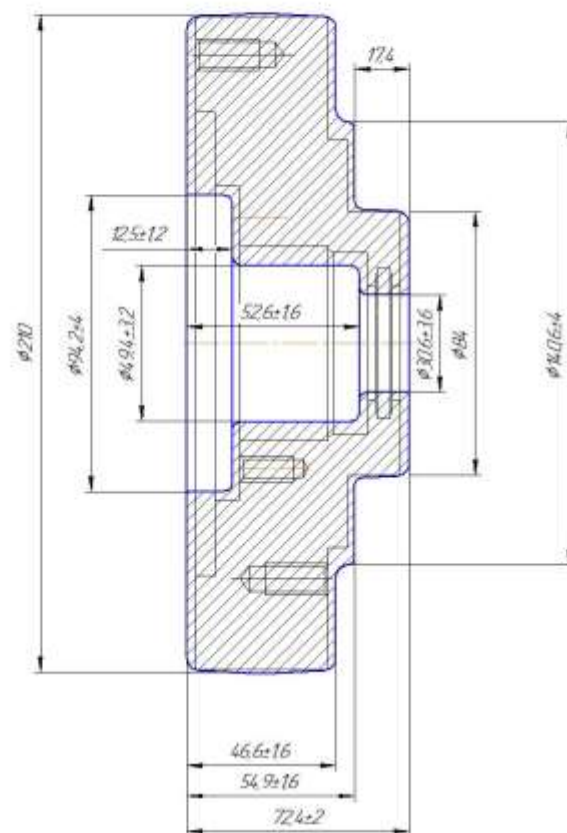


1. Точность фланца Ц-01 по ГОСТ 26645-85.
2. Нормальный радиус закругления - 2,5 мм.
3. Фланец имеет высоту 1,1 м по ГОСТ 2852-80.
4. * Размеры даны в мм.
5. При изготовлении фланца использовать фланец 05-45.
6. Нормальный радиус закругления фланца 100, 125, 150.

08-64.БДР.018.00.001				Лист	6	11
Фланец Ц-01				Дата	1	11
С 4.18 ГОСТ 14.12-85				ВНЕС	1	11
				ВНЕС	1	11

08-64.БДР.018.00.002

√ Ra 32 (√)



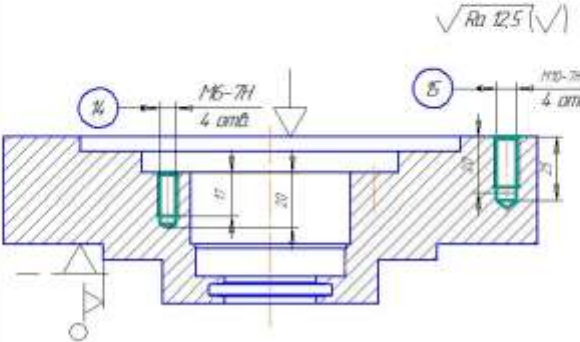
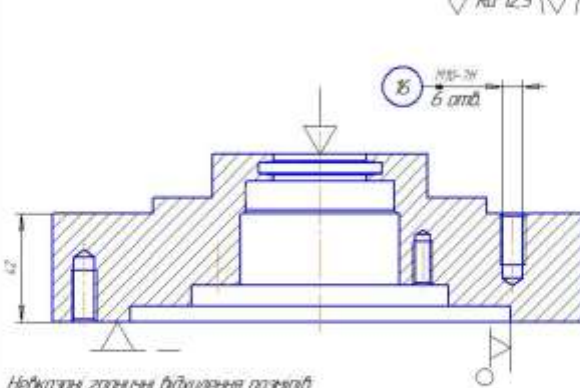
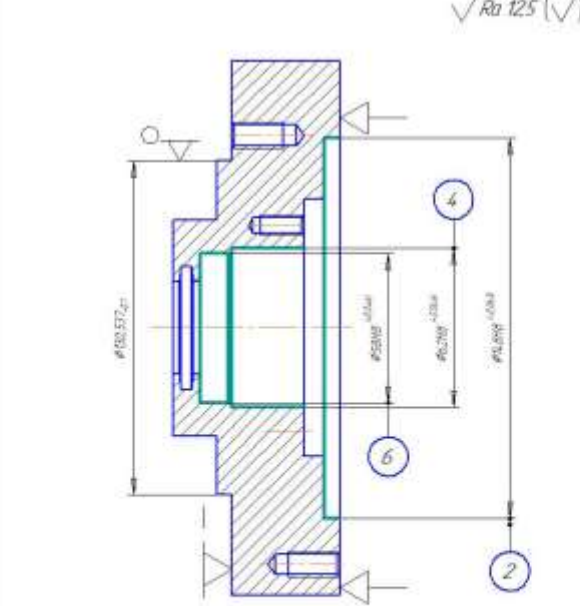
1. Точность вылива 11; 5-13-11; ГОСТ 26645-85.
2. Масса 6-1.36-0.56-7.92 ГОСТ 26645-85.
3. Неказан радиус закруглень R 2.4 мм.
4. Неказан либэрн нахили 1.3°.
5. Энциения по площин розету не больше 16 мм.
6. НН, НН, 1.3°.

08-64.БДР.018.00.002					
Фланец Ц-01					
(вилибак)					
СЧ 18 ГОСТ 14.12-85					
ВНТУ с.м.р. НН-208					

Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
005	<u>Окарно-револьверна з ЧПК</u> 1 Встановити заготовку 2 Точити торець 1 попередньо в розмір 44,807^{-0,16} 3 Точити торець 1 остаточно згідно ескіза 4 Розточити отвір 2 попередньо в розмір 14,7627^{+0,25} отвір 4 попередньо в розмір 59,93^{+0,3} отвір 6 попередньо в розмір 55,8^{+0,3} отвір 7 попередньо згідно ескізу отвір 3 одноразово згідно ескізу, точити фаску 5 одноразово 5 Розточити отвір 2 попередньо згідно ескізу отвір 4 попередньо згідно ескізу отвір 6 попередньо згідно ескізу 6 Зняти деталь.	Неказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2	Токарно-револьверна з ЧПК 14.2070.30
010	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1 Встановити деталь 2 Точити торець 10 одноразово згідно ескізу 3 Точити торець 8 попередньо згідно ескізу 4 Точити пов. 9 попередньо в розмір $\Phi 133,537_{-0,4}$ 5 Точити пов. 9 попередньо згідно ескізу 6 Точити торець 11 одноразово згідно ескізу 7 Точити пов. 7 остаточно згідно ескізу 8 Точити канавку 12 одноразово згідно ескізу 9 Зняти деталь.	Неказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2	Токарно-револьверна з ЧПК 14.2070.30

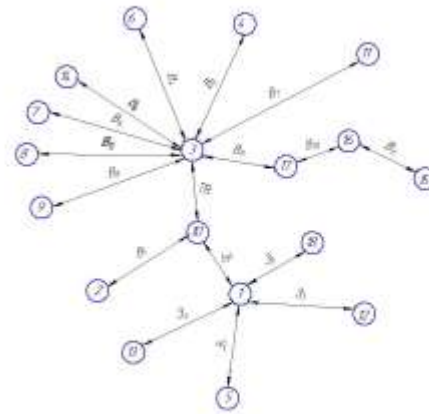
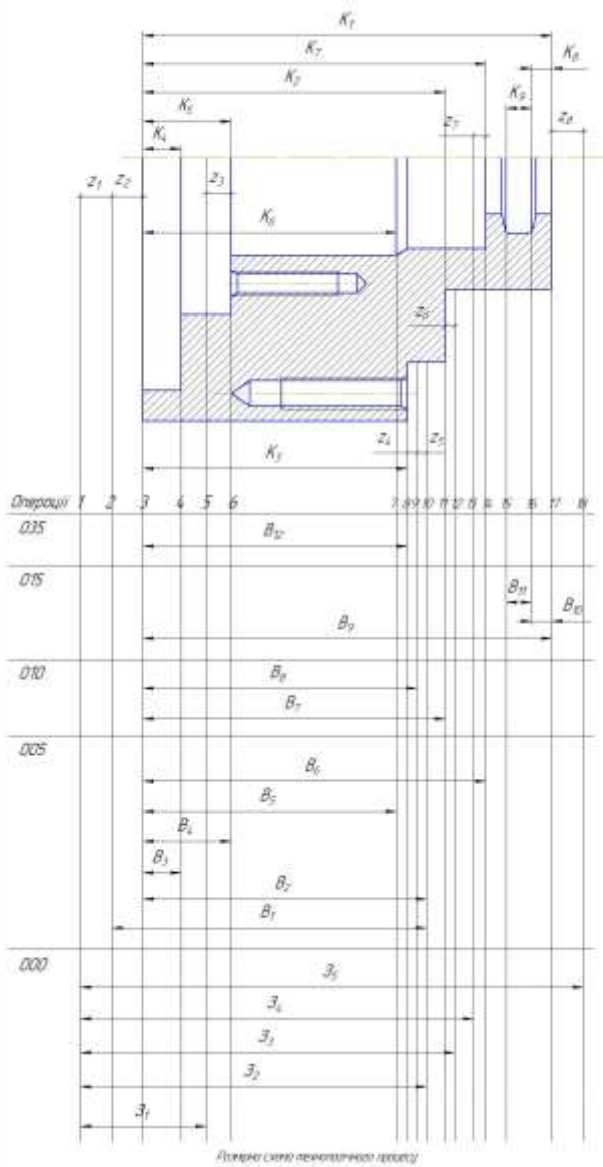
Маршрут механічної обробки

№	Операції, переходи	Ескіз деталі та схема установки	Моделі верстатів
015	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити деталь 2. Центрувати отв. 14, 15. 3. Свердлити отв. 14 4. Нарізати різь в отв. 14 5. Свердлити отв. 15 6. Нарізати різь в отв. 15 7. Зняти деталь	 Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2	Вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2
020	<u>Вертикально-фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити деталь 2. Центрувати отв. 16. 3. Свердлити отв. 16 4. Нарізати різь в отв. 16 5. Зняти деталь	 Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2	Вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2
025	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити деталь 2. Точити отв. 2 остаточно згідно ескізу 3. Точити отв. 4 остаточно згідно ескізу 4. Точити отв. 6 остаточно згідно ескізу 5. Зняти деталь	 Невказані граничні відхилення розмірів отвору H14, валу h14, інших IT14/2	Токарно-револьверний з ЧПК йочної ланки МК260МФ3

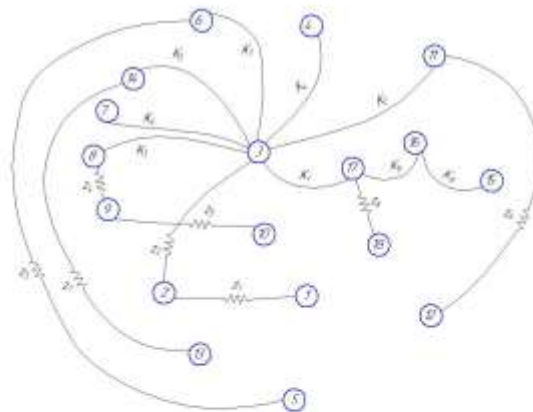
Маршрут механічної обробки

<i>N^o</i>	<i>Операції, переходи</i>	<i>Ескіз деталі та схема установки</i>	<i>Моделі верстатів</i>
030	<u>Токарно-револьверна з ЧПК</u> 1. Встановити деталь 2. Точити торець 8 остаточно згідно ескизу 3. Точити пов. 9 остаточно згідно ескизу 4. Зняти деталь	The technical drawing shows a cross-section of a mechanical part. It has a central bore with a diameter of $\phi 10 \pm 0.01$. There are two outer diameters, one at the top labeled '8' and one at the bottom labeled '9'. A surface texture symbol indicates $Ra\ 12.5(\sqrt{\quad})$. A hole feature is specified as $\phi 0.05\ A$.	Токано-револьверна з ЧПК і системою автоматичного керування МК260МФЗ

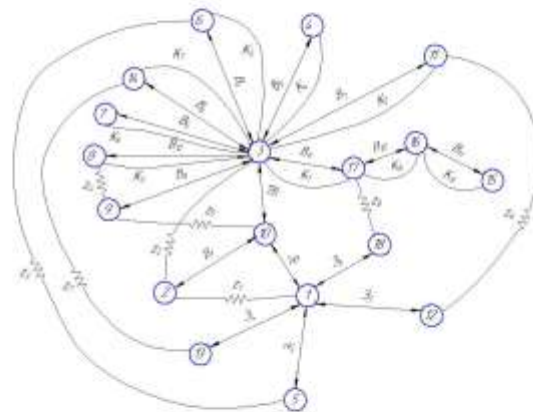
РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ



Початковий граф-дерево



Варіантний граф-дерево



Функціональний граф

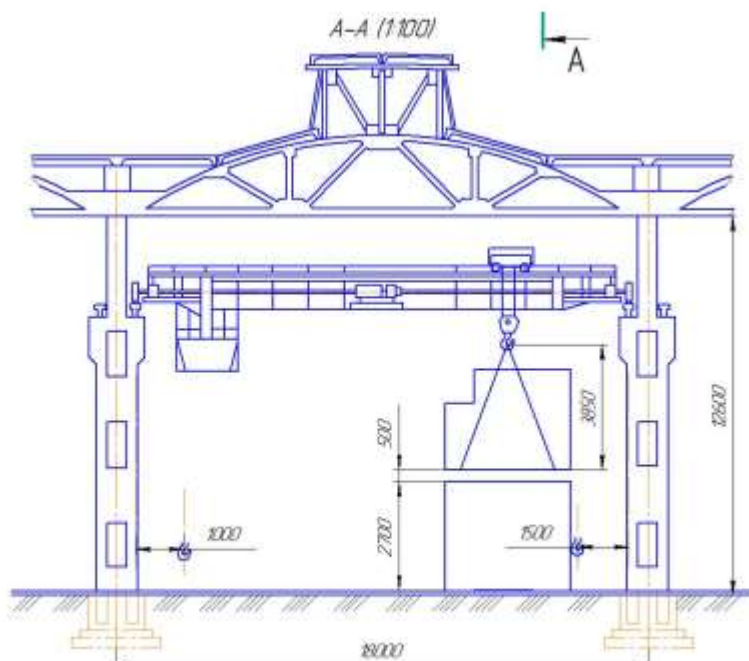
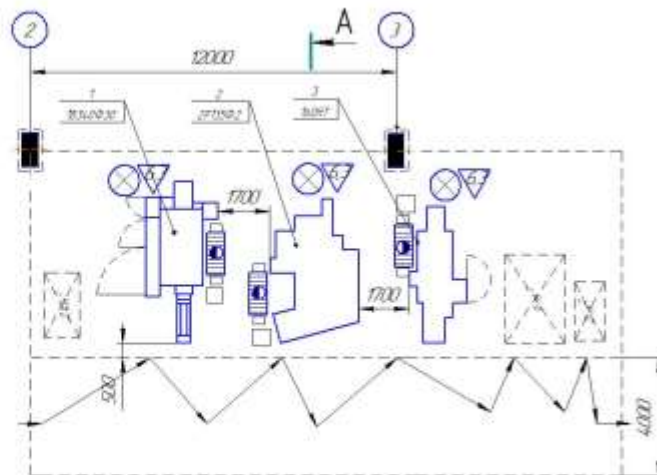
Значення технологічних розмірів деталей (міліметрів) зазначено по діаметру цих деталей мм

Початковий розмір	Значення технологічних розмірів		Діапазон	Нормований розмір	Значення розмірів у нормованих одиницях	Значення розмірів по крайнім діаметрам зазначено
	РВс (до 100)	РВс (до 1000)				
B_1	44,847	44,807	0,05	44,807	44,807 _{0,05}	-
B_2	44,947	44,947	0,01	44,947	44,947 _{0,01}	-
B_3	594	505	0,07	5	60005	-
B_4	110	16,09	0,05	16	16,0005	-
B_5	41875	42125	0,25	42	42,0025	-
B_6	54,5	54,65	0,15	54,5	54,5,015	-
B_7	4775	48	0,25	48	48,025	-
B_8	42727	42847	0,12	42847	42847 _{0,12}	-
B_9	64,92	65	0,05	65	65,005	-
B_{10}	170	1,1	0,02	1,25	1,25,002	-
B_{11}	4	4,12	0,12	4	4,012	-
B_{12}	4194	42	0,12	42	42,012	-
Z_1	113	17	24	25	-	125,12
Z_2	434	48,6	12	48,6	-	48,6,12
Z_3	533	58,5	12	58,5	-	58,5,12
Z_4	57	54,2	12	52,6	-	52,6,12
Z_5	724	74,4	4	724	-	724,04

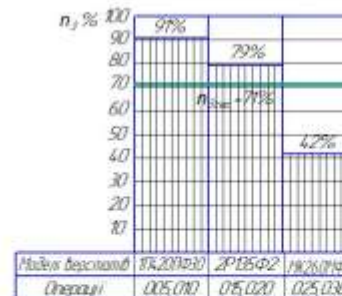
Питання на обрання варіантів обробки, мм

Z_{max}	Z_{min}	Z_{max}	Z_{min}	Z_{max}	Z_{min}	Z_{max}	Z_{min}
180	0,06	544,3	0,072	1,1	9,207	6,302	0,207
Z_{max}	Z_{min}	Z_{max}	Z_{min}	Z_{max}	Z_{min}	Z_{max}	Z_{min}
11	0,6	11	0,6	11	11	11	11

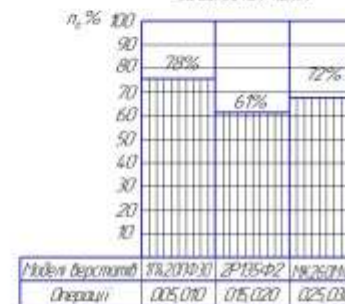
08-64.БДР.018.00.003 ЗВ



Графік завантаження верстатів



Графік використання верстатів за основним часом



Технічні характеристики верстатів

1. Площа верстатів m^2
загальна - 100 m^2
виробничі - 70 m^2
2. Кількість працівників (робітників)
робітників основних - 5
допоміжних - 1
ІР - 1
ІМТ - 0,29
ІМТ - 0,25
3. Верстатів - 3
4. Проектний склад
автоматизація - 1

08-64.БДР.018.00.003 ЗВ					
План ділянки					
Вид ділянки	№ ділянки	Площа	Висота	Висота	Висота
Площа	Площа	Площа	Площа	Площа	Площа
Площа	Площа	Площа	Площа	Площа	Площа
Площа	Площа	Площа	Площа	Площа	Площа
Площа	Площа	Площа	Площа	Площа	Площа
Площа	Площа	Площа	Площа	Площа	Площа
Площа	Площа	Площа	Площа	Площа	Площа
Площа	Площа	Площа	Площа	Площа	Площа
Площа	Площа	Площа	Площа	Площа	Площа

Копія

Висота А2