

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

РОБОЧЕ МІСЦЕ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «ФЛАНЕЦЬ
01.17» З ВИКОРИСТАННЯМ САД/САМ - СИСТЕМ

08-26.МКР.003.000.000

Виконав: студент 2 курсу,

групи ІПМ-18м

спеціальності 131 –

«Прикладна механіка»

Білінський А.М. _____

Керівник: к.т.н., доцент

Лозінський Д.О. _____

Рецензент: _____

Вінниця ВНТУ – 2019 року

Освітній ступінь – «Магістр»
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., професор Козлов Л. Г.

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Білінського Андрія Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Робоче місце механічної обробки заготовки деталі «Фланець 01.17» з використанням CAD/CAM - систем

керівник МКР Лозінський Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «02» жовтня 2019 року № 254.

2. Строк подання студентом МКР: 16.12.19р.

3. Вихідні дані до МКР: деталь «Фланець 01.17»
річна програма N = 46000 шт/рік

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; технологічна частина, розробка робочого місця механічної обробки з використанням CAD/CAM-систем; Економічна частина; Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
креслення деталі, креслення заготовки, технологічний процес механічної обробки деталі, карта налагоджень, розмірний аналіз технологічного процесу, компоновка роботизованого робочого місця, циклограма функціонування роботизованого робочого місця, алгоритм створення керуючої програми для верстата з ЧПК; робоче місце механічної обробки деталі.

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Лозінський Д.О. доцент кафедри ТАМ	02.09.2019	02.12.2019
Економічна частина	Руда Л.П. доцент кафедри ЕПВМ	04.10.2019	02.12.2019
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Віштак І.В., доцент кафедри БЖДПБ	04.10.2019	02.12.2019

7. Дата видачі завдання « 04 » жовтня 2019 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10.2019	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	20.10.2019	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	22.10.2019	
4	Розв'язання поставлених задач	28.11.2018	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	02.12.2019	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	02.12.2019	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	02.12.2019	
8	Попередній захист МКР	05.12.2019	
9	Перевірка роботи на плагіат	04.12.2019	
10	Нормоконтроль МКР	10.12.2019	
11	Рецензування МКР	11.12.2019	
12	Захист МКР		

Студент

(підпис)

Керівник МКР

(підпис)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ABSTRACT.....	6
ВСТУП.....	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	10
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи.....	11
1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі.....	13
1.3 Вибір способу виготовлення заготовки.....	17
1.4 Розробка маршруту механічної обробки.....	38
2 РОЗРОБКА РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ФЛАНЕЦЬ 01.17».....	67
2.1 Розробка тривимірної моделі деталі.....	67
2.2 Розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК.....	70
2.3 Розробка та вибір роботизованого технологічного комплексу.....	72
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	96
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	96
3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення.....	99
3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	106
3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності... ..	108
3.5 Висновки до економічної частини.....	112
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	113
4.1 Аналіз умов праці на робочому місці механічної обробки.....	113
4.2 Виробнича санітарія	114
4.3 Техніка безпеки	121
4.4 Пожежна безпека.....	122
ВИСНОВКИ.....	127
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	128
ДОДАТКИ.....	131

Додаток А. Технічне завдання

Додаток Б. Графічна частина

Додаток В. Програма обробки деталі на верстаті з ЧПК

АНОТАЦІЯ

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто застосування елементів автоматизації та роботизації виробництва на основі роботизації робочого місця механічної обробки на базі верстатів з ЧПК, що забезпечує підвищення автоматизації виробництва при виконанні допоміжних операцій при механічній обробці заготовки.

У технологічній частині проведено аналіз призначення деталі та аналіз конструкції деталі на технологічність, визначено тип виробництва, спроектовано заготовку, розглянуто технологічний процес механічної обробки деталі «Фланець 01.17», визначено припуски на механічну обробку та режими різання.

У другому розділі розроблено робоче місце механічної обробки деталі «Фланець 01.17» для виконання вертикально-свердлильної операції на основі РТК, що виконана за схемою кільцевого типу.

У економічній частині проведено розрахунок основних техніко-економічних показників, визначено необхідне технологічне обладнання, визначено капітальні витрати та проведено розрахунок технологічної собівартості виготовлення деталі.

У розділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях приведені рекомендації щодо покращення умов праці робітників.

ABSTRACT

In the master's qualification work the application of elements of automation and robotization of production is considered on the basis of robotization of the workplace of machining on the basis of machine tools with CNC, which provides increase of automation of production at performance of auxiliary operations at mechanical processing of a workpiece.

In the technological part, the analysis of the part's designation and analysis of the details of the component was made on the process, the type of production was determined, the workpiece was designed, the technological process of mechanical processing of the component "Flange 01.17" was considered, the admissions to mechanical processing and cutting modes were determined.

In the second section a working place of mechanical processing of the part "Flange 01.17" was developed for carrying out the vertically-drilling operation on the basis of RTC, which was executed according to the ring type scheme.

In the economic part, the calculation of basic technical and economic indicators was carried out, the necessary technological equipment was determined, capital expenditures were determined and a calculation of the technological cost of manufacturing the component was made.

In the section on occupational safety and safety in emergencies, recommendations are made for improving the working conditions of workers.

ВСТУП

Розвиток виробництва на сучасному етапі розвитку у великій мірі визначається рівнем автоматизації як виробничих так і допоміжних процесів. Автоматизоване виробництво значно знижує вплив людського фактору на процеси виготовлення та складання, а також дозволяє покращити продуктивність виробництва в цілому [1-3].

Застосування автоматизованих виробничих ліній не є ефективним в межах серійного виробництва. Проте автоматизація певних окремих ділянок виробництва, які можуть швидко переналагоджуватись на виконання різнотипних операцій може забезпечити підвищення продуктивності та зменшити відсоток браку [1-3].

Актуальність теми.

Вектор розвитку виробництва в значній мірі визначається його автоматизацією, можливістю швидкого переналагодження виробництва та зменшенню впливу людського фактору на виробничі процеси.

З початком розвитку електронних обчислювальних машин та їх застосування на підприємствах рівень виробництва значно зріс, значно підвищило рівень автоматизації використання роботів на електронних засобів керування та контролю.

В роботах Козирєва Ю.Г, Довбні Н.М. та інших розглянуто засоби роботизації та автоматизації виробництва, особливостей впровадження роботизованих засобів для виконання підготовчих чи допоміжних операцій [1-3].

Автоматизація виробництва в тому числі і технологічної обробки є актуальною задачею для більшості виробництв серійного характеру.

Великі автоматизовані дільниці є достатньо вартісними та можуть використовуватись не для усіх видів виробництва, проте підвищення рівня автоматизації можна досягти за рахунок локальної автоматизації робочих місць, які засновані на верстах з ЧПК в поєднанні з автоматизованим оснащенням.

Зв'язок роботи з державними науковими програмами, планами, темами. Магістерську роботу виконано відповідно до науково-дослідної тематики кафедри «Технологія та автоматизація машинобудування» (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) згідно з науково-дослідною роботою кафедри №17К2/14 «Розробка, дослідження та покращення характеристик енергоощадних гідроприводів технологічних та мобільних машин» (2014-2019 рр.).

Метою роботи є розробка робочого місця механічної обробки деталі «Фланець 01.17».

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- виконати аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлі;
- провести аналіз технологічності деталі;
- визначити тип виробництва та особливості його організації;
- розробити раціональну конструкцію заготовки вказаної деталі;
- на основі типових рішень та врахувавши сучасні тенденції розробити послідовність обробки поверхонь заготовки та технологічний процес виготовлення деталі;
- виконати тривимірну модель деталі у CAD-системі;
- розробити у CAD/CAM-системі програму обробки деталі на технологічному обладнанні з ЧПК;
- розробити роботизований комплекс для робочого місця механічної обробки;
- провести розрахунок та аналіз економічної доцільності виготовлення деталі;
- провести аналіз умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – робоче місце механічної обробки деталі «Фланець 01.17».

Предмет дослідження – технологічний процес механічної обробки деталі «Фланець 01.17».

Методи дослідження. Методи аналітичного та імітаційного моделювання, методи поверхневого і твердотільного моделювання в середовищі сучасних автоматизованих CAD/CAM-систем.

Наукова новизна одержаних результатів:

- отримала подальший розвиток методика розрахунку часових витрат роботизованого робочого місця механічної обробки деталі за рахунок врахування масово-інертних характеристик промислового робота та алгоритму його роботи.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено заготовку деталі «Фланець 01.17» та технологічний процес механічної обробки її виготовлення, який за умови програми випуску обсягом 3000шт на рік забезпечує термін окупності вкладених коштів протягом 1,3 року.

2. Розроблено робоче місце механічної обробки заготовки деталі «Фланець 01.17» на основі застосування CAD-системи КОМПАС V16 та CAD/CAM-системи ADEM, а також застосування роботизованого технологічного комплексу на базі робота «ППРІІ 521».

3. Розроблено керуючу програму обробки деталі «Фланець 01.17» на верстаті з ЧПК.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отримані автором самостійно. Мета та завдання досліджень узгоджені з науковим керівником. В працях, що опубліковані у співавторстві автору належать: виконано розрахунки основних показників, які характеризують роботу робочого місця.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи розглядалися на XLVI, XLVII науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці. березень 2017-2019 р., м. Вінниця.

Публікації. Матеріал магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано у 5 – тез доповідей регіональних та міжнародних конференціях та в 1 статті з фахового переліку ВАК.

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій [4, 5]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (1.1)$$

де $\sum O$ – сумарна кількість операцій, що виконується на даному робочому місці.

$\sum P$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

Визначаємо 9 найбільш характерних переходів механічної обробки виключивши дрібні і трудомісткі. Розраховуємо основний та штучно-калькуляційний час.

$$T_{шк} = T_0 \cdot \varphi_k [\text{хв}] \quad (1.2)$$

Розрахунок кількості верстатів

$$C_p = \frac{N_{np} \cdot T_{шк}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{zn}}, \quad [\text{шт}] \quad (1.3)$$

де F_d – дійсний річний фонд (3890 год.);

η_{zn} - нормативний коефіцієнт завантаження,

(одиничне-дрібносерійне 0,8-0,9, серійне 0,75-0,85, вел.серійне-масове 0,65-0,75)

$$1) C_p = \frac{46000 \cdot 1,835}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,425$$

$$4) C_p = \frac{46000 \cdot 0,193}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,044$$

$$2) C_p = \frac{46000 \cdot 1,891}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,438$$

$$5) C_p = \frac{46000 \cdot 0,193}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,044$$

$$3) C_p = \frac{46000 \cdot 0,735}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,170$$

$$6) C_p = \frac{46000 \cdot 0,177}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,041$$

Визначення прийнятої кількості робочих місць. Заокруглюємо кількості верстатів до найбільшого більшого цілого числа.

$$1) P_1 = C_p = 1 \quad 2) P_2 = C_p = 1 \quad 3) P_3 = C_p = 1$$

$$4) P_3 = C_p = 15) P_4 = C_p = 1 \quad 6) P_5 = C_p = 1$$

$$7) P_6 = C_p = 1 \quad 8) P_3 = C_p = 19) P_3 = C_p = 1$$

Розраховуємо фактичний коефіцієнт завантаження.

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P} \quad (1.4)$$

$$1) \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,425}{1} = 0,425$$

$$4) \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,044}{1} = 0,044$$

$$2) \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,438}{1} = 0,438$$

$$5) \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,044}{1} = 0,044$$

$$3) \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,170}{1} = 0,170 \quad 6) \eta_{зф} = \frac{C_p}{P} = \frac{0,041}{1} = 0,041$$

Визначаємо кількість операції, що виконуються на одному робочому місці.

$$O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}} \quad (1.5)$$

$$1) O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}} = \frac{0,75}{0,425} = 1,761$$

$$4) O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}} = \frac{0,75}{0,044} = 16,638$$

$$2) O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}} = \frac{0,75}{0,438} = 1,710$$

$$5) O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}} = \frac{0,75}{0,044} = 16,683$$

$$3) O = \frac{\eta_{zn}}{\eta_{z\phi}} = \frac{0,75}{0,170} = 4,4 \qquad 6) O = \frac{\eta_{zn}}{\eta_{z\phi}} = \frac{0,75}{0,041} = 18,24$$

$$K_{30} = \frac{1,761+1,71+4,4+16,683+16,683+18,24}{1+1+1+1+1+1} = 9,913$$

Виходячи з умови $K_{30}=9,913$ – виробництво великосерійне.

Заданий добовий випуск виробів:

$$N_{\delta} = \frac{N}{254} = \frac{46000}{254} = 181,102 \text{ (шт)}$$

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{шт-к.сп}} \cdot \eta_s = \frac{3980}{0,837} \cdot 0,75 = 3566,308 \text{ (шт)}$$

де $T_{шт-к.сп}$ – середній штучно-калькуляційний час, який визначається за формулою:

$$T_{шт-к.сп} = \frac{\sum_i^n T_{шт-к.i}}{n} = \frac{1,835+1,891+0,735+0,193+0,193+0,177}{6} = 0,837 \text{ (хв)}$$

де $T_{шти}$ – штучний час i -ої основної операції;

n – кількість основних операцій.

Так як $N_{\delta} \leq Q_{\delta}$, то організація потової лінії недоцільна.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{46000 \cdot 6}{254} = 1086 \text{ (шт)}$$

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

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{T_{\text{шт-к.сп}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{0,837 \cdot 1086}{476 \cdot 0,8} = 2,38.$$

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

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot c_{np}}{T_{\text{шт-к.сп}}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 3}{0,837} = 1364,874 \text{ (шт)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 1365 шт.

Висновок: тип виробництва великосерійне, форма організації роботи групова.

1.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Деталь «Фланець 01.17» виготовляється із сталі 30Л. Має ступінчасту зовнішню поверхню, яка є поєднанням двох поверхонь обертання. Внутрішня поверхня також ступінчаста. Для закріплення «Фланця» у вузлі передбачені кріпильні отвори.

Основні конструкторські бази деталі – це зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 50h7_{(0,025)}$, та торці. Допоміжні конструкторські бази деталі – це $\varnothing 73H7^{(+0,03)}$, кріпильні отвори М67g. Вільна поверхня – 86

Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки.

Вказані на кресленні деталі квалітети точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпеченими на верстатах з числовим програмним керуванням.

Вимоги взаємного розташування оброблених поверхонь вказані у відповідності з їх службовим призначенням, також можуть бути забезпеченими при механічній обробці, оскільки геометричні похибки верстатів, на яких виконується обробка, нижчі цих відхилень.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для контролю не існує.

Виходячи з конструктивних особливостей та програми випуску деталі, що аналізується, найбільш оптимальним методом є лиття в піщано – глинисті форми з машинним формуванням суміші по металевих моделях. Цей метод дозволяє отримати низьку шорсткість, порівняно з іншими методами лиття, а також забезпечує добрий економічний ефект.

1.2.2 Кількісний аналіз

Коефіцієнт уніфікації

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі необхідно провести за трьома показниками.

Таблиці 1.1 - Кількісні показники

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Радіуси	Кутові розміри	Різи	Шорсткість
16 *	Ø25*	R0.5*(2пов.)	45 ⁰ *(10пов.)	M6-7g* (4 пов.)	12,5 * (19пов.)
5 * (4 пов.)	Ø50h7 *	R1*			3,2* (1 пов.)
3* (4 пов.)	Ø73H7				1,6 * (3пов.)
8*(4 пов.)	Ø5.8(4 пов.)				
86 (4 пов.)	Ø10 *(4 пов.)				

Продовження таблиці 1.1

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Радіуси	Кутові розміри	Різи	Шорсткість
3* (4 пов.)	Ø49.5				
0,3*					
3*					
$\Sigma_{\text{заг.}} = 21$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 16$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 3$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 10$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 4$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 23$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 17$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 6$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 3$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 10$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 4$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 23$

Примітка: позначення «*» мають уніфіковані розміри.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{63}{77} = 0,818; \quad (1.6)$$

Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 1.2 –Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7(Ø73H7,Ø50h7)	2	7·2=14
10 (3 _{-0,04} ,16(2 пов.))	3	10·3=30
14 (86 (4 пов.),Ø5.8(4 пов.),Ø10(4 пов.), М6-7g(4 пов.),5(4 пов.), Ø25, 3 _{-0,121}).	22	14·22=308
Сума	27	352

$$K_{m.c.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{13,037} = 1 - 0,076 = 0,924;$$

де

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{352}{27} = 13,037;$$

де T_i – квалітет точності оброблених поверхонь даної деталі;

n_i – кількість поверхонь деталі з точністю відповідно за 1.14 квалітетами.

Таблиця 1.3 –Визначення коефіцієнта шорсткості поверхні

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
12,5((86 (4 пов.), Ø5.8(4 пов.), Ø10(4 пов.), М6-7g(4 пов.), 5(4 пов.), Ø25, 3 _{-0,121} .)	22	12,5·22 = 275
3,2 (16(2пов.))	2	3,2·2=6,4
1,6 (Ø73H7, Ø50h7 , 3 _{-0,04})	3	1,6·3=4,8
Сума	27	286,2

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{10,6} = 0,094;$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні, мкм.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{286,2}{27} = 10,6;$$

де $Ш_i$ – шорсткість оброблених поверхонь даної деталі, мкм;

n_i – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає числовому значенню параметра R_a , мкм.

Оскільки всі умови виконуються $K_y > 0,6$, $K_T > 0,8$, $K_{ш} < 0,32$, то деталь за кількісними показниками вважається технологічною.

Оскільки виконуються всі умови, то деталь технологічна.

1.3 Вибір способу виготовлення заготовки

1.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод одержання заготовки – лиття, так як деталь виготовляється з матеріалу Сталь 30Л.

Для заданої деталі з урахуванням великосерійного типу виробництва можливі такі способи одержання заготовки:

- лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші по металевих формах;
- лиття в оболонкові форми;
- відцентрове лиття;
- лиття за виплавними моделями;
- лиття в кокіль облицьований.

Можливі способи одержання заготовки наведено в табл.1.4

Таблиця 1.4 – Кількісна характеристика способів лиття

Спосіб лиття	Тип виробництва	Матеріал виливка	Маса виливка	Товщина стінок	Досягнута точність розмірів, квалітет	Шорсткість поверхні	Коеф. використання матеріалу заготовки
піщано-глинисті форми	О,С	Чавун, сталь, кольорові метали	10... 10000	>3	14...17	320...80	0,55... 0,70
Оболонкові форми	С, М	Чавун, вуглецева і легована сталь, кольорові метали	0,1... 80	2... 4	12...15	160...20	0,85... 0,90
Відцентрове лиття	М,С	Сірий чавун, сталь, мідні сплави	0,1... 3000	>4	13...15	80...20	0,70... 0,80

Продовження таблиці 1.4

Спосіб лиття	Тип виробництва	Матеріал вилівка	Маса вилівка	Товщина стінок	Досягнута точність розмірів, квалітет	Шорсткість поверхні	Коеф. використання матеріалу
За виплавни-ми моделями	М,С	Високолеговані сталі, жароміцні сплави, кольорові метали і сплави	0,01... 135	>0,7	11...14	40...10	0,85... 0,95
Кокіль облицьо-ваний	С	Сталь, чавун, кольорові метали	0,1... 50	>3	12...15	80...20	0,71... 0,75

Таблиця 1.5 – Якісна характеристика способів лиття

Спосіб лиття	Суть способу	Переваги	Недоліки	Область застосування
В піщано-глинисті форми	Розплавлений метал заливають у форми, виготовлені з піщано-глинистої суміші, які сформовані і виготовлені в опоках по металевих моделях машинним транспортом. Потім охолоджують. Після затвердіння металу форму розбивають, вилівок вилучають, виймають з вилівка стержень. Після цього вилівок обрубують, відділяють ливникову систему і випори, очищають від пригорілої формувальної суміші.	Простота та універсальність способу. Процес потребує простого обладнання, оснащення, використовуються дешеві та прості матеріали для формування. Даний спосіб лиття доступний для будь-якої серійності виробництва. Найнижча вартість вилівка. Можливість механізації та автоматизації процесу.	Недостатня точність форми, розмірів, взаємного розташування поверхонь, газові та повітряні порожнини, піскові та шлакові вclusions, пригорання, тріщини, заливи, недоливи, жолоблення. Великі припуски на механічну обробку, тому велика вартість механічної обробки.	Фланці, кришки, втулки, станини, корпуси насосів, редукторів, корпуси різних виробів

Продовження таблиці 1.5

Спосіб лиття	Суть способу	Переваги	Недоліки	Область застосування
В оболонковій формі	Розплавлений метал заливається у форму, яка виготовлена із суміші піску та термо-реактивної смоли пульвербакеліт (фенолформальгідна смола та уратрипін). Метал разом з формою остигає на повітрі, при цьому під дією температури розплаву форма втрачає свою міцність. Тому після повного охолодження вона легко руйнується. Для формування внутрішніх порожнин використовуються стержні	Собівартість вилівка дорожча. Процес може бути автоматизований і механізований. Зменшення об'єму формуючої суміші в 10-20 разів. Зменшення обрубних і очисних робіт на 50%.	Складність технології. Висока вартість оснастки, обладнання, зв'язної речовини (пульвербакеліт). Собівартість деталей нижча, ніж у першому випадку.	Втулки, муфти, фланці, Кронштейни
Відцентрове лиття	Розплав заливається у форму, зазвичай металеву, яка обертається з певною швидкістю.	Висока точність розмірів, як при кокільному литті. Значно знижуються витрати матеріалу.	Неточність розмірів і низька якість внутрішньої порожнини вилівка. Можливість виникнення поздовжніх та поперечних тріщин.	Труби, кільця, втулки, гільзи.
За виплавними моделями	У форму, яка є нероз'ємною керамічною вогнетривкою оболонкою заливається розплавлений метал. Він заповнює порожнину форми, утворюючи її копію. Метал застигає, оболонка руйнується і вилівок вилучається. Вогнетривка оболонка виготовляється по моделі із легкоплавкої речовини, що вилучається нагріванням.	Виготовлення складних і точних заготовок. Висока точність і якість поверхонь заготовок. Економія металу (мех. обробка зводиться до мінімуму). Зменшення к-сті персоналу.	Найбільш довгий і трудомісткий спосіб. Значні матеріальні витрати. Форми є одноразовими.	Лопатки турбін, зубчасті колеса, штуцери, фітінги та ін.

Продовження таблиці 1.5

Спосіб лиття	Суть способу	Переваги	Недоліки	Область застосування
В облицьований кокінь.	Облицьований кокінь-це кокінь покритий стержньовою сумішню товщиною 2-5мм. Він використовується для заливання тугоплавких сплавів (сталей,чавуну та ін.) при виготовленні виливків складної форми і тонкостінних виливків. При литті в оболонковий кокінь розплавлений метал заливають у ливникову чашу. По стояку, живильнику метал заповнює порожнину форми. Порожнину вилівка утворюють із допомогою піщаних та металевих стержнів. Метал остигає і кристалізується під дією сили земного тяжіння. Після застигання виливок виймається.	Форми багато-разові. Висока точність форми і розмірів, якість.Дрібнозерниста с-ра матеріалу. Висока продуктивність. Низька трудомісткість і собі-вартість заготовок, короткий цикл виготовлення. Процес легко автоматизувати та механізувати.	Висока вартість оснащення. Утворення тріщин, ливарних дефектів у виливках. Чавунні виливки відбілюються і вимагають додаткової обробки. Неможливість виготовлення тонкостінних виливків через підвищену швидкість їх охолодження, а також виливків значної маси.	Муфти, втулки, стакани, маховики, колеса

Висновок: за основний спосіб лиття вибираю – за виплавними моделями, оскільки відцентрове лиття не підходить через конфігурацію моєї деталі. Лиття в облицьований кокінь є досить дорогим процесом та в умовах великосерійного виробництва в даному випадку не досить ефективним. Лиття в оболонкові форми є складність технології висока вартість оснастки, обладнання, зв'язної речовини. За альтернативний спосіб вибираю – піщано-глинисті форми з машинним формуванням суміші.

1.3.2 Розрахунок розмірів заготовки

1.3.2.1 Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовок

Дані, що розраховуємо, заносимо відповідно до таблиць 1.6 і 1.7. При виборі прийнятих параметрів вихідних даних керуємось примітками до таблиць, де приведені рекомендації по призначенню параметрів точності з врахуванням типу виробництва і складності заготовки. Так як виробництво великосерійне і виливок середньої складності приймаємо середні, наближені до більш точних значень, з вибраних діапазонів параметрів точності.

Клас розмірної точності виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, найбільший габаритний розмір (86 мм), тип матеріалу – Сталь 30Л, а також наявність термообробки:

при литті за виплавними моделями: 5т - 9т; приймаємо – 7т.

при литті в піщано-глинисті форми: 6 - 11т; приймаємо – 6.

Ступінь жолоблення елементів виливка призначаємо згідно відношення найменшого розміру елемента виливка до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка). Найбільший розмір – 86 мм, найменший – мм, отже, відношення – $13/86=0,151$. Також враховуємо кількість використання форми і термообробку:

при литті за виплавними моделями: 4-7; приймаємо 4.

при литті в піщано-глинисті форми: 4 - 7; приймаємо – 5.

Ступінь точності поверхонь виливка призначаємо з врахуванням способу лиття, найбільшого габаритного розміру виливка (86 мм) і матеріалу – Сталь 30Л:

при литті за виплавними моделями: 4 – 9; приймаємо – 5.

при литті в піщано-глинисті форми: 8 – 15; приймаємо – 9.

Шорсткість поверхонь виливка призначаємо, враховуючи прийнятий ступінь точності поверхонь виливка:

при литті за виплавними моделями: 5мкм;

при литті в піщано – глинисті форми: 12,5 мкм.

Клас точності маси виливка призначаємо, враховуючи спосіб лиття, номінальну масу виливка (вибираємо коефіцієнт використання матеріалу для лиття в піщано – глинисті форми $\gamma=0,70$, а для лиття за виплавними моделями

$\gamma=0,80$, маса деталі $Q_{дет}=0,62$ кг, тоді маси заготовки будуть відповідно $Q_{заг}=0,885$ кг і $Q_{заг}=0,775$ кг.) до 1 кг для обох способів і тип матеріалу *Сталь 30Л*:

при литті за виплавними моделями: 3 – 10; приймаємо – 6.

при литті в піщано-глинисті форми: 5т – 12; приймаємо – 7т.

Доцільно приймати таким же як і клас розмірної точності.

Ряд припусків призначаємо з врахуванням ступеня точності поверхні:

при литті за виплавними моделями: 1 – 4; приймаємо – 2.

при литті в піщано-глинисті форми: 3 – 6; приймаємо – 4.

Таблиця 1.6 – Розрахунок заготовки литтям за виплавними моделями

Вихідні дані(норми точності)	Лиття за виплавними моделями					
	Згідно ГОСТ 26645-85			Прийнято		
Клас розмірної точності	5т-9т			6		
Ступінь жолоблення елементів виливка	4-7			4		
Ступінь точності поверхонь виливка	4-9			5		
Шорсткість поверхонь виливка	Ra=5			Ra=5		
Розрахункові розміри	$\varnothing 25h7^{(+0,052)}$	$\varnothing 50h9^{(-0,025)}$	$16^{(-0,43)}$	$3^{(-0,04)}$	$\varnothing 73H7^{(+0,03)}$	$4^{(-0,048)}$
Класточності маси	3-10	6				
Ряд припусків	1-4	2	1	3	3	3

Продовження таблиці 1.6

Розрахункові розміри	$\text{Ø}25\text{h}7^{(+0,052)}$	$\text{Ø}50\text{h}9^{(-0,025)}$	$16^{(-0,43)}$	$3^{(-0,04)}$	$\text{Ø}73\text{H}7^{(+0,03)}$	$4^{(-0,048)}$
Допуски:		47,8	17,2	2,3	75,2	3,9
розмірів	0,5	0,64	0,44	0,32	0,56	0,32
форми чи розміщення	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекос стержня	0,36	-	-	-	-	-
маси	4%					
нерівностей	0,12					
загальний допуск	0,7	0,7	0,56	0,44	0,7	0,44
Припуски:						
мінімальний	0,2					
за точністю розмірів						
	3	4	1	3	3	3
за відхиленням форм, взаємним розміщенням поверхонь	-	-	-	-	3	-

Таблиця 1.7– Розрахунок заготовки литтям в піщано – глинисті форми

Вихідні дані (норми точності)	Лиття в піщано – глинисті форми	
	Згідно ГОСТ 26645-85	Прийнято
Клас розмірної точності	6-7Т	7Т
Ступінь жолоблення елементів вилівка	4-7	5
Ступінь точності поверхонь вилівка	8-15	9
Шорсткість поверхонь вилівка	Ra=12,5	Ra=12,5
Класточності маси	5Т-12	7Т
Ряд припусків	3-6	4
Розрахункові розміри	$\varnothing 25h7^{(+0,052)}$	$16^{(-0,43)}$
Допуски:		-
розмірів	0,64	0,56
форми чи розміщення	0,32	0,32
зміщення по площині роз'єму	-	-
зміщення через перекося стержня	0,44	-
маси	5%	
нерівностей	0,32	
загальний допуск	0,9	0,8
Припуски:		
мінімальний	0,4	

1.3.2.2 Вибір допусків

Перед вибором допусків та припусків на механічну обробку поверхонь деталі потрібно уважно вивчити робоче креслення деталі, встановити оброблювані поверхні і розміри, що їх зв'язують та записати їх в розрахункову таблицю.

На тих ділянках виливка, де отвори, впадини, порожнини і тому подібне одержати способами лиття важко або неможливо, призначають напуски.

Згідно ГОСТ 26645-85 призначаємо:

Допуск розмірів враховує клас розмірної точності (лиття за виплавними моделями – 6, в піщано – глинисті форми – 7Т) і номінальний розмір, на який призначаємо допуск.

За виплавними моделями:

$\varnothing 25 (+0,052)$ –допуск 0,50;

$\varnothing 50h9 (-0,025)$ – допуск 0,64;

16($-0,43$)–допуск 0,44;

3($-0,04$)–допуск 0,32;

$\varnothing 73H7 (+0,03)$ – допуск 0,56;

4($-0,048$)–допуск 0,32.

Піщано – глинисті форми :

$\varnothing 25 (+0,052)$ –допуск 0,64;

$\varnothing 50h9 (-0,025)$ – допуск 0,80;

16($-0,43$)–допуск 0,56;

3($-0,04$)–допуск 0,40.

Допуск форми і розміщення – враховуючи ступінь жолоблення (лиття за виплавними моделями – 4, в піщано – глинисті форми – 5) і номінальний розмір нормованої ділянки.

За виплавними моделями:

$\varnothing 25 \left(\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix} 0,052 \right)$ – допуск 0,24;

$\varnothing 50 h9 \left(\begin{smallmatrix} \\ - \end{smallmatrix} 0,025 \right)$ – допуск 0,24;

16 $\left(\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix} 0,43 \right)$ – допуск 0,24;

3 $\left(\begin{smallmatrix} \\ - \end{smallmatrix} 0,04 \right)$ – допуск 0,24;

$\varnothing 73 H7 \left(\begin{smallmatrix} + \\ \\ \end{smallmatrix} 0,03 \right)$ – допуск 0,24;

4 $\left(\begin{smallmatrix} \\ - \end{smallmatrix} 0,048 \right)$ – допуск 0,24.

Піщано – глинисті форми :

$\varnothing 25 \left(\begin{smallmatrix} + \\ \\ \end{smallmatrix} 0,052 \right)$ – допуск 0,32;

16 $\left(\begin{smallmatrix} \\ - \end{smallmatrix} 0,43 \right)$ – допуск 0,32;

Допуск зміщення площини роз'єму – для цього необхідно знати, де буде проходити площина роз'єму.

При литті в піщано – глинисті форми площина роз'єму впливатиме на зовнішні діаметральні та лінійні розміри. Для яких допуск вибираємо згідно рекомендацій, враховуючи клас розмірної точності вилівка по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок вилівка, які виходять на роз'єм. Для нашого випадку розмір найбільш тонкої стінки становить *30,5 мм*.

При литті за виплавними моделями площини роз'єму не буде.

Допуск на перекіс стержня встановлюється для діаметральних розмірів, що формуються за допомогою стержнів. Призначається на 1, 2 класи точніше класу розмірної точності по номінальному розміру найбільш тонкої зі стінок вилівка, які формуються за участю стержня.

При литті за виплавними моделями допуски на розміри будуть такі:

$\varnothing 25 (+0,052)$ (найтонша стінка – 30,5 мм) буде 0,36.

При литті в піщано – глинисті форми допуски на розміри будуть такі:

$\varnothing 25 (+0,052)$ (найтонша стінка – 30,5мм) буде 0,44.

Допуск нерівностей– враховуємо ступінь точності поверхні виливка.

Лиття за виплавними моделями – 0,12.

Лиття в піщано – глинисті форми – 0,32.

Допуск маси– залежно від класу точності маси виливка (лиття за виплавними моделями – 6, в піщано – глинисті форми – 7т) і номінальної маси виливка:

при литті за виплавними моделями – 4%;

при литті в піщано – глинисті форми – 5%.

Загальний допуск призначаємо, враховуючи допуск розмірів і допуск форми і розміщення поверхні.

За виплавними моделями:

$\varnothing 25 (+0,052)$ – загальний допуск 0,7;

$\varnothing 50h9 (-0,025)$ – загальний допуск 0,7;

16($_ 0,43$)– загальний допуск 0,56;

3($-0,04$)– загальний допуск 0,44;

$\varnothing 73H7 (+0,03)$ – загальний допуск 0,70;

4($-0,048$)– загальний допуск 0,44.

В піщано – глинисті форми:

$\varnothing 25 (+0,052)$ – загальний допуск 0,90;

16($_0,43$) – загальний допуск 0,80;

1.3.2.3 Вибір припусків

Мінімальний припуск призначаємо залежно від ряду припусків :

при литті за виплавними моделями (для ряду припусків 2) – 0,2 мм;

при литті в піщано – глинисті форми (для ряду припусків 4) – 0,4

Загальний припуск на механічну обробку назначають для ліквідації похибки розмірів, форми і розміщення, нерівностей і дефектів оброблюваної поверхні, що формуються при виготовленні виливка і послідовних переходів її обробки з метою підвищення точності оброблюваного елемента виливка. Значення загального припуску вибираємо в залежності від кількості переходів механічної обробки. Тому для вибору загального припуску спочатку потрібно визначити кількість механічної обробки кожної із оброблюваних поверхонь.

Кількість переходів механічної обробки визначаємо в залежності від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі.

– по точності розмірів вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками розмірів деталі і виливка:

лиття за виплавними моделями:

$\varnothing 25 (+0,052)$ – $0,052/0,5 = 0,104 \rightarrow 3$ переходи (чистова обробка);

$\varnothing 50h9 (-0,025)$ – $0,025/0,64 = 0,039 \rightarrow 4$ переходи (тонка обробка);

16($_0,43$)– $0,43/0,44 = 0,977 \rightarrow 1$ переходи (чорнова обробка);

3($-0,04$)– $0,04/0,32 = 0,125 \rightarrow 3$ переходи (чистова обробка);

$\varnothing 73H7 (+0,03)$ – $0,03/0,56 = 0,053 \rightarrow 3$ переходи (чистова обробка);

4($-0,048$)– $0,048/0,32 = 0,15 \rightarrow 3$ переходи (чистова обробка);

лиття в піщано – глинисті форми:

$\varnothing 25 (+0,052)$ – $0,052/0,64 = 0,081 \rightarrow 3$ переходи (чистова обробка);

$16(_ 0,43) - 0,43/0,56 = 0,767 \rightarrow 1$ переходи (чорнова обробка);

– по відхиленням форми, взаємного розміщення поверхонь вибираємо в залежності від допуску розміру виливка і співвідношення між допусками форми і розміщення деталі і виливка:

лиття за виплавними моделями:

$\varnothing 73H7(+0,03) - 0,01 / 0,24 = 0,041 \rightarrow 3$ переходи (чистова обробка);

Загальний припуск призначаємо, враховуючи загальний допуск виливка, вид остаточної обробки і ряд припуску. При литті за виплавними моделями для розміру:

лиття за виплавними моделями для розмірів:

$\varnothing 25(+0,052)$ загальний припуск– 1,1 мм;

$\varnothing 50h9(-0,025)$ загальний припуск– 1,1 мм;

$16(_ 0,43)$ загальний припуск– 0,6 мм;

$3(-0,04)$ загальний припуск– 0,7 мм;

$\varnothing 73H7(+0,03)$ загальний припуск– 1,1 мм;

$4(-0,048)$ загальний припуск– 0,7 мм;

лиття в піщано – глинисті форми для розмірів:

$\varnothing 25(+0,052)$ загальний припуск– 1,5 мм;

$16(_ 0,43)$ загальний припуск– 0,9 мм;

1.3.2.4 Розрахунок розмірів заготовки

При розрахунку діаметральних, лінійних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається або додається до розміру готової деталі:

– при литті за виплавними моделями

Для розміру $\varnothing 25 (+0,052)$ загальний припуск становить 1,1 мм:

$$25 - (1,1 \cdot 2) = 22,8 \text{ мм};$$

Для розміру $\varnothing 50h9 (-0,025)$ загальний припуск становить 1,1 мм:

$$50 - (1,1 \cdot 2) = 47,8 \text{ мм};$$

Для розміру $16 (-0,43)$ загальний припуск становить 0,6 мм:

$$16 + 0,6 + 0,6 = 17,2 \text{ мм};$$

Для розміру $3 (-0,04)$ загальний припуск становить 0,7 мм:

$$3 + 0,6 - 0,7 = 2,9 \text{ мм};$$

Для розміру $\varnothing 73H7 (+0,03)$ загальний припуск становить 1,1 мм:

$$73 - (1,1 \cdot 2) = 70,8 \text{ мм};$$

Для розміру $4 (-0,048)$ загальний припуск становить 0,7 мм:

$$4 + 0,6 - 0,7 = 3,9 \text{ мм};$$

– при литті у піщано – глинисті форми

Для розміру $\varnothing 25 (+0,052)$ загальний припуск становить 1,5 мм:

$$25 - (1,5 \cdot 2) = 22 \text{ мм};$$

Для розміру $16 (-0,43)$ загальний припуск становить 0,9 мм:

$$16 + 0,9 + 0,9 = 17,8 \text{ мм};$$

Усі розрахунки занесені до табл. 2.3.1 і 2.3.2

1.3.3 Вибір конструктивних елементів заготовки

Вибір радіусів, нахилів та інших конструктивних елементів штампованої заготовки

1.3.3.1 Товщина стінок

Мінімальна товщина стінок назначається так, щоб забезпечувати необхідну розрахункову міцність і жорсткість та задовольняти вимогам технології вибраного способу лиття. Вибираємо згідно рекомендацій [7, 8]:

Мінімальна товщина стінок назначається так, щоб забезпечувати необхідну розрахункову міцність і жорсткість та задовольняти вимогам технології вибраного способу лиття:

$$N = \frac{2L+B+H}{4} = \frac{2 \cdot 86 + 86 + 16}{4} = 68.5 \text{ мм.} = 0,00685 \text{ м.} \quad (1.7)$$

1.3.3.2 Радіуси заокруглень

Радіуси заокруглень в значній мірі визначають якість виливка. Дуже малі радіуси призводять до концентрації напружень і можливості виникнення тріщин, якщо надто великі, то до можливості виникнення раковин, пустот.

Радіуси заокруглень вибираємо за графіками вибираємо в залежності від співвідношення $(S+S_1)/2$ і від матеріалу виливка.

Таблиця 1.8 радіуси заокруглень при литті за виплавними моделями:

$\frac{(S+S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(14,3+15,5)/2=14,9$	90^0	5
$(2,9+15,5)/2=9,2$	90^0	3
$(2,9+12,5)/2=15,4$	90^0	5
$(17,2+30,5)/2=23,85$	90^0	8
$(6,5+17,2)/2=11,85$	90^0	3

Таблиця 1.9 – радіуси заокруглень при литті в піщано – глинисті форми:

$\frac{(S+S_1)}{2}$	Кут між спряженими елементами	Радіус заокруглень
$(17,8+30,5)/2=24,15$	90^0	1,5

1.3.3.3 Нахили

Формовочні нахили признаються з метою полегшення видалення моделі з форми і стержня. Нахили встановлюються в залежності від розмірів заглиблень,

висоти формують поверхні, способу лиття і виду модельного комплексу згідно рекомендаціям

При литті за виплавними моделями нахилів немає.

При литті в піщано – глинисті форми:

$$8,9 - 4^{\circ}34';$$

$$17,8 - 3^{\circ}11';$$

1.3.3.4 Мінімальні діаметри отворів, що виливаються

Мінімальний діаметр отворів, що виконуються литтям, вибирають так, щоб уникнути сильного перегрівання і пригорання стержня до стінок отвору. Мінімальний розмір литих отворів залежить від товщини стінки і може бути визначено по формулі:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot S ; [\text{мм}] \quad (1.8)$$

де d_0 – вихідний діаметр; S – товщина стінки, мм Вихідний діаметр вибирається в залежності від матеріалу вилівка (сталь): $d_0 = 10$ мм. При товщині стінки $S=5$

$$d_{\min} = 10 + 0,1 \cdot 5 = 10,5 \text{ (мм)}$$

Отвір $\varnothing 25$ мм можна лити, оскільки його значення і так більше, ніж вихідний діаметр.

1.3.4 Оформлення ескізу заготовки

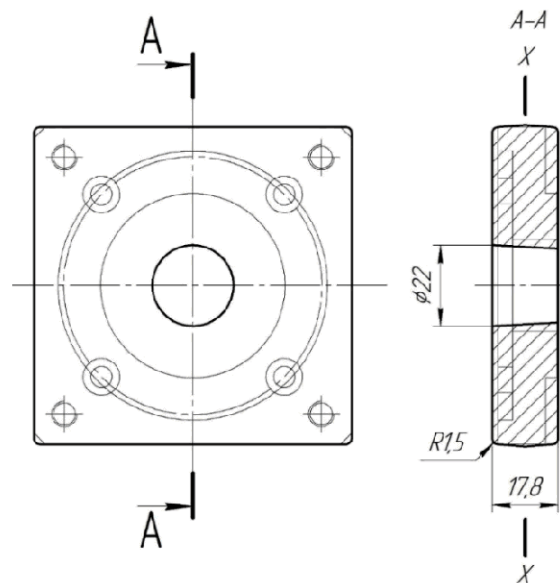


Рисунок 1.1 – Лиття в піщано – глинисті форми

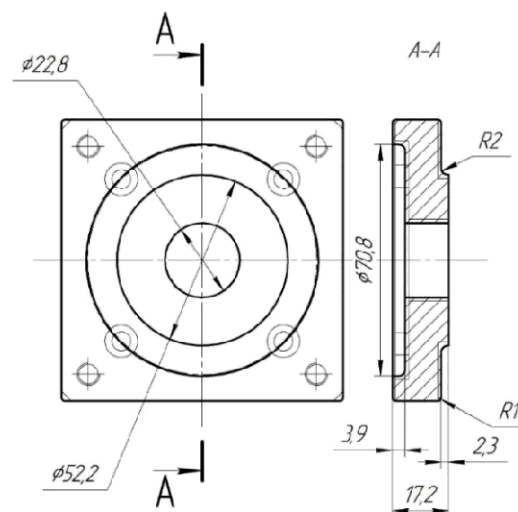


Рисунок 1.2 – Лиття за виплавними моделями

1.3.5 Розрахунок маси і коефіцієнтів використання матеріалу для обох варіантів заготовки

Маса заготовки визначаємо по 3D кресленню заготовки.

Матеріал Сталь 30Л ГОСТ 1050-2013

Густина $R_0 = 0.007820 \text{ г/мм}^3$

Маса $Q_{заг} = 821.560076 \text{ г}$

Площа $S = 20037.139673 \text{ мм}^2$

Об'єм $V = 105058.833244 \text{ мм}^3$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 0,62 / 0,821 = 0,755$$

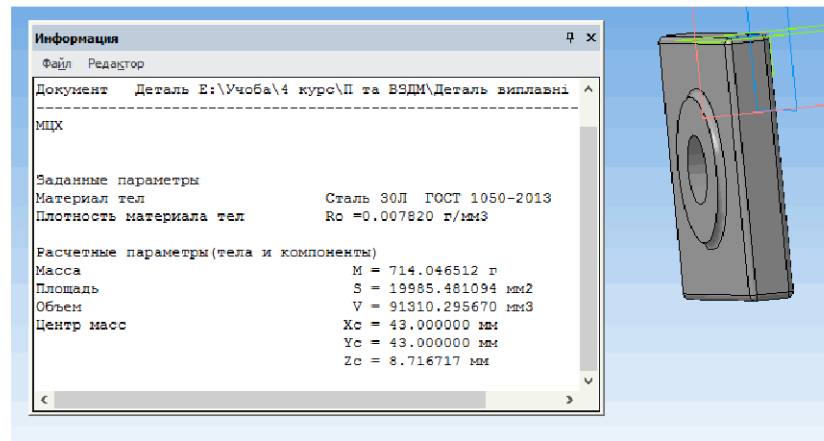


Рисунок 1.3 – Лиття за виплавними моделями

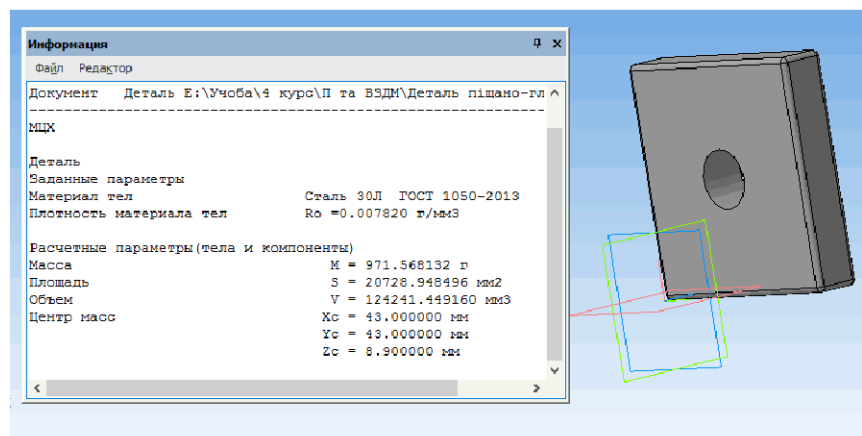


Рисунок 1.4 – Лиття в піцано – глинисті форми

Матеріал Сталь 35 ГОСТ 1050-2013

Густина $R_o = 0.007820 \text{ г/мм}^3$

Маса $Q_{\text{заг}} = 900.401720 \text{ г}$

Площа $S = 18705.875793 \text{ мм}^2$

Об'єм $V = 115140.884944 \text{ мм}^3$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки:

$$\gamma = Q_{дет} / Q_{заг} = 0,62 / 0,900 = 0,689$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу при литті за виплавними моделями більший, ніж при литті в піщано – глинисті форми, - тобто менше матеріалу знімається у вигляді стружки з поверхонь заготовки при механічній обробці. Проте, коефіцієнт використання матеріалу в обох випадках виходить за допустимі межі (набагато менший за необхідний).

1.3.6 Розрахунок вартості виготовлення заготовки

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі. Для того, щоб надати перевагу якомусь способу литтю необхідно визначити вартість заготовок.

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{заг.лит} = \frac{Q_{заг}}{1000} \cdot C_{л} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - \frac{(Q_{заг} - Q_{дет})}{1000} \cdot C_{відх}, [\text{грн}] \quad (1.9)$$

де $C_{л}$ – базова вартість 1т заготовок, грн., вибираємо згідно [8], враховуючи спосіб одержання литої заготовки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок, вибираємо згідно [8], враховуємо спосіб лиття, матеріал заготовки і клас розмірної точності;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки, вибираємо згідно [8];

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, вибираємо згідно [3]. Дана деталь не складної конфігурації і можна віднести до 2 групи складності, також враховуємо спосіб лиття і матеріал заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно [8];

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, тобто розміру річної програми випуску заготовок, вибираємо згідно [8]. Попередньо визначаємо групу серійності в залежності від способу лиття, маси виливків і об'єму виробництва

згідно [8]. При литті в піщано-глинисту-форму і облицьований кокіль – 2 група серійності;

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1 т. відходів, для чавуну $C_{\text{відх}} = 22400$ грн.

Таблиця 1.10 – Коефіцієнти для розрахунку маси заготовки

Коефіцієнти	Лиття в піщано – глинисті форми	Лиття за виплавними моделями
C_L	46800	96000
K_T	1,5	1,0
K_M	1,22	1,0
K_C	0,7	0,86
K_B	1,07	0,7
K_{II}	0,5	0,83

Лиття в піщано – глинисті форми:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{0,971 \cdot 46800 \cdot 1,5 \cdot 1,22 \cdot 0,7 \cdot 1,07 \cdot 0,5}{1000} - \frac{(0,971 - 0,62) \cdot 22400}{1000} = 23,281 \text{ (грн)}$$

Лиття за виплавними моделями:

$$C_{\text{заг.лит}} = \frac{0,821 \cdot 96000 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,86 \cdot 0,7 \cdot 0,83}{1000} - \frac{(0,821 - 0,62) \cdot 22400}{1000} = 34,878 \text{ (грн)}$$

Після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість литої заготовки при литті в піщано – глинисті форми менша, ніж при литті в за виплавними моделями. Для прийняття остаточного рішення відносно вибору варіанта одержання заготовки, крім вартості заготовок, коефіцієнта використання матеріалу та вагової точності потрібно порівняти маршрути механічної обробки деталі. Якщо є операції, які відрізняються внаслідок різних способів одержання заготовки, то собівартість їх виконання потрібно включити у вартість відповідної заготовки. Тобто, тоді повна собівартість заготовки:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{заг.лит}} + \sum C_{\text{обр.}} \text{ (грн)} \quad (1.10)$$

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

$$\sum C_{\text{обр.}} = C_{\text{п-з}} \cdot \frac{T_{\text{шт-к(шт)}}}{60K_e} \text{ (грн)}, \quad (1.11)$$

де $C_{\text{п-з}} = 37,9$ грн./год.

$K_e \approx 1,3$ – коефіцієнт виконання норм;

Для розрахунку $T_{\text{шт.-к.}}$ використовуємо формулу (1.2)

$T_{\text{шт.-к.}}$ – штучно-калькуляційний час на операцію і розраховується згідно формули:

$\varphi_k = 1,36$ – вибирається згідно типу верстату (Токарний верстат 16К20Ф3), а також типу виробництва;

T_0 – основний технологічний час при чорновій обробці розраховується за формулою попередня обробка для розміру $\varnothing 50$:

$$T_0 = 0,17 \cdot d \cdot l = 0,17 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,0255 \text{ (хв)}$$

$$T_{\text{шт.-к.}} = T_0 \cdot \varphi_k = 0,0255 \cdot 1,36 = 0,03468 \text{ (хв)}$$

T_0 – основний технологічний час при чорновій обробці розраховується за формулою розточування попередньо для розміру $\varnothing 73$:

$$T_0 = 0,18 \cdot d \cdot l = 0,18 \cdot 73 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0,05256 \text{ (хв)}$$

$$T_{\text{шт.-к.}} = T_0 \cdot \varphi_k = 0,05256 \cdot 1,36 = 0,0714816 \text{ (хв)}$$

$$\sum C_{\text{обр.}} = C_{\text{п-з}} \cdot \frac{T_{\text{шт-к(шт)}}}{60K_e} = 37,9 \cdot \frac{(0,03468 + 0,0714816)}{60 \cdot 1,3} = 0,05158 \text{ (грн)}$$

Остаточно собівартість заготовки, отриманої литтям в піщано – глинисті форми, дорівнюватиме:

$$C_{\text{заг.}} = 23,281 + 0,05158 = 23,33258 \text{ (грн)}$$

Економічний ефект двох варіантів виготовлення заготовки

$$E = C_{\text{заг.виплавними мод.}} - C_{\text{заг.піщано-гл.}} = 34,878 - 23,332 = 11,546 \text{ (грн)}$$

В результаті розрахунків в нас вийшло, що коефіцієнт використання матеріалу при литті за *виплавними моделями* більший, ніж при литті в *піщано – глинисті форми* (маса стружки при литті в піщано – глинисту форму буде більша, ніж при литті за виплавними моделями). Порівнявши розраховану вартість для 2-х способів лиття, отримали - що вартість заготовки при литті в піщано - глинисту форму дещо менша вартості заготовки при литті за виплавними моделями. Як основний метод виготовлення заготовки вибираємо - лиття в піщано – глинисту форму з машинним формуванням суміші по металевих моделях.

1.4 Розробка маршруту механічної обробки

1.4.1 Розрахунок кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 73H7$.

Допуск заготовки – $T_z = 3200 \text{ мкм}$;

Допуск деталі – $T_d = 35 \text{ мкм}$;

Загальне уточнення

$$\varepsilon_z = \frac{T_{\text{заг.}}}{T_{\text{дет.}}} = \frac{3200}{35} = 91.43.$$

Для забезпечення необхідної точності обробки приймаємо три переходи. Відповідно до рекомендацій приймаємо ступені уточнення на переходи механічної обробки [9]:

- на першій $\varepsilon_1 = 5 \dots 6$;
- на другій $\varepsilon_2 = 1,5 \dots 3$;
- на третій $\varepsilon_3 = 1,2 \dots 2$ и т.д.

Допуск розміру деталі:

- після першого переходу:

$$T_1 = \frac{T_{заг.}}{\varepsilon_1} = \frac{3200}{6} = 533,3 \text{ (мкм) (IT 12)};$$

- після другого переходу:

$$T_2 = \frac{T_1}{\varepsilon_2} = \frac{533}{3} = 177,7 \text{ (мкм) (IT 9)};$$

- після третього переходу:

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{177,77}{3} = 59,26 \text{ (мкм) (IT 8)};$$

- після четвертого переходу:

$$T_3 = \frac{T_2}{\varepsilon_3} = \frac{56,26}{1,69} = 35 \text{ (мкм) (IT 7)};$$

Водячи з виконаних розрахунків призначаємо способи механічної обробки:

- перший перехід – попереднє розточування;
- другий перехід – попереднє розточування;
- третій перехід – попереднє розточування;
- четвертий перехід – остаточне розточування.

Решта циліндричних поверхонь обробляються за один прохід.

1.4.2 Вибір чорнових та чистових технологічних

При виборі чорнових баз має вирішуватися одна із двох задач: зняття рівномірного мінімального припуску при подальшій механічній обробці або зв'язок оброблених і необроблених поверхонь.

Розглянемо операцію 005. На цій операції слід підготувати поверхні для базування на інших операціях. Проаналізувавши деталь можна стверджувати, що на першій операції ми виконуємо одну з двох задач.

Заготовку базуємо по необробленим (чорновим) поверхням одноразово з тим, щоб зменшити похибку базування на наступних операціях.

В даному випадку вирішується друга задача, оскільки заготовка закріплюється в двокулачковому патроні за зовнішню поверхню, яка в подальшому не буде оброблятися.

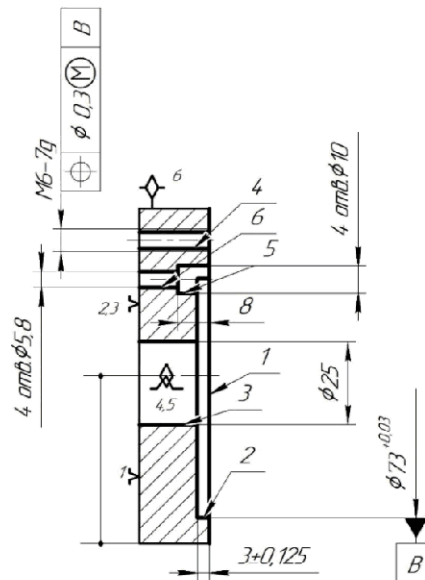


Рисунок 1.5 – Схема базування на операції 005

Таблиця 1.11 – Визначення похибки базування на операції 005

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Комбінована з ЧПК	$\varnothing 73, \varnothing 25, \varnothing 10, \varnothing 5,8, M6$	Відсутня	Діаметральний розмір
	8, $3_{\pm 0.125}$	Відсутня	Обробка з одного установка
	$\oplus \varnothing 0,3 (M) B$	Відсутня	Обробка з одного установка

При виборі чистових баз ми маємо мінімізувати похибку базування на отримувані розміри.

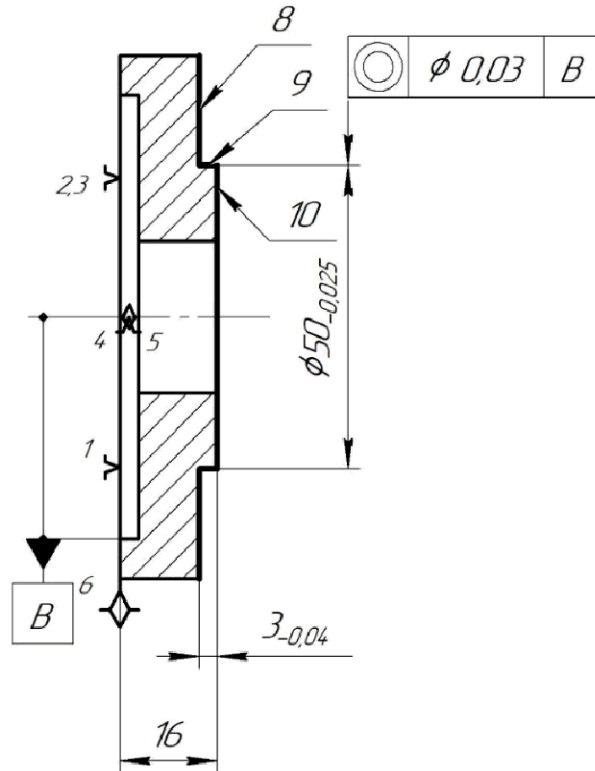
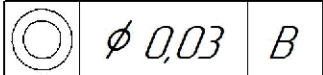


Рисунок 1.6 – Схема базування на операції 010

Таблиця 1.12 – Визначення похибки базування на операції 010

Назва операції	Розмір чи вимога точності	Відсутність чи наявність похибки базування	Фактор, який забезпечує відсутність чи зумовлює наявність похибки базування
Комбінована з ЧПК	Ø50	Відсутня	Діаметральний розмір
	16, 3 _{-0,04}	Відсутня	Обробка з одного установка
			Відсутня

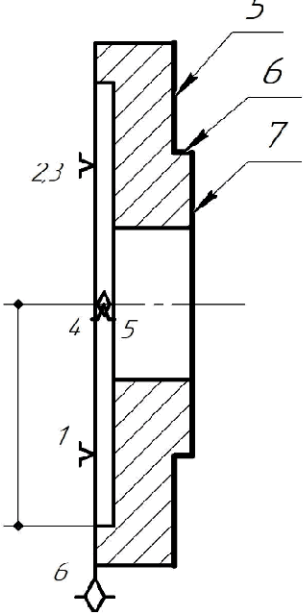
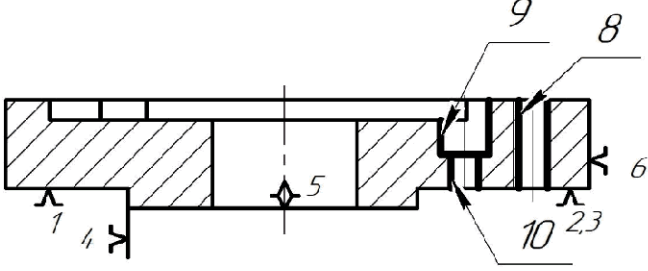
1.4.3 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Спроектовано маршрут два варіанти маршруту механічної обробки деталі «Фланець 01.17», які представлені у таблиці 1.12, 1.13.

Таблиця 1.13 – Маршрут механічної обробки деталі Фланець 01.17 (варіант 1)

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстата
1	2	3	4
005	<p>Токарно – револьверний з ЧПК</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2. Підрізання торця попередньо. 1</p> <p>2. Підрізання торця попередньо. 1</p> <p>3. Розточити поверхню 2,4 попередньо, а поверхню 3 одноразово</p> <p>4. Розточувати поверхню 2,4 попередньо. 2,4</p> <p>5. Розточувати поверхню 2,4 попередньо. 2,4</p> <p>6. Підрізання торця остаточно 1</p> <p>7. Розточувати поверхню остаточно. 2,4</p> <p>8. Зняти заготовку</p>		Токарно – револьверний НТ160

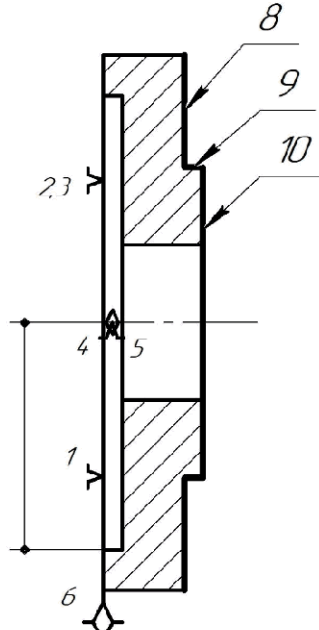
Продовження таблиці 1.13

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстата
010	<p>Токарно – револьверний з ЧПК</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2. Точити поверхні 5, 6, попередньо, а поверхню 7 одноразово.</p> <p>3. Точити поверхні 5, 6 попередньо.</p> <p>4. Точити поверхні 5, 6 остаточно.</p> <p>5. Зняти заготовку</p>	 <p>The drawing shows a vertical shaft with several features. Label 1 points to a chamfered end. Label 4 indicates a diameter. Label 5 points to a section of the shaft. Label 6 points to a diameter at the bottom. Label 7 points to a step or groove. Label 23 indicates a chamfered edge.</p>	Токарно – револьверний НГ160
015	<p>Вертикально-фрезерний з ЧПК</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2. Центрувати поверхні 8, 9, 10</p> <p>3. Свердлити поверхні 8.</p> <p>4. Свердлити поверхні 10.</p> <p>5. Цекувати поверхню 9.</p> <p>4. Нарізати різь М6-7g.</p> <p>6. Зняти заготовку</p>	 <p>The drawing shows a horizontal shaft with several features. Label 1 points to a chamfered end. Label 4 indicates a diameter. Label 5 points to a diameter. Label 6 points to a diameter. Label 8 points to a diameter. Label 9 points to a diameter. Label 10 points to a diameter. Label 23 indicates a chamfered edge.</p>	ЛГ260МФ3

Таблиця 1.14 – Маршрут механічної обробки деталі Фланець 01.17 (варіант 2)

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстата
1	2	3	4
005	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Підрізання торця 1 попередньо. 3. Підрізання торця 1 попередньо. 4. Центрувати поверхні 5,6,7 5. Свердлити поверхні 5. 6. Свердлити поверхні 7. 7. Цекувати поверхню 6 8. Нарізати різь М6-7g в отворі 5. 9. Розточити поверхню 2,4 попередньо, а поверхню 3 одноразово 10. Розточувати поверхню 2,4 попередньо. 11. Розточувати поверхню 2,4 попередньо. 12. Підрізання торця 1 остаточно 13. Розточувати поверхню 2,4 остаточно. 14. Зняти заготовку 		Багатоцільовий ПП420ПФ40

Продовження таблиці 1.14

1	2	3	4
010	<p>Токарно – револьверний з ЧПК</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2. Точити поверхні 8,9 попередньо, а поверхню 10 одноразово.</p> <p>3. Точити поверхні 8,9 попередньо.</p> <p>4. Точити поверхні 8,9 остаточно.</p> <p>5. Зняти заготовку</p>		Токарно – револьверний НТ160

1.4.3.1 Порівняння маршрутів механічної обробки і вибір кращого з них за мінімумом зведених затрат

Для того, щоб обґрунтовано визначити, який з маршрутів механічної обробки являється оптимальним, необхідно наближено обчислити величину економічного ефекту, що виникає при порівнянні двох маршрутів обробки деталі в межах вказаного типу виробництва [10].

$$E = \frac{(C_0^1 - C_0^2) \cdot N}{100} \text{ [грн]}, \quad (1.12)$$

де N – програма випуску деталей за рік.

Для цього необхідно визначити цехову собівартість кожної з операцій порівнюваних маршрутів. При цьому необхідно зазначити, що величина

собівартості обраховується лише для тих операцій, які відрізняють порівнювані маршрути обробки.

Собівартість операції визначається за формулою:

$$C_0 = \frac{C_{н.з.} \cdot t_{ум-к}}{60 \cdot K_e} [\text{грн}], \quad (1.13)$$

де $C_{н.з.}$ - це приведені годинні цехові витрати (одна година роботи верстата в даних умовах);

K_e - коефіцієнт виконання норм, що рівний здебільшого 1,3;

$t_{ум-к}$ - штучно-калькуляційний час даної операції (1.2)

Два запропонованих варіанта маршруту механічної обробки відрізняються кількістю робочих операцій: для маршруту механічної обробки №1 (операція 005) використовують токарно – револьверний верстат з ЧПК, для маршруту механічної обробки №2 (операція 005) використовують багатоцільовий верстат, а також для маршруту механічної обробки №1 (операція 015) використовують вертикально фрезерний верстат з ЧПК.

Цехової собівартості для маршруту механічної обробки №1, токарно – револьверний верстат з ЧПК НТ160, на операції 005 становитиме 47,5 грн./год
вертикально – фрезерний верстат з ЧПК ЛТ260МФ3, на операції 015 становитиме 86,3 грн./год. для даного типу верстату;

Цехової собівартості для маршруту механічної обробки №1, багатоцільовий верстат з ЧПК 1П420ПМФ40, на операції 005 становитиме 48,1 грн./год. для даного типу верстату.

Тепер визначаємо величини штучно-калькуляційного часу:

Маршрут механічної обробки №1:

Операція 005– $T_0 = 0,000045 \cdot D(D-d) + 0,000045 D(D-d) + 0,000068Dl + 0,00019Dl + 0,000068Dl + 0,000068Dl + 0,00011D(D - d) + 0,00019Dl = 0,000045 \cdot 86(86-73) + 0,000045 \cdot 86(86-$

$$73)+0,000068(73.3+25.13)+0,00019(25.13)+0,000068(73.3+25.13+73.3+25.13)+0,00011.86(86-73)+0,00019(73.3+25.13)=0,499$$

$$\text{Операція } 015 - T_0 = 0,00056 \cdot d \cdot l + 0,00056 \cdot d \cdot l + 0,00056 \cdot d \cdot l + \frac{1}{t_p} 0,00063 D l = 0,00056(5 \cdot 13.4 + 5,8 \cdot 13.4 + 10.8 \cdot 4) + 0,00063 \cdot 6 \cdot 13.4 = 0,719$$

Маршрут механічної обробки №2:

$$\begin{aligned} \text{Операція } 005 - T_0 &= 0,000045 \cdot D(D-d) + 0,000045 D(D-d) + 0,00056 \cdot d \cdot l + \\ &0,00056 \cdot d \cdot l + 0,00056 \cdot d \cdot l + \frac{1}{t_p} 0,00063 D + 0,000068 D l + 0,00019 D l + 0,000068 D l + \\ &0,000068 D l + 0,00011 D(D-d) + 0,00019 D l = 0,000045 \cdot 86(86-73) + 0,000045 \cdot 86(86- \\ &73) + 0,00056(6 \cdot 13.4 + 5,8 \cdot 13.4 + 10.8 \cdot 4) + 0,00063 \cdot 6 \cdot 13.4 + 0,000068(73.3 + 25.13 + 73.3 + 25. \\ &13) + 0,00011 \cdot 86(86-73) + 0,00019(73.3 + 25.13) = 1,218 \end{aligned}$$

Маршрут механічної обробки №1:

$$\text{Операція } 005 - t_{\text{ум-к}} = 1,17 \cdot 0,499 = 0,583 \text{ (хв.)},$$

$$\text{Операція } 015 - t_{\text{ум-к}} = 1,17 \cdot 0,719 = 0,841 \text{ (хв.)}.$$

Маршрут механічної обробки №2:

$$\text{Операція } 005 - t_{\text{ум-к}} = 1,17 \cdot 1,218 = 1,425 \text{ (хв.)},$$

Тепер визначаємо собівартість тих операцій, що притаманні для маршруту механічної обробки №1:

$$C_{005} = \frac{47,5 \cdot 0,583}{60 \cdot 1,3} = 0,355 \text{ (грн.)},$$

$$C_{020} = \frac{86,3 \cdot 0,841}{60 \cdot 1,3} = 0,930 \text{ (грн.)},$$

$$C_{005+015} = C_{005} + C_{015} = 0,355 + 0,930 = 1,285 \text{ (грн.)}$$

Тепер визначаємо собівартість тих операцій, що притаманні для маршруту механічної обробки №2:

$$C_{005} = \frac{47,5 \cdot 1,425}{60 \cdot 1,3} = 0,867 \text{ (грн.)},$$

Таким чином раціональним буде обрати маршрут механічної обробки №2, який з економічної точки зору потребує менших витрат.

1.4.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

Вибір розташування технологічних розмірів

Технологічні розміри доцільно розміщувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими. В таких випадках немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів. Це можливо тоді, коли технологічні бази співпадають з вимірювальними або поверхні, між якими заданий конструкторський розмір оброблюється на одній операції.

В решті випадків технологічні розміри необхідно проставляти від технологічних баз і при побудові розмірних ланцюгів, ці розміри будуть складовими ланками. Розмір, що буде отриманий в ході виконання операції буде замикаючою ланкою.

1.4.4.1 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Таблиці економічної точності на металорізальних верстатах наведені у відповідних таблицях. Згідно цим таблицям середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.

Таблиця 1.15 – Значення допусків технологічних розмірів

Вихідна заготовка		
Розмір	Клас розмірної точності	Допуск, мм
Z_1	7T	0,8
Механічна обробка		
Технологічний розмір	Квалітет точності	Допуск, мм
B_1	14	0,43
B_2	14	0,43
B_3	14	0,36
B_4	14	0,43
B_5	14	0,43
B_6	14	0,43
B_7	14	0,43
B_8	11	0,11
B_9	8	0,04

Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів. Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу.

1.4.4.2 Розмірна схема технологічного процесу

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу та виявлення технологічних розмірних ланцюгів. На розмірній схемі вказуються конструкторські розміри, припуски та технологічні розміри. Визначені допуски використовуються при подальших розрахунках технологічних розмірів.

1.4.4.3 Похідний, вихідний графи-дерева, суміщений граф

Похідний, вихідний графи - дерева, суміщений граф

Деталь у процесі її виготовлення доцільно розглядати як геометричну структуру, яка складається з багатьох поверхонь та зв'язків (розмірів) між ними. Тому таку структуру доцільно вивчати за допомогою графів.

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1K_2\dots$ і припусків називається вихідним графом (деревом). Вершинами усіх трьох графів є площини або осі циліндричних поверхонь заготовки і деталі. Ребрами вихідного графа-дерева є конструкторські розміри і припуски. Ребрами похідного графа-дерева є розміри, які визначаються в результаті виконання розмірного аналізу, а саме технологічні розміри і розміри вихідної заготовки.

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1K_2\dots$ і припусків називається вихідним графом (деревом).

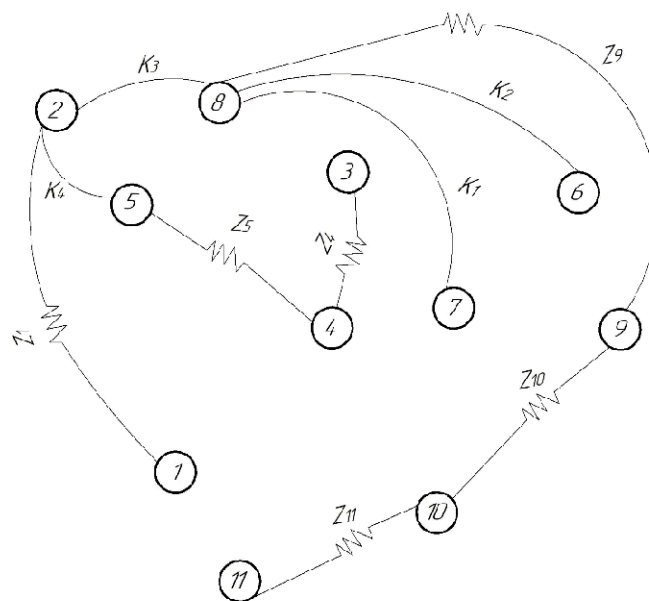


Рисунок 1.8 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів $B_1B_2\dots$ і розмірів заготовки $Z_1Z_2\dots$ називається похідним графом.

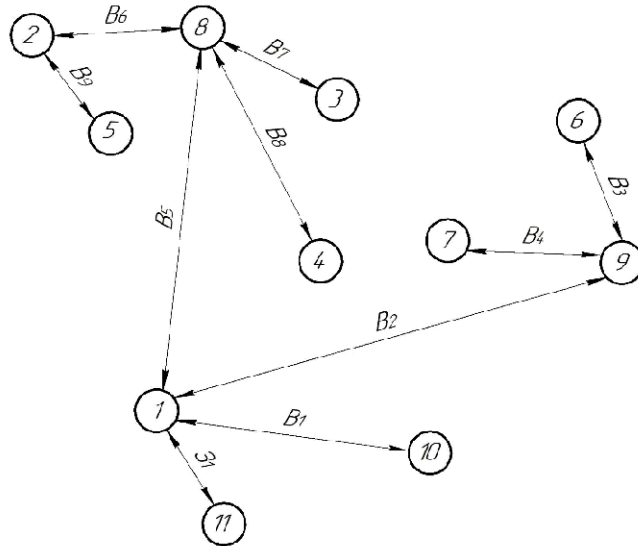


Рисунок 1.9 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

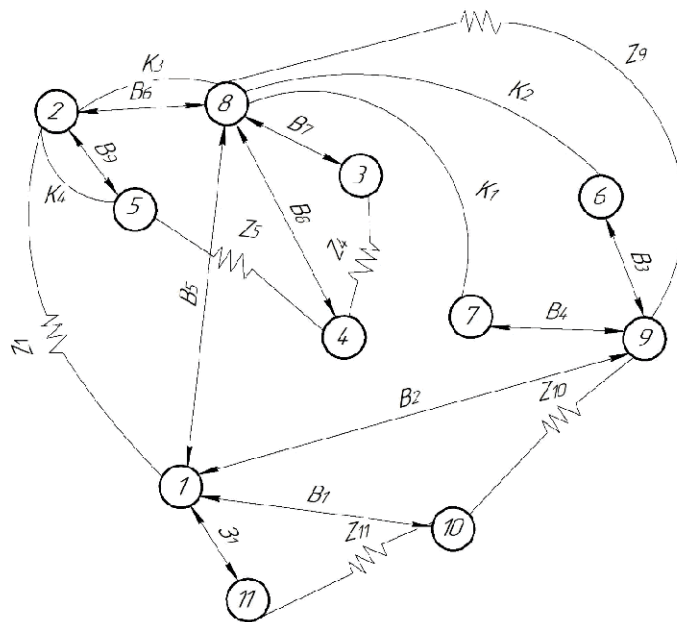


Рисунок 1.10 – Суміщений граф-дерево

1.4.4.4 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Проміжні мінімальні припуски визначаємо нормативним способом згідно таблиць.

Дані припусків зводимо в таблицю 1.16.

Таблиця 1.16 – Проміжні мінімальні припуски

Припуски	Z_2	Z_4	Z_5	Z_9	Z_{10}	Z_{11}
Z_{\min}	1,5	1,5	0,8	0,8	1,5	1,5

1.4.4.5 Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 1.17 – Рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$-K_3 + B_6 = 0$	$K_3 = B_6$	B_6
2	$-K_4 + B_9 = 0$	$K_4 = B_9$	B_9
3	$-Z_5 + B_8 - B_6 + B_9 = 0$	$Z_5 = B_8 - B_6 + B_9$	B_8
4	$-Z_4 + B_7 - B_8 = 0$	$Z_4 = B_7 - B_8$	B_7
5	$-Z_2 + B_5 - B_6 = 0$	$Z_2 = B_5 - B_6$	B_5
6	$-Z_9 - B_5 + B_2 = 0$	$Z_9 = B_2 - B_5$	B_2
7	$-Z_{10} - B_2 + B_1 = 0$	$Z_{10} = B_1 - B_2$	B_1
8	$-Z_{11} - B_1 + Z_1 = 0$	$Z_{11} = Z_1 - B_1$	Z_1
9	$-K_2 + B_3 - B_2 + B_5 = 0$	$K_2 = B_3 - B_2 + B_5$	B_3
10	$-K_1 + B_4 - B_2 + B_5 = 0$	$K_1 = B_4 - B_2 + B_5$	B_4

1.4.4.6. Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки

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

- $B_6 = K_3 = 16 \pm 0,215(\text{мм});$
- $B_9 = K_4 = 3_{-0,04}(\text{мм});$
- $Z_{5 \min} = B_{8 \min} - B_{6 \max} + B_{9 \min}[\text{мм}];$

$$B_{8\min} = Z_{5\min} + B_{6\max} - B_{9\min} = 0,8 + 16,215 - 2,96 = 14,055 \text{ (MM)};$$

$$B_{8\max} = B_{8\min} + IT(B_8) = 14,055 + 0,11 = 14,165 \text{ (MM)};$$

$$B_{8\text{HOM}} = \frac{B_{8\max} + B_{8\min}}{2} = \frac{14,165 + 14,0155}{2} = 14,11 \text{ (MM)};$$

$$B_8 = 14,11 \pm 0,055 \text{ (MM)};$$

$$Z_{5\max} = B_{8\max} - B_{6\min} + B_{9\max} = 14,165 - 15,785 + 3 = 1,38 \text{ (MM)}$$

$$4. Z_{4\min} = B_{7\min} - B_{8\max} \text{ [MM]};$$

$$B_{7\min} = Z_{4\min} + B_{8\max} = 1,5 + 14,165 = 15,665 \text{ (MM)};$$

$$B_{7\max} = B_{7\min} + IT(B_7) = 15,665 + 0,43 = 16,095 \text{ (MM)};$$

$$B_{7\text{HOM}} = \frac{B_{7\max} + B_{7\min}}{2} = \frac{16,095 + 15,665}{2} = 15,88 \text{ (MM)};$$

$$B_7 = 15,88 \pm 0,215 \text{ (MM)};$$

$$Z_{4\max} = B_{7\max} - B_{8\min} = 16,095 - 14,055 = 2,04 \text{ (MM)};$$

$$5. Z_{2\min} = B_{5\min} - B_{6\max} \text{ [MM]};$$

$$B_{5\min} = Z_{2\min} + B_{6\max} = 1,5 + 16,215 = 17,715 \text{ (MM)};$$

$$B_{5\max} = B_{5\min} + T(B_5) = 17,715 + 0,43 = 18,145 \text{ (MM)};$$

$$B_5 = 18,145^{+0,43} \text{ (MM)};$$

$$Z_{2\max} = B_{5\max} - B_{6\min} = 18,145 - 15,785 = 2,36 \text{ (MM)};$$

$$6. Z_{9\min} = B_{2\min} - B_{5\max} \text{ [MM]};$$

$$B_{2\min} = Z_{9\min} + B_{5\max} = 0,8 + 18,145 = 18,945 \text{ (MM)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 18,945 + 0,43 = 19,375 \text{ (MM)};$$

$$B_2 = 19,375^{+0,43} \text{ (MM)};$$

$$Z_{9\max} = B_{2\max} - B_{5\min} = 19,375 - 17,715 = 1,66 \text{ (MM)};$$

$$7. Z_{10\min} = B_{1\min} - B_{2\max} \text{ [MM]};$$

$$B_{1\min} = Z_{10\min} + B_{2\max} = 1,5 + 19,375 = 20,875 \text{ (MM)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 20,875 + 0,43 = 21,305 \text{ (MM)};$$

$$B_1 = 21,305^{+0,43} \text{ (MM)};.$$

$$Z_{10\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 21,305 - 18,945 = 1,36 \text{ (MM)};$$

$$8. Z_{11\min} = Z_{1\min} - B_{1\max} \text{ [MM]};$$

$$Z_{1\min} = Z_{11\min} + B_{1\max} = 1,5 + 21,305 = 22,805 \text{ (MM)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + T(Z_1) = 22,805 + 0,8 = 23,605 \text{ (MM)};$$

$$Z_{1\text{ном}} = Z_{1\text{ср}} \frac{Z_{1\max} + Z_{1\min}}{2} = \frac{23,605 + 22,805}{2} = 23,205 \text{ (MM)};$$

$$Z_1 = 23,205 \pm 0,4 \text{ (MM)};$$

$$Z_{11\max} = Z_{1\max} - B_{1\min} = 23,605 - 20,875 = 2,73 \text{ (MM)};$$

$$9. K_{2\min} = B_{3\min} - B_{2\max} + B_{5\min} \text{ [MM]};$$

$$B_{3\min} = K_{2\min} + B_{2\max} - B_{5\min} = 7,64 + 19,375 - 17,715 = 9,3 \text{ (MM)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 9,3 + 0,36 = 9,66 \text{ (MM)};$$

$$B_{3\text{ном}} = \frac{B_{3\max} + B_{3\min}}{2} = \frac{9,66 + 9,3}{2} = 9,48 \text{ (MM)};$$

$$B_3 = 9,48 \pm 0,18 \text{ (MM)};$$

$$K_{2\max} = B_{3\max} - B_{2\min} + B_{5\max} = 9,66 - 18,945 + 18,145 = 8,86 \text{ (MM)};$$

Виконаєм перевірку можливості забезпечення точності конструкторського розміру K_2 . Оскільки складових ланок три (технологічні розміри B_3 , B_2 , B_5), то застосовуємо імовірнісний метод.

$$\delta(K_2) = t \cdot \sqrt{T(B_3 \cdot \lambda)^2 + T(B_2 \cdot \lambda)^2 + T(B_5 \cdot \lambda)^2} \quad (1.14)$$

$$t=1, \lambda = 0,33.$$

$$\delta(K_2) = 1 \cdot \sqrt{(0,36 \cdot 0,33)^2 + (0,43 \cdot 0,33)^2 + (0,43 \cdot 0,33)^2} = 0,28$$

$$\delta(K_2) \leq T(K_2)$$

$$0,28 \leq 0,36$$

Оскільки поле розсіювання $\delta(K_2) = 0,28$ менше за поле допуску $T(K_2) = 0,36$, то буде забезпечуватися відповідна точність.

$$10. K_{1\min} = B_{4\min} - B_{2\max} + B_{5\min} \text{ [MM]};$$

$$B_{4\min} = K_{1\min} + B_{2\max} - B_{5\min} = 2,875 + 19,375 - 17,715 = 4,535 \text{ (MM)};$$

$$B_{4\max} = B_{4\min} + T(B_4) = 4,535 + 0,43 = 4,965 \text{ (MM)};$$

$$B_{4 \text{ ном}} = \frac{B_{4 \text{ max}} + B_{4 \text{ min}}}{2} = \frac{4,965 + 4,535}{2} = 4,75 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = 4,75 \pm 0,215 \text{ (мм)};$$

$$K_{1 \text{ max}} = B_{4 \text{ max}} - B_{2 \text{ min}} + B_{5 \text{ max}} = 4,965 - 18,945 + 18,145 = 4,165 \text{ (мм)};$$

Виконаєм перевірку можливості забезпечення точності конструкторського розміру K_1 . Для цього визначимо поле розсіювання цього розміру. Оскільки складових ланок три (технологічні розміри B_4 , B_2 , B_5), то застосуємо імовірнісний метод. (5.4)

$$\delta(K_1) = 1 \cdot \sqrt{(0,43 \cdot 0,33)^2 + (0,43 \cdot 0,33)^2 + (0,43 \cdot 0,33)^2} = 0,24$$

$$\delta(K_1) \leq T(K_1)$$

$$0,24 \geq 0,04$$

Оскільки умова не виконується.

Таблиця 1.18– Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Познач розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру	
	мін.	макс.			у технологічній документі	на кресленні вихідної заготовки
B_1	20,875	21,305	0,43	21,305	$21,305^{+0,43}$	-
B_2	18,945	19,375	0,43	19,375	$19,375^{+0,43}$	-
B_3	9,3	9,66	0,36	9,48	$9,48 \pm 0,18$	-
B_4	4,535	4,965	0,43	4,75	$4,75 \pm 0,215$	-
B_5	17,715	18,145	0,43	18,145	$18,145^{+0,43}$	-
B_6	15,785	16,215	0,43	16,43	$16 \pm 0,215$	-
B_7	15,665	16,095	0,43	15,88	$15,88 \pm 0,215$	-
B_8	14,055	14,165	0,11	14,11	$14,11 \pm 0,055$	-
B_9	2,96	3	0,04	3	$3_{-0,04}$	-
Z_1	22,805	23,605	0,8	23,205	-	$23,205 \pm 0,4$

Таблиця 1.19 – Максимальні припуски

Припуски	Z_2	Z_4	Z_5	Z_9	Z_{10}	Z_{11}
Z_{\max}	2,36	2,04	1,38	1,66	1,36	2,73

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

1.4.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 73H7$

Визначення значень R_z і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [10, 11], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні $R_z=100\text{мкм}$ $T=100\text{ мкм}$. Наступному переході відповідно 50 мкм, при чистовому точінні – $R_z=30\text{ мкм}$, $T=30\text{ мкм}$, при тонкому точінні - $R_z=5\text{мкм}$.

Розрахунковий припуск

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{i\min}=2(R_{z_{i-1}}+T_{i-1}+\rho_{i-1})[\text{мм}] \quad (1.15)$$

Мінімальний припуск під точіння:

Напівчистове розточування:

$$2Z_{1\min}=2(100+100)=2 \cdot 200 \text{ (мкм)}$$

Чистове розточування:

$$2Z_{1\min}=2(50+50)=2 \cdot 100 \text{ (мкм)}$$

Тонке розточування:

$$2Z_{2\min}=2(30+30)=2 \cdot 60 \text{ (мкм)}$$

Розрахункові розміри

При тонкому розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d=73,03(\text{мм})$$

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

Для чистового розточування:

$$d_1=73,03-2\cdot 0,06=72,91 \text{ (мм)}$$

для напівчистового розточування:

$$d_2=72,91-2\cdot 0,1=72,71 \text{ (мм)}$$

для чорнового розточування:

$$d_3=72,71-2\cdot 0,2=72,31 \text{ (мм)}$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до якості того чи іншого виду обробки:

Для тонкого точіння допуск складає 30 мкм, відповідно для 7 якості; для чистового точіння, відповідно для 8 якості, допуск складає 46 мкм, для попереднього точіння для 10 і 12 якостей допуск відповідно рівний – 190 і 350 мкм та для заготовки, що має 14 якість точності, допуск складає 740 мкм.

Граничні розміри

Мінімальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

Максимальні граничні розміри визначаються шляхом додавання до найменших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

Отже, для тонкого точіння:

$$2Z_{\min 4} = 73,03 - 72,91 = 0,12 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 4} = 73 - 72,864 = 0,136 \text{ (мм)}$$

Для чистового точіння:

$$2Z_{\min 3} = 72,91 - 72,81 = 0,1 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 3} = 72,864 - 72,62 = 0,244 \text{ (мм)}$$

Для напівчистового точіння:

$$2Z_{\min 2} = 72,81 - 72,61 = 0,2 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 2} = 72,62 - 71,87 = 0,75 \text{ (мм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 3. Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 4} - 2Z_{\min 4} = 0,136 - 0,12 = 0,016 \text{ (мм)}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 0,046 - 0,030 = 0,016 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 0,244 - 0,1 = 0,144 \text{ (мм)}$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 0,190 - 0,046 = 0,144 \text{ (мм)}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 0,75 - 0,2 = 0,55 \text{ (мм)}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 0,740 - 0,190 = 0,55 \text{ (мм)}$$

Отже всі розрахунки виконанні вірно і не потребують уточнення.

1.4.5.1 Визначення проміжних припусків за нормативами і розрахунок технологічних розмірів і максимальних припусків на механічну обробку решти циліндричних поверхонь.

В машинобудування використовують дослідно - статичний та розрахунково – аналітичний методи встановлення припусків на обробку. В попередньому розділі використано розрахунково-аналітичний метод, що базується на урахуванні конкретних умов виконання технологічного процесу обробки.

Згідно з дослідно-статичним методом загальні та проміжні припуски визначаються за таблицями, в яких узагальнено і систематизовано виробничі дані передових машинобудівних підприємств. Використовуючи даний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні [10].

Таблиця 1.20 – Проміжні припуски за нормативами

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 50h7$	Мінімальний припуск	Розрахунковий розмір	Допуск мм	Граничний розмір		Граничні значення припусків	
				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Чорнове розточування		50,295	250	50,295	50,545	-	-
Чистове розточування	2*100	50,095	100	50,095	50,195	2*100	2*175
Тонке розточування	2*60	49,975	25	49,975	50	2*60	2*97

Решта поверхонь утворюються однократною обробкою.

1.4.6 Визначення режимів різання для різних способів механічної обробки

Режими обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Режим різання металу містить такі основні елементи:

- глибину різання t , мм;
- подачу s , мм/об;
- швидкість різання v , м/хв (частота обертання шпинделя верстата n , об/хв, або число подвійних ходів n , подв. х/хв).

Елементи режимів різання повинні підібратися так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Ця вимога досягається використанням інструмента раціональної конструкції (правильно підібраний матеріал ріжучої частини, найвигідніша геометрія, достатня міцність і жорсткість), а також якщо верстат не обмежує його різальних властивостей.

Таким чином. режими різання встановлюються, виходячи з властивостей оброблюваної деталі, характеристики різального інструмента і верстата. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню чергу – швидкість різання. [11, 12]

Наведемо приклад розрахунку режимів різання за нормативами операції 010. При цьому знімаються припуски:

Поверхня 10 – припуск 1,6 мм;

поверхні 8 та 9 – припуски: 2,2; 1,1; 0,4 (мм).

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

$$S_{от1}=0,74 \text{ (мм/об);}$$

$$S_{от2}= 0,55 \text{ (мм)}$$

$$S_{от3}= 0,4 \text{ (мм)}$$

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

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8);

$$K_{SU}=1;$$

2 Коефіцієнт, що залежить від способу кріплення пластини (механічне кріплення);

$$K_{SP}=1,1;$$

3 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу:

$$K_{sm}=1,2;$$

4 Коефіцієнт, що залежить від стану поверхні:

$$K_{\text{сп}}=0,85;$$

5 Коефіцієнт, що враховує геометричні параметри різця:

$$K_{\text{сф}}=0,95;$$

6 Коефіцієнт, що враховує виліт різця:

$$K_{\text{сл}}=0,95.$$

7 Коефіцієнт, що враховує діаметр деталі:

$$K_{\text{SD}}=0,8.$$

Загальний коефіцієнт становить:

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

Відповідно подача складатиме:

$$S_{\text{ор1}}=0,74 \cdot 0,77=0,567 \text{ (мм/об);}$$

$$S_{\text{ор2}}=0,55 \cdot 0,767=0,421 \text{ (мм/об)}$$

Для чистового точіння поправочні коефіцієнти складають:

1 Коефіцієнт, що залежить від виду інструментального матеріалу (в даному випадкові Т14К8);

$$K_{\text{SU}}=1;$$

2 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу:

$$K_{sm}=1,2;$$

3 Коефіцієнт, що залежить від радіуса вершини різця:

$$K_{sr}=0,8;$$

4 Коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані:

$$K_{S\phi K}=0,95;$$

5 Коефіцієнт, що враховує виліт різця:

$$K_{SI}=0,9.$$

6 Коефіцієнт, що враховує квалітет оброблюваної деталі:

$$K_{SK}=1.$$

Загальний коефіцієнт становить:

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

Відповідно подача складатиме:

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

Швидкість різання визначається за таблицями і складає:

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

$$V_{\text{триз2}}=148 \text{ (м/хв)};$$

$$V_{\text{триз3}}=415 \text{ (м/хв)}.$$

При цьому потужність складає:

$$P_1=3,7 \text{ (кВт)};$$

$$P_2=3,4 \text{ (кВт)}.$$

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

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

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

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

4 Коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу K_{vm} рівен 1,3;

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

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

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

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

Загальний коефіцієнт складає:

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

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

Отже швидкість різання складатиме:

$$V_{\text{триз1}}=138 \cdot 0,7641=105,5 \text{ (м/хв.)};$$

$$V_{\text{триз2}}=148 \cdot 0,7641=113,1 \text{ (м/хв.);}$$

$$V_{\text{триз3}}=415 \cdot 0,917=380,555 \text{ (м/хв.).}$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.]} \quad (1.16)$$

Відповідно отримаємо:

$$n_3=1000 \cdot 105,5/3.14 \cdot 73= 176,84 \text{ (об/хв.);}$$

$$n_4=1000 \cdot 113,1/3.14 \cdot 73= 189,6 \text{ (об/хв.);}$$

$$n_5=1000 \cdot 380,555/3.14 \cdot 73=637,87 \text{ (об/хв.).}$$

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

$$N_1=176 \text{ (об/хв.);}$$

$$N_2=189 \text{ (об/хв.);}$$

$$N_3=637 \text{ (об/хв.).}$$

Хвилинна подача визначається за формулою:

$$S_M = n \cdot S_O \text{ [мм/хв.]} \quad (1.17)$$

В даному випадкові отримаємо:

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

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

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

Таблиця 1.21 - Режими різання

№ операції	Перехід	Глибина, мм	Прийнята подача, мм/об	Прийнята швидкість різання, м/хв	Частота обертання шпинделя, об/хв
Багатоцільова з ЧПК					
	2.Підрізання торця 1 попередньо.	2	1,6	502	800
	3. Підрізання торця 1 попередньо.	0,8	1,6	39,5	280
	4.Центрувати поверхні 5,6,7	0,14	0,14	22,5	1554
	5.Свердлити поверхні 5	2	0,24	26,54	1055
	6.Свердлити поверхні 7.	2,9	0,2	12,1	355
	7. Цекувати поверхню 6	5	0,2	12,1	355
	8.Нарізати різь М6-7g в отворі 5.	1,0	1,0	7,92	580
	9.Розточити поверхню 2,4 попередньо, а поверхню 3 одноразово	2	1,6	502	800
	10.Розточувати поверхню 2,4 попередньо.	0,8	1,6	39,5	800
	11.Розточувати поверхню 2,4 попередньо.	0,3	1,6	502	800
	12.Підрізання торця 1 остаточно	0,45	0,421	480	1200
	13.Розточувати поверхню 2,4 остаточно.	0,15	0,421	113,1	189
Токарно – револьвернийз ЧПК					
	2.Точити пов. 8,9 попередньо,а поверхню 10 одноразово	2,2	0,567	105	1746
	3.Точити поверхні 8,9 попередньо	1,1	0,421	113	189
	4.Точити поверхні 8,9 остаточно	0,4	0,325	380	637

В першому розділі встановлено, що деталь «Фланець 01.17» є технологічною. Визначний серійний тип виробництва дозволив більш якісно спроектувати варіанти виготовлення заготовок, з яких на основі розрахованих техніко-економічних показників, як заготовку для майбутньої деталі було обрано лиття у піщано – глинисті форми з машинним формуванням суміші по металевих моделях.

В роботі розроблено алгоритм обробки деталі та технологічний процес механічної обробки з розрахунками проміжних припусків та режимів різання.

2 РОЗРОБКА РОБОЧОГО МІСЦЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ФЛАНЕЦЬ 01.17»

2.1 Розробка тривимірної моделі деталі

Тривимірну модель деталі «Фланець 01.17» виконується у САД-системі КОМПАС V16, яка відноситься до класу САД -систем (Computer Aided Design). Система призначення для виконання дво та тривимірного моделювання, застосування елементів автоматизації технологічної підготовки тощо [13].

Для побудови основи тривимірної моделі деталі «Фланець 01.17» було послідовно використано операцію обертання і в якості ескізу були взяті прямокутні торці деталі. Ескізи та результат роботи операції представлено на рис. 2.1, 2.2.

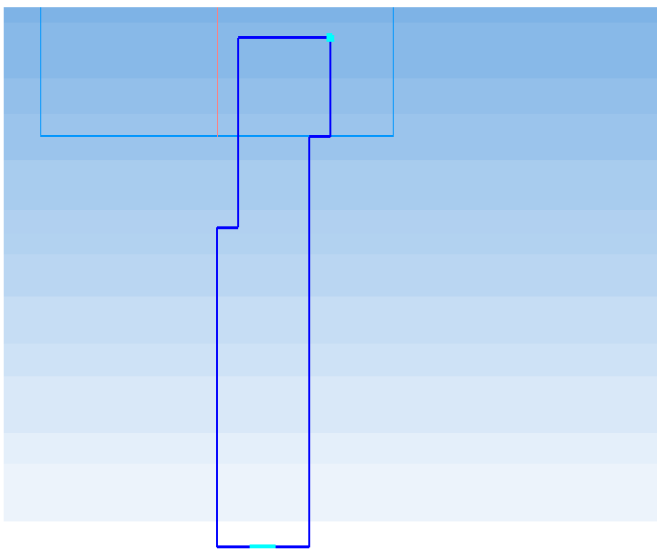


Рисунок 2.1 – Ескіз основи деталі

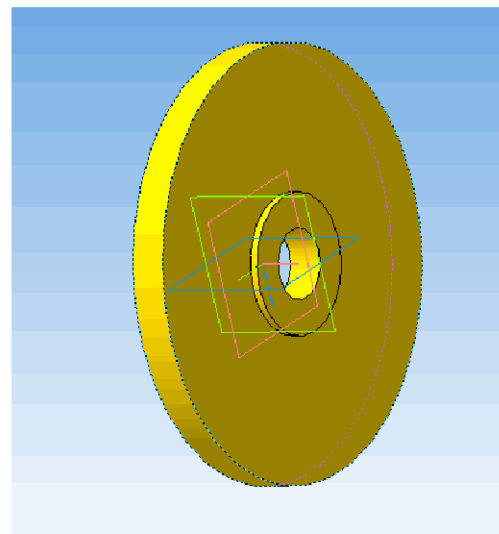


Рисунок 2.2 – Побудова основи тривимірної моделі

Далі виконуємо вказані на креслені по чотири отвори $\varnothing 5,8, \varnothing 6$ за допомогою ескізу та операції «Видавлювання вирізанням». Ескізи та результат роботи операції представлено на рис. 2.3, 2.4

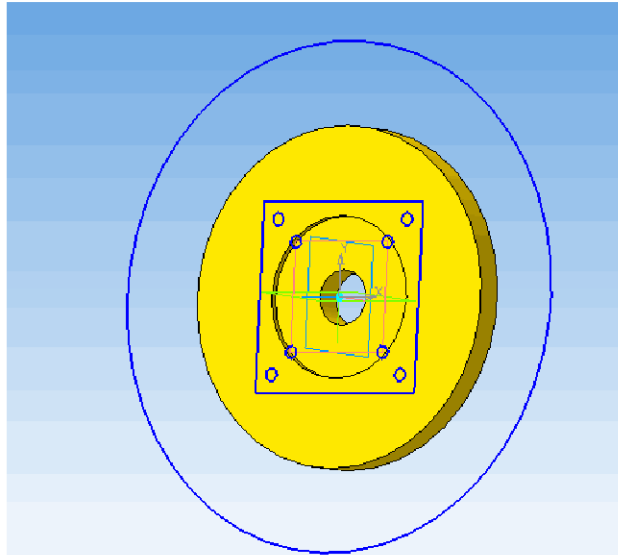


Рисунок 2.3 – Ескіз побудови отворів $\varnothing 5,8, \varnothing 6$

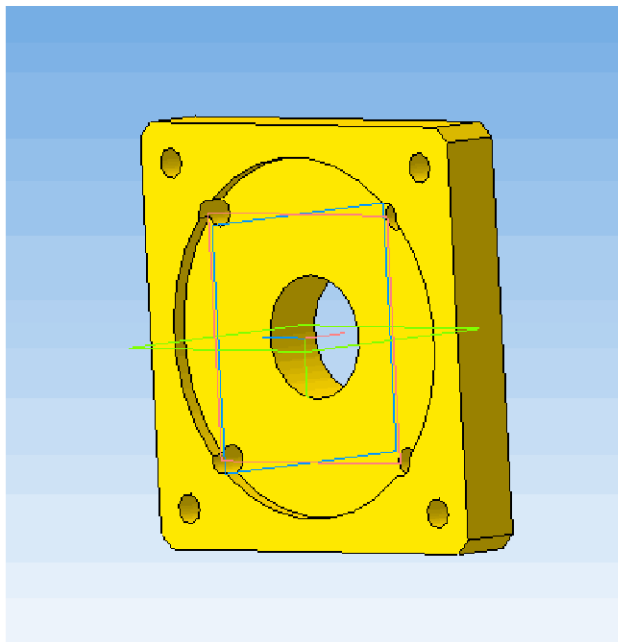


Рисунок 2.4 – Процес видавлювання
наскрізних отворів $\varnothing 5,8, \varnothing 6$

Далі виконуємо вказані на креслені чотири отвори $\varnothing 10$ за допомогою ескізу та операції «Видавлювання вирізанням». Ескізи та результат роботи операції представлено на рис. 2.5, 2.6

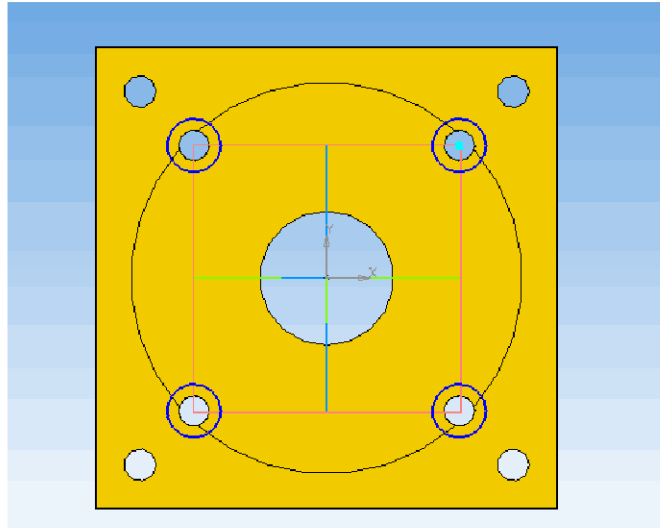


Рисунок 2.5 – Ескіз побудови отворів $\varnothing 10$

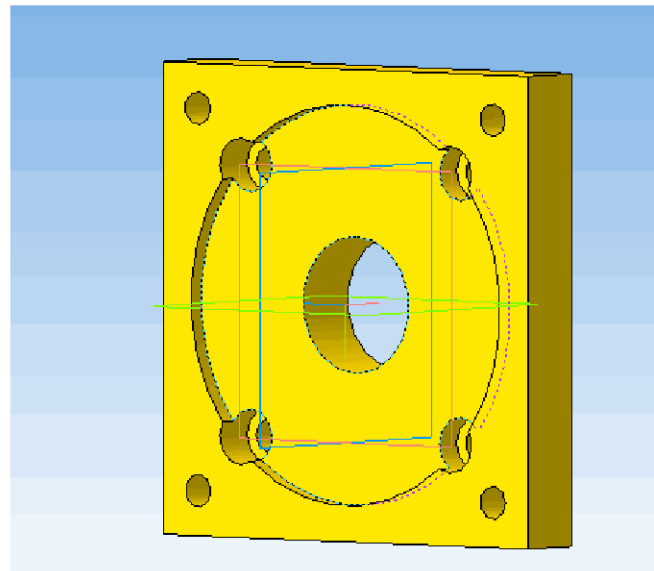


Рисунок 2.6 – Процес видавлювання наскрізних отворів $\varnothing 10$

Далі виконуємо вказані на креслені чотири фаски за допомогою операції «Фаска». Результат роботи операції представлено на рис. 2.7

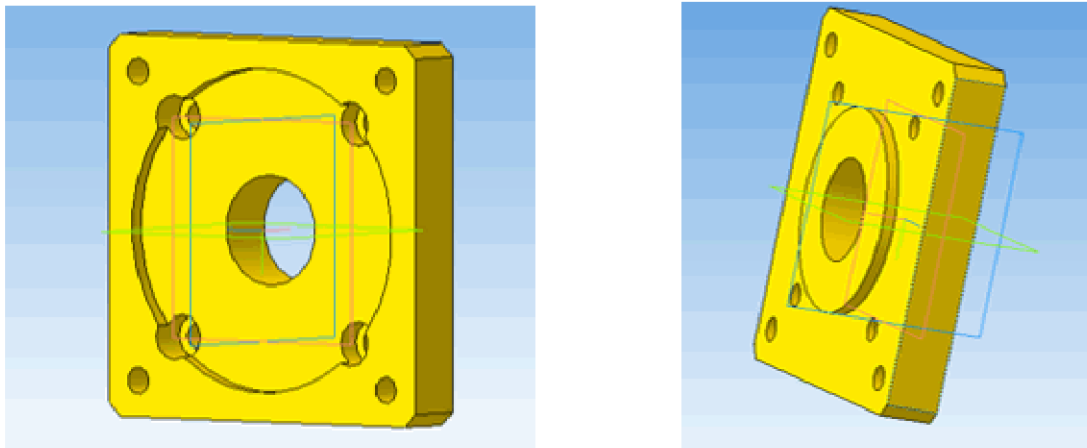


Рисунок 2.7 – Загальний вид тривимірної моделі деталі «Фланець01.17»

2.2 Розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК

Розробка програми обробки деталі «Фланець 01.17» на верстаті з ЧПК проектується на основі 3D-моделі, побудованої в модулі ADEM CAD чи і іншому графічному редакторі [14].

Необхідно конвертувати моделі деталі та заготовки, створені в програмі «Комас 3D» у формат *.sat.

Першим етапом потрібно створити в програмі «Комас 3D» 3D-модель заготовки та деталі яку ми отримаємо після обробки за програмою. Зберігаємо готові деталі у форматі *.sat.

Для створення керуючої програми використовуємо САМ програму «ADEM 9.0». Після її запуску, в основному вікні програми послідовно імпортуємо файл деталі та заготовки (рис. 2.8).

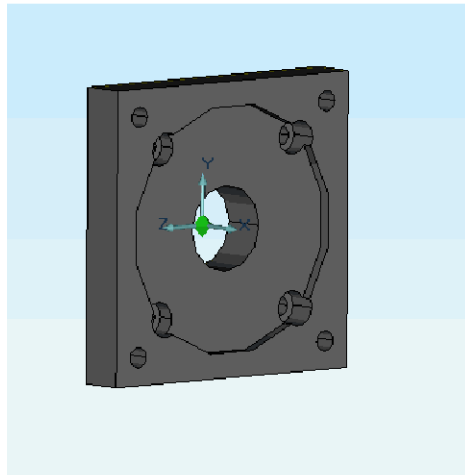


Рисунок 2.8– Імпортування 3д-моделей

Наступним етапом є перехід в модуль Adem CAM/CAPP, який призначений для створення керувальних програм. Далі потрібно задати початкову точку обробки, безпечну позицію (точку куди відводиться інструмент перед його змінною) та площину безпеки.

Для безпосередньої обробки потрібно обрати необхідний варіант обробки, задавати режими різання, інструмент та інші параметри (рис. 2.9).

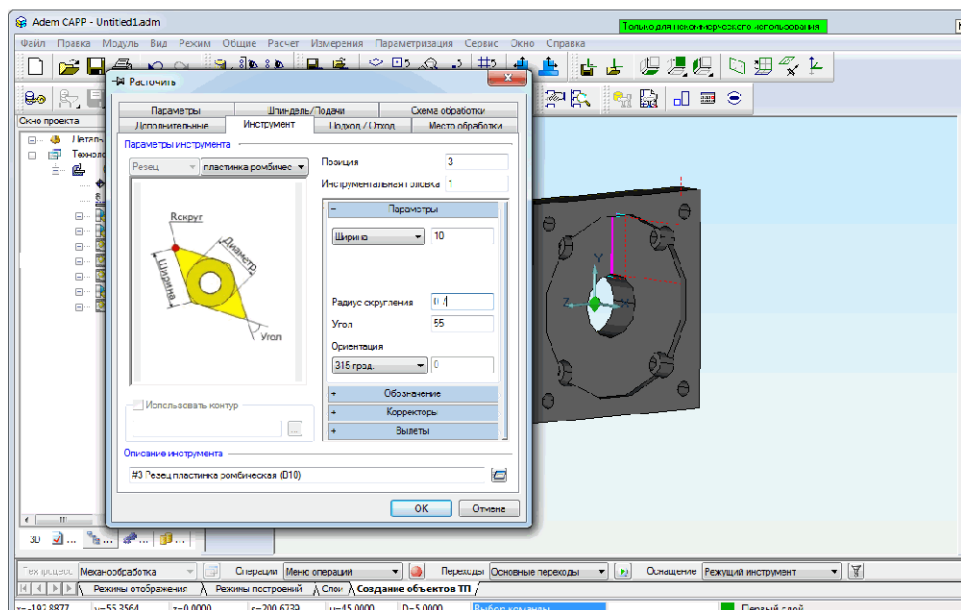


Рисунок 2.9 – Вибір інструмента

Після створення усіх необхідних технологічних переходів потрібно натиснути кнопку для розрахунку траєкторії. ADEM CAM автоматично розрахує усі переходи з врахування параметрів деталі та заготовки. (рис. 2.10).

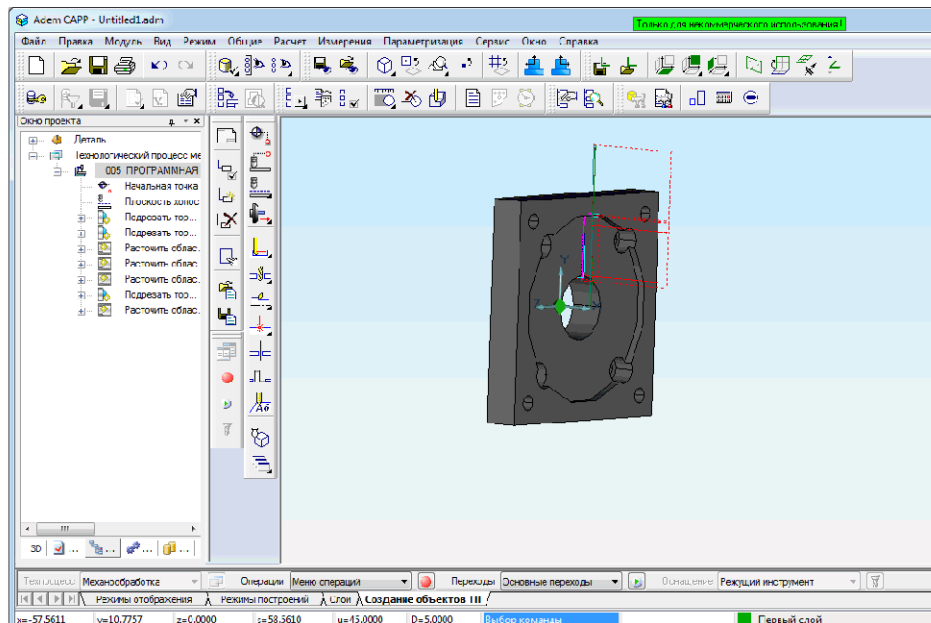


Рисунок 2.10 – Траектория руху

Після перетворення усіх переходів можна отримати програму для верстата з ЧПК.

Програма для обробки розглядуваних отворів представлена у додатку Г.

2.3 Розробка та вибір роботизованого технологічного комплексу

В даному розділі проекту необхідно вибрати основне устаткування, яке входить до складу робочого місця РМ.

Верстати, які в подальшому використовуватимуться в РМ повинні бути без яких-небудь серйозних конструктивних змін. Також необхідно враховувати і технологічні можливості цих верстатів. Верстати, що мають повністю автоматизований цикл роботи, затиски виробу, а також пристрої для автоматичної

зміни інструменту відповідають всім необхідним вимогам для їх використання в РТК.

Для деталі "Фланець 01.17" верстат моделі 1П420ПФ30 повністю відповідає заданим вимогам.

Токарно-револьверний верстат 1П420ПФ30 призначений для комплексної обробки складних деталей різного профілю за один установ.

Верстат дозволяє виконувати токарну, свердлильну, фрезерна обробка деталі за одну операцію.

Особливості конструкції:

- повна токарна обробка, включаючи криволінійні поверхні, обробка не центрових отворів з нарізуванням різі на торці і по периферії деталі, фрезерування прямолінійних і криволінійних пазів, а також лисок і кулачків;
- кутове позиціонування шпинделя в дискретному режимі (0-360 град.);
- осьові і кутові свердлильно-фрезерні головки для обертового інструменту в будь-який з 12 позицій револьверної головки;
- привід обертання шпинделя - двигун постійного струму потужністю 22 кВт;
- привод подач;
- високомоментні електродвигуни;
- можливість токарної обробки з великими зусиллями різання і на високих швидкостях;
- застосування високоточних підшипників в опорах шпинделя, накладок з наповненого фторопласта в напрямних супорта,
- системи вимірювання деталі з автоматичною корекцією положення інструменту дозволяє досягти високої точності обробки;
- похилі напрямні станини і вбудований транспортер забезпечують вільний схід стружки і її автоматичне видалення з робочої зони.

Технічні характеристики

Найбільший діаметр заготовки установлюваної над станиною 450 мм.

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм:

штучної заготовки 200;

з прутка 50.

Найбільша довжина оброблюваної заготовки 130 мм.

Точність позиціонування супорта, мкм:

в поздовжньому напрямку 25;

в поперечному напрямку 10.

Найбільший діаметр обертового інструменту, мм - 12.

Найбільший допустимий крутний момент, Н * м:

на головному шпинделі 500;

на інструментальному шпинделі 10.

Розробимо докладний план операції, виконуваної на верстаті даної моделі. Послідовність виконання операції представлена на рис. 2.11. (решта виноситься на плакати).

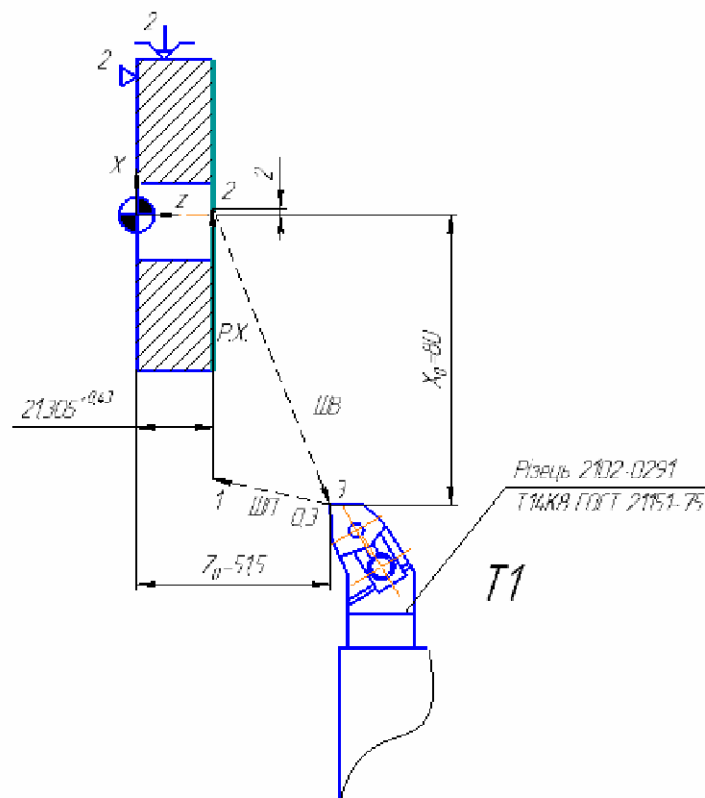


Рисунок 2.11 –Послідовність виконання переходів на операції

Основними лініями показана траєкторія руху робочого ходу інструменту, а пунктиром показана траєкторія руху по прискореному переміщенню, із швидкістю швидкого руху.

Координати технологічних рухів інструменту наведено в додатку Г

Розрахунок норм часу.

Приведемо приклад розрахунку часових витрат для операції 015. Модель верстата 2P135Ф2 [15, 16].

Штучний час визначаємо за формулою

$$T_{ум} = t_0 + t_{\epsilon} + t_{m.обс.} + t_{o.обс.} + t_{отд.}, [\text{XB}] \quad (2.1)$$

Час на вимірювання і контроль деталі перекривається основним часом.

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою

$$T_{ук} = T_{ум} + T_{н.з.}/n, [\text{XB}] \quad (2.2)$$

Оперативний час

$$t_{оп} = t_0 + t_{\epsilon}, [\text{XB}] \quad (2.3)$$

Враховуючи холості ходи та інші допоміжні витрати часу, оперативний час можна розрахувати за наступною формулою

$$t_{оп} = t_{TP} = \sum_{i=1}^n t_{P.X.} + \sum_{j=1}^m t_{X.X.}, [\text{XB}] \quad (2.4)$$

де $t_{p.x.}$ – час виконання робочого ходу траєкторії;

n – кількість робочих ходів;

$t_{x.x.}$ – час виконання холостого ходу траєкторії;

m – кількість холостих ходів;

Основний час визначимо за наступною формулою для усіх переходів:

$$t_{p.x.} = \frac{2 \cdot L_{p.x.}}{S_{x6}} \text{ [хв]} \quad (2.5)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина траєкторії робочого ходу, мм;

S_{x6} – хвилинна подача швидких переміщень, мм/хв.

$$t_{p.x.} = \frac{47}{105} + \frac{47}{105} + \frac{10}{535} + \frac{100}{121} + \frac{100}{121} + \frac{46}{121} + \frac{100}{445} + \frac{45}{150} + \frac{31.5}{130} + \frac{32}{130} + \frac{47}{120} + \frac{33}{130} = 4,6 \text{ (хв)}$$

Визначаємо довжину різання

Час холостих ходів визначимо за наступною формулою для усіх переходів:

$$t_{x.x.} = \frac{L_{x.x.}}{S_{m6}} \text{ [хв]} \quad (2.6)$$

де $L_{x.x.}$ – довжина траєкторії холостого ходу, мм;

S_{m6} – хвилинна подача швидких переміщень, мм/хв.

$$t_{xx2 \dots \dots t_{xx13}} = \frac{(92+92+440+525+500+300+525+105+75+75+92+75)}{5000} = 0,57 \text{ (хв)}$$

Визначимо час автоматичної зміни інструмента – (8 с) 0,13 хв.

$$t_{3M} = t \cdot i, \text{ [хв]} \quad (2.7)$$

де t – час зміни одного інструмента, хв;

i – кількість використаних на операції інструментів.

Визначимо час автоматичної зміни інструмента – (8 с) 0,13 хв.

Час затиску та розтискання заготовки в пристосуванні – 0,05 хв.

$$t_{\text{в.}} = \sum_{j=1}^m t_{X.X.} = t_{X.X.} + t_{\text{зм}} + t_3 + t_{\text{р}}, [\text{хв}] \quad (2.8)$$

де $t_{\text{зм}}$ - час зміни інструменту;

t_3 - час затиску заготовки в пристосуванні;

$t_{\text{роз}}$ - час розтиску заготовки в пристосуванні;

$$\sum_{j=1}^m t_{X.X.} = 0,57 + 1,17 + 0,05 + 0,05 = 1,84(\text{хв}),$$

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{ТР}} = 4,6 + 1,84 = 6,44(\text{хв}).$$

Час на технічне обслуговування складає 4% від оперативного.

Час на організаційне обслуговування 4,5% від $t_{\text{оп}}$.

$$t_{\text{м.обс.}} = 6,44 \cdot 4 / 100 = 0,27 (\text{хв}),$$

$$t_{\text{о.обс.}} = 6,44 \cdot 4,5 / 100 = 0,28 (\text{хв}).$$

Час на перерви і індивідуальні потреби 5% від $t_{\text{оп}}$.

$$t_{\text{отд}} = 6,44 \cdot 5 / 100 = 0,32 (\text{хв}).$$

Штучний час складає

$$T_{\text{шт}} = 6,44 + 0,27 + 0,28 + 0,32 = 7,31 (\text{хв}).$$

Штучно-калькуляційний час при партії деталей для наладок $n=1365$ шт.

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{н.з.}/n = 7,31 + 45/1365 = 7,34 \text{ (хв).}$$

На решту операцій нормування проводимо аналогічно.

Дані розрахунків зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Нормування часу

№ опер.	Операції	$t_{ос}$	$t_{доп}$	$t_{м.обс.}$	$t_{о.обс.}$	$t_{отд.}$	$T_{шк.}$
005	Багатоцільова з ЧПК	4,6	0,57	0,27	0,28	0,32	7,34
010	Токарно-револьверна з ЧПК	1,5	0,15	0,116	0,131	0,146	2,043

2.3.1 Вибір промислового робота (ПР) для РМ

для деталі "Фланець 01.17" відповідно до рекомендацій [1, 17], вибраний промисловий робот моделі "ПРІІ 521", з наступним і характеристиками:

- вантажопідемність – 40 кг;
- число ступенів рухливості – 7;
- число рук -2;
- число захватних пристроїв на одній руці - 1;
- привод основних рухів -гідравлічний;
- система управління - циклічна;
- число програмованих координат- 7;
- похибка позиціонування - $\pm 0,3$ мм;
- найбільший виліт руки – 900 мм;
- лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с:

$$r = 350/0,5;$$

$$z = 250/0,5;$$

$$x = 100/0,5;$$

-кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с:

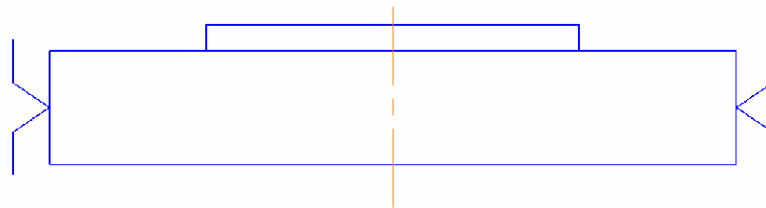
$$\varphi = 180/120;$$

$$\alpha = 180/120;$$

-маса, кг- 1200.

2.3.2 Проектування (вибір) захватного пристрою

Оскільки заготовка базується в токарному патроні. Для затиску заготовки захватним пристроєм можна використати будь-яку бокову зовнішню циліндричну поверхню. В нашому випадку використаємо діаметральну поверхню розміром 86 мм, оскільки вона має хорошу точність і достатньо розвинена для уставновки.



Рисунку 2.12- Схема закріплення заготовки

Промисловий робот моделі «ПРІІ 521» має один маніпулятор та один захватний пристрій. В якості контактних елементів використаємо поверхні типу "призма" для більш надійного затиску. В нашому випадку поверхні закріплення заготовки в захватному пристрої не змінюють своєї форми та розмірів, заготовка порівняно не важка, тому застосуємо захватний пристрій (ЗП) з важіль-шарнірним передавальним механізмом.

Зусилля захоплення визначають з припущення, що утримання об'єкту маніпулювання відбувається за рахунок сил тертя, створюваних цим зусиллям:

$$F = K_1 K_2 K_3 mg, \text{ [Н]} \quad (2.9)$$

де m – маса об'єкту маніпулювання;

g – прискорення вільного падіння;

K_1 – коефіцієнт безпеки, $K_1=1,2 - 2,0$. Приймаємо $K_1=1,2$;

K_2 – коефіцієнт, залежний від максимального прискорення A , з яким ПР переміщає об'єкт, закріплений в захватному пристрої. Для пневматичних роботів $A \approx g$. $K_2=1+A/g=1+1=2$;

K_3 – коефіцієнт передачі, залежний від конструкції захоплення і розташування в ньому об'єкту маніпулювання, вибираємо по [17].

$$K_3 = \frac{\sin \theta}{2\mu}, \quad (2.10)$$

де θ - половина кута нахилу губок схвату $\theta = 60^\circ$.

μ - коефіцієнт тертя між об'єктом маніпулювання і губками. $\mu=0,15$

$$K_3 = \frac{\sin 60^\circ}{2 \cdot 0,15} = 2,9$$

$$F = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,9 \cdot 0,97 \cdot 9,8 = 67 \text{ (Н)}.$$

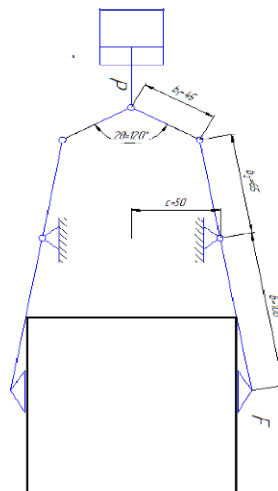


Рисунок 2.13 – Схема захватного пристрою

Відповідно до [17] рівняння рівноваги затискаючих зусиль наступне:

$$b \cdot F = \left[\operatorname{tg} \Theta \sqrt{1 - \left(\frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right)^2} - \frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right] \cdot \frac{P}{2} \cdot b_2, \quad (2.11)$$

звідки

$$P = \frac{2 \cdot b \cdot F}{\left[\operatorname{tg} \Theta \sqrt{1 - \left(\frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right)^2} - \frac{b_1 \sin \Theta - c}{b} \right] \cdot b_2} \cdot [\text{H}] \quad (2.12)$$

При конструюванні ЗП приймаємо $b=0,1\text{м}$, $b_1=0,045\text{м}$, $b_2=0,065\text{м}$, $c=0,050\text{м}$, кут $\theta=60^\circ$.

$$P = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 67}{\left[\operatorname{tg} 60 \sqrt{1 - \left(\frac{0,045 \sin 60 - 0,05}{0,1} \right)^2} - \frac{0,045 \sin 60 - 0,05}{0,1} \right] \cdot 0,065} = 95(\text{H}).$$

Визначимо діаметр поршня

Для циліндра односторонньої дії [17]

$$F = p_e \cdot \frac{\pi \cdot D}{4} - F_T - F_{\text{ПР}} \quad (2.13)$$

де p_e – робочий тиск в системі. Приймаємо $p_e=0,5$ МПа, D – діаметр поршня; F_T – сила тертя в ущільненнях (\approx до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_T = 4$ Н; $F_{\text{ПР}}$ – зусилля створюване пружиною (в кінці ходу до 10% від зусилля, що розвивається). Приймаємо $F_{\text{ПР}} = 4$ Н.

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F + F_T + F_{\text{ПР}}}{\pi \cdot p_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (95 + 4 + 4)}{\pi \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 18 \cdot 10^{-3} (\text{м})$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр поршня $D=20$ мм.

Для правильної установки деталі в верстатному пристосуванні потрібно розглянути усі похибки, які можуть виникати в процесі роботи РМ.

Виявлення установчих розмірних зв'язків і їх розрахунок виконується з наступним цілями:

1. забезпечити працездатність автоматичної системи на час експлуатації в умовах дії різних чинників, що впливають на стабільність установчих розмірів і розмірних зв'язків;
2. вибрати методи і засоби автоматизації, що забезпечують необхідні розмірні зв'язки, сформульовані вимоги до розмірної точності автоматичних пристроїв, що реалізують автоматичну установку;
3. вибрати методи і способи розмірної наладки системи, тобто засоби технічного оснащення використовуваних в процесі наладки;
4. визначити регламент обслуговування і профілактики автоматичних завантажувальних пристроїв;
5. визначити обмеження зовнішніх дій, що допускаються, при роботі автоматичних пристроїв.

Розглянемо похибки які виникають при автоматичній установці заготовки на верстат:

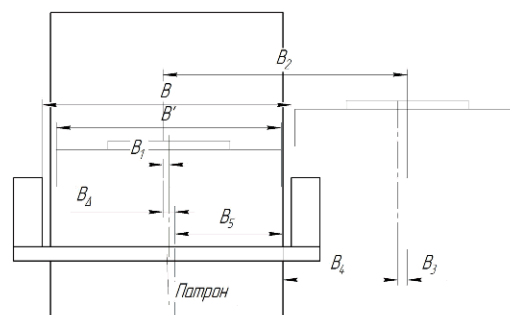


Рисунок 2.14 – Схема розмірних зв'язків

Установку заготовки в пристосування і знімання деталі здійснює робот. Робот бере заготовку захватним пристроєм, вносить її в робочу зону верстата так, щоб вісь заготовки співпадала з віссю патрона, далі установлює заготовку в патрон, після чого подається команда на затиск пристосування.

Установка заготовки в патрон можлива, якщо B_{max} не перевищує значення:

$$B_{max} = \frac{B - B'}{2K}, \text{ [мм]} \quad (2.14)$$

$$B_{max} = \frac{95 - 86}{2 * 1,2} = 3,75 \text{ (мм)},$$

$B_1 = 0,86 \text{ (мм)}$ (приймаємо допуск розміру 86);

$B_2 = 600 \pm 0,3 \text{ мм}$;

$B_3 = 0,86 \text{ (мм)}$ (приймаємо допуск розміру 86);

$B_4 = 890 \text{ (12 квалітет) }_{-0,9} \text{ мм}$;

$B_5 = 0,5 \text{ мм}$;

$$T\Delta = 0,86 + 0,6 + 0,86 + 0,9 + 0,5 = 3,72 \text{ (мм)};$$

Оскільки $T\Delta \leq B_{max}$, отже точність достатня виконання необхідних операцій.

2.3.3 Побудова та розрахунок траєкторій руху елементів ПР

Побудову траєкторії виконаємо у вигляді графічного зображення шляху переміщення геометричного центру захватного пристрою ПР. Початок траєкторії пов'яжемо з нульовою (початковою) крапкою, визначеною відповідно до початкового положення ПР

Таблиця 2.3– Елементи траєкторії переміщення захватного пристрою

Елемент траєкторії	Коментар	Величина переміщення, мм(град)
r0 1	Переміщення руки ПР вперед	350
z1 2	Переміщення руки ПР вниз	250
	Затиск заготовки схватом ПР	-
Z2 3	Переміщення руки ПР вгору	250
r3 4	Переміщення руки ПР назад	350
φ 4 5	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°
r5 6	Переміщення руки ПР вперед	350
z6 7	Переміщення руки ПР вниз	250
x 7 8	Переміщення корпусу вліво	100
	Розтиск схвату ПР	
Z8 9	Переміщення руки ПР вгору	250
r 9 10	Переміщення руки ПР назад	350
	Вистій руки ПР	-
r10 11	Переміщення руки ПР вперед	350
z11 12	Переміщення руки ПР вниз	250
	Затиск заготовки схватом ПР	
x 12 13	Переміщення корпусу вправо	100
Z13 14	Переміщення руки ПР вгору	250
r14 15	Переміщення руки ПР назад	350
φ 15 16	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°
r16 17	Переміщення руки ПР вперед	350
z17 18	Переміщення руки ПР вниз	250
	Розтиск схвата ПР	-
Z18 19	Переміщення руки ПР вгору	250
R19 20	Переміщення руки ПР назад	350
φ 20 21	Поворот руки ПР проти год. стрілки	180°

неї. Оскільки габаритні розміри заготовки і деталі не відрізняються, то опорні елементи для них будуть однакові.

Представимо схему тактового столу СТ 350 і пластини на рисунку 2.16

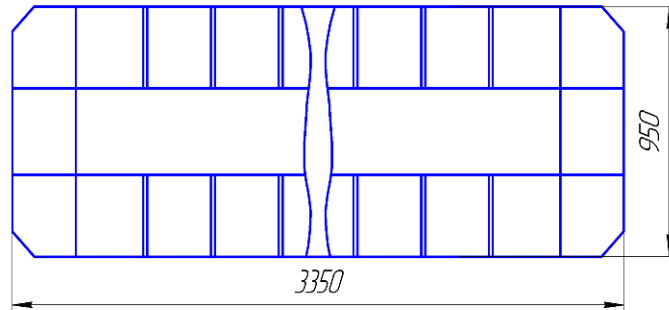


Рисунок 2.16 - Схема тактового столу СТ 350

2.3.5 Аналіз можливих варіантів компоновок роботизованного технологічного комплексу

Виконаємо аналіз можливих варіантів компоновок РМ та порівняємо компоновальні схеми лінійного типу, кільцевого типу, порталного типу.

При лінійній компоновці обслуговуване устаткування розташоване в один ряд. Роботизований технологічний комплекс такого типу будується на базі напольних і порталних роботів.

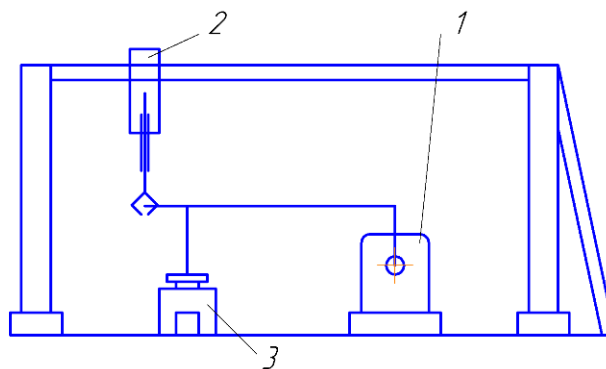


Рисунок 2.17 - Компоновальна схема лінійного типу

1. Верстат

2. Промисловий робот

3. Тактовий стіл

На схемі лінійного типу робіт розташовується в стороні від устаткування. Це призводить до витрачання зайвого часу на закріплення і установку заготовки.

Портальна схема компоновки устаткування має такі переваги: економія виробничої площі і зручність обслуговування устаткування. Застосування опорних систем великої довжини дозволяє компоувати ділянки з груповим обслуговуванням декількох верстатів із одним загальним роботом при лінійному розташуванні устаткування (рис. 2.18).

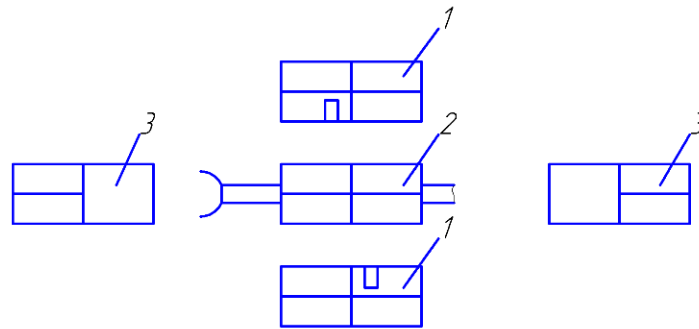


Рисунок 2.18 - Компоувальна схема портального типу

1 - верстат

2-ПР

3 - тактовий стіл

У кільцевій компоновці устаткування розташовується безпосередньо навколо робота. Кільцева компоновка РМ дає зручність завантаження і розвантаження устаткування, безперешкодне переміщення захватного пристрою ПР. Забезпечує скорочення допоміжного часу на закріплення і установку заготовки, що дозволяє зменшити штучно - калькуляційний час і, отже, підвищити продуктивність (рис. 2.19).

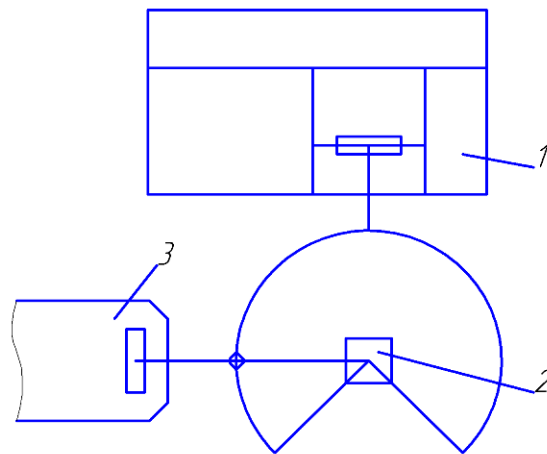


Рисунок 2.19 - Компонувальна схема кільцевого типу

У даному проекті ми приймаємо компонентну схему кільцевого типу

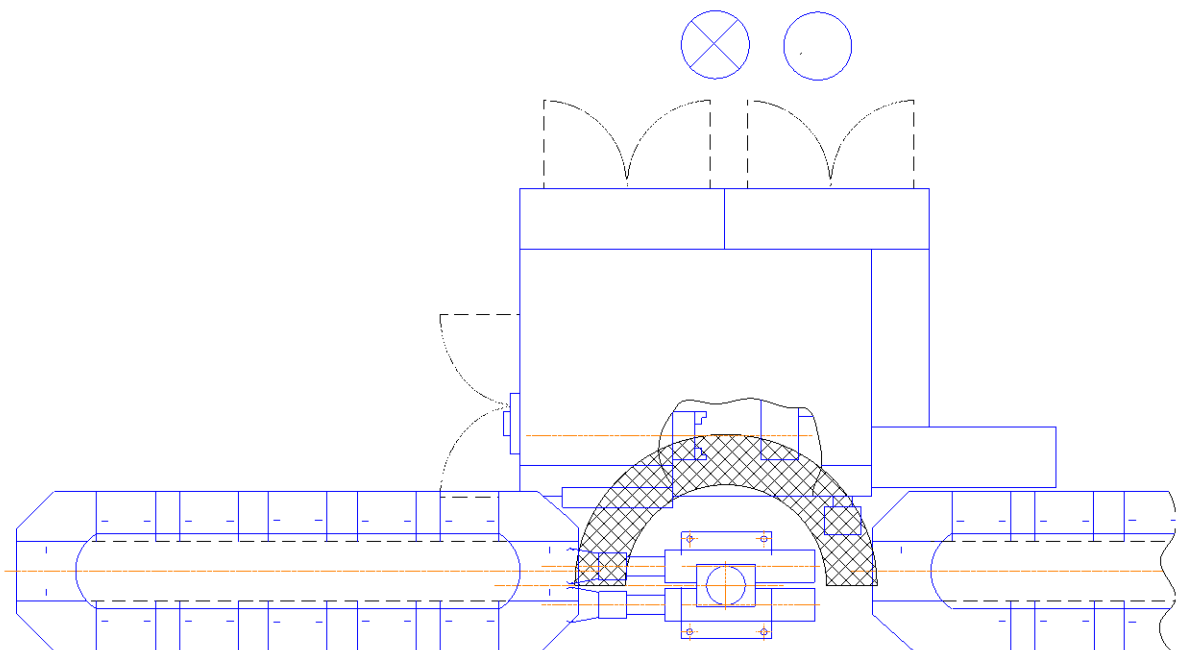


Рисунок 2.20- Загальний вигляд РТК

2.3.6 Розрахунок допустимих швидкостей переміщення заготовки (деталі)

Для визначення швидкості лінійного позиціонування в діапазоні вільноти руки промислового робота використовуватимемо емпіричну формулу:

$$V_x = \frac{2 \cdot L_x \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (2.15)$$

де L_x - виліт руки ПР;

Δl - погрішність позиціонування;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі), $m_{\text{зар.}} = 3,8 \text{ кг}$.

$$V_r = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot \sqrt[4]{0,6}}{\sqrt[3]{0,97}} = 1,6 (\text{м/с}).$$

Аналогічно для бокового переміщення:

$$V_x = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt[4]{0,6}}{\sqrt[3]{0,97}} = 0,18 (\text{м/с}).$$

Швидкість вертикального переміщення ПР за умови урівноваження мас знаходимо по формулі:

$$V_z = \frac{\alpha_z \cdot \sqrt{L_z} \cdot \sqrt[4]{\Delta l}}{\sqrt[3]{M}}, [\text{м/с}] \quad (2.16)$$

де α_z - коефіцієнт залежний від конструкції приводу, $\alpha_z = 3$;

L_x - довжина шляху при вертикальному переміщенні, м;

M - маса об'єкту маніпулювання (маса заготовки, деталі).

$$V_z = \frac{3 \cdot \sqrt{0,25} \cdot \sqrt[4]{0,6}}{\sqrt[3]{0,97}} = 1,33 (\text{м/с});$$

Кутова швидкість при повороті руки ПР щодо вертикальної осі:

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{\varphi} \cdot \sqrt[4]{\delta}}{\sqrt[3]{(2L_x)^4}}, [\text{рад/с}] \quad (2.17)$$

де δ – погрішність кутового позиціонування, с;

φ – кут повороту руки, рад.;

$$\delta = \frac{\Delta l}{L_x} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = \frac{0.0006}{0.9} \cdot \frac{180}{\pi} \cdot 3600 = 137.6 \text{ (с)}.$$

$$\omega = \frac{0,5\sqrt{3.14} \cdot \sqrt[4]{137.6}}{\sqrt[3]{(2 \cdot 0,9)^4}} = 1,39 \text{ (рад/с)}.$$

Оскільки розрахована швидкість руху по радіальній осі та вертикальній осі більша можливої (по характеристикам ПР), тому використовуємо значення паспортних даних ПР, відповідно 0,5м/с.

2.3.7 Розробка алгоритму роботи РМ та побудова циклограми його функціонування

Побудова циклограми функціонування РМ забезпечує швидкість визначення робочого циклу T_r , значення циклової продуктивності Q_c . побудова циклограми також дає істотне уявлення про те як можливо виробити скорочення T_r за рахунок поєднання часу виконання окремих переходів і скороченні тривалості несуміщених переходів.

необхідно визначити час виконання кожного руху по наступних формулах:

$$t_I = \frac{\varphi_I}{\omega_I}; [\text{с}] \quad (2.18)$$

$$t_I = \frac{l_I}{V_I}; [\text{с}] \quad (2.19)$$

де φ_I - кути поворотів механізмів;

l_I - лінійні переміщення механізмів;

$\omega_I V_I$ - швидкості кутового і лінійного переміщення механізмів по відповідній координаті.

$$t_{01} = \frac{0,35}{0,5} = 0,7(c);$$

$$t_{12} = \frac{0,25}{0,5} = 0,5(c);$$

$$t_{23} = \frac{0,25}{0,5} = 0,5(c);$$

$$t_{34} = \frac{0,35}{0,5} = 0,7(c);$$

$$t_{45} = \frac{90}{80} = 1,13(c);$$

$$t_{56} = \frac{0,35}{0,5} = 0,7(c);$$

$$t_{67} = \frac{0,25}{0,5} = 0,5(c);$$

$$t_{78} = \frac{0,1}{0,18} = 0,56(c);$$

$$t_{89} = \frac{0,25}{0,5} = 0,5(c);$$

$$t_{910} = \frac{0,35}{0,5} = 0,7(c);$$

$$t_{1011} = \frac{0,35}{0,5} = 0,7(c);$$

$$t_{1112} = \frac{0,25}{0,5} = 0,5(c);$$

$$t_{1213} = \frac{0,1}{0,18} = 0,56(c);$$

$$t_{1314} = \frac{0,25}{0,5} = 0,5(c);$$

$$t_{1415} = \frac{0,35}{0,5} = 0,7(c);$$

$$t_{1516} = \frac{90}{80} = 1,13(c);$$

$$t_{1617} = \frac{0,35}{0,5} = 0,7(c);$$

$$t_{1718} = \frac{0,25}{0,5} = 0,5(c);$$

$$t_{1819} = \frac{0,25}{0,5} = 0,5(c);$$

$$t_{1920} = \frac{0,35}{0,5} = 0,7(c);$$

$$t_{2021} = \frac{180}{80} = 2,25(c).$$

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем .

Таблиця 2.4 – Алгоритм роботи РМ

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Захват заготовки	Переміщення руки ПР вперед	350	0,5	0,7
	Переміщення руки ПР вниз	250	0,5	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР	-		0,5
	Переміщення руки ПР вгору	250	0,5	0,5
	Переміщення руки ПР назад	350	0,5	0,7
Сума				2,9
Установка заготовки на верстат	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	80	1,13
	Переміщення руки ПР вперед	350	0,5	0,7
	Переміщення руки ПР вниз	250	0,5	0,5
	Переміщення корпусу вліво	100	0,18	0,56
	Розтиск схвату ПР			0,5
	Переміщення руки ПР вгору	250	0,5	0,5
	Переміщення руки ПР назад	350	0,5	0,7
Сума				4.59
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні	-		2
	Обробка заготовки			122,6
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			2
				126,6
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки ПР вперед	350	0,5	0,7
	Переміщення руки ПР вниз	250	0,5	0,5
	Затиск заготовки схватом ПР			0,5
	Переміщення корпусу вправо	100	0,18	0,56
	Переміщення руки ПР вгору	250	0,5	0,5
	Переміщення руки ПР назад	350	0,5	0,7
			3,81	3,46

Продовження таблиці 2.4

	Коментар	Величина переміщення, мм(град)	Швидкість переміщення, м/с, °/с	Час, с
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки ПР за год. стрілкою	90°	80	1,13
	Переміщення руки ПР вперед	350	0,5	0,7
	Переміщення руки ПР вниз	250	0,5	0,5
	Розтиск схвата ПР	-		0,5
	Переміщення руки ПР вгору	250	0,5	0,5
	Переміщення руки ПР назад	350	0,5	0,7
	Поворот руки ПР проти год. стрілки	180°	80	2,25
				6,28
Тактовий сіл	Переміщення на одну позицію			2,5

Циклограма є графічним зображенням послідовності роботи окремих елементів і підсистем .

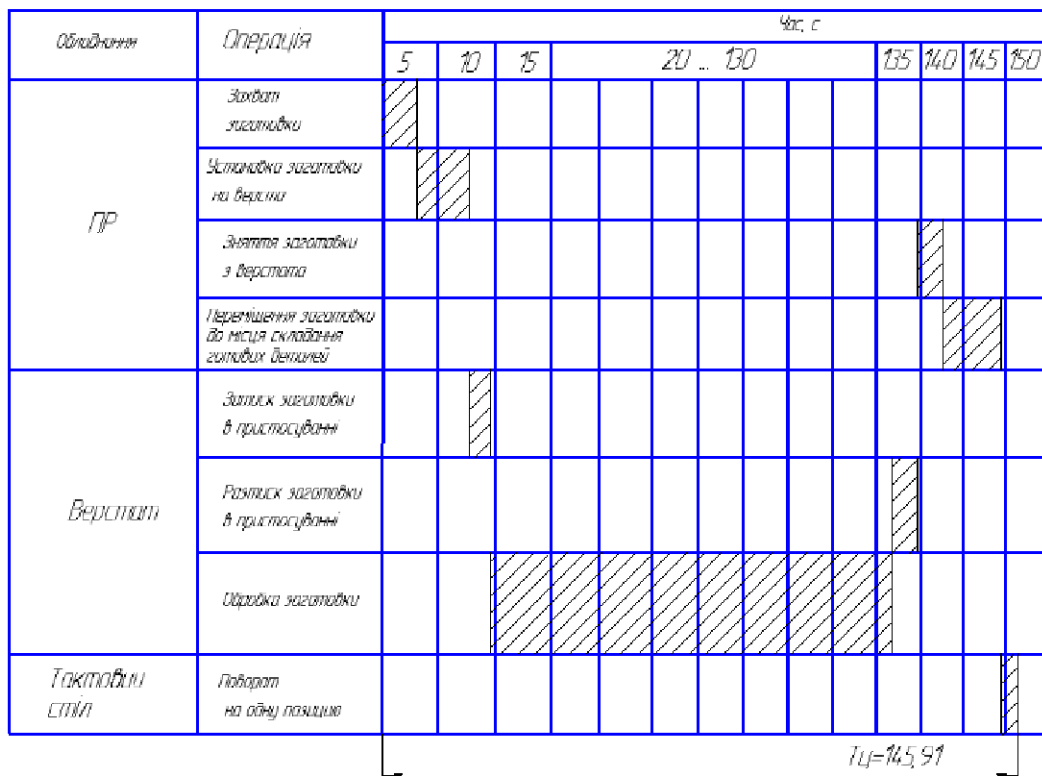


Рисунок 2.21 – Циклограма роботи РМ

2.3.8 Визначення основних показників роботизованого технологічного комплексу

Основні показники, що характеризують роботу РМ наступні: циклова продуктивність $Q_{ц}$; коефіцієнт відносної завантаженості ПР $K_{зр}$; коефіцієнт використання ПР $K_{вп}$; коефіцієнт використання основного устаткування $K_{вк}$; коефіцієнт завантаженості ПР $K_{зв}$; режиму роботи робота.

Циклова продуктивність визначається по наступній формулі:

$$Q_{ц} = \frac{1}{T_p}; \quad (2.20)$$

де T_p - тривалість робочого циклу, $T_p = 145,91$ с;

$$Q_{ц} = \frac{1}{145,91} = 0,007(c);$$

Коефіцієнт відносної завантаженості $K_{зр}$

$$K_{зр} = \frac{P_{ср}}{P}; \quad (2.21)$$

де $P_{ср}$ - середнє значення робочого навантаження, $P_{ср} = 0.97$ кг;

P - вантажопідйомність робота, $P = 30$ кг;

$$K_{зр} = \frac{0,97}{30} = 0,032.$$

Коефіцієнт використання $K_{вп}$

$$K_{ep} = \frac{T_{\text{ПР}}}{T_p}; \quad (2.22)$$

де $T_{\text{ПР}}$ - час роботи ПР за робочий цикл, $T_{\text{ПР}} = 19,31$ с;

$$K_{BP} = \frac{19,31}{145,91} = 0,13;$$

Коефіцієнт використання основного устаткування K_{BO}

$$K_{BO} = \frac{T_o}{T_p}; \quad (2.23)$$

де T_o - час роботи основного устаткування за робочий цикл, $T_o = 122,6$ с;

$$K_{BO} = \frac{122,6}{145,91} = 0,84.$$

Розрахувавши значення коефіцієнтів, по [1] встановлюємо, що режим роботи ПР "легкий" при цьому коефіцієнт завантаженості $K_{np} = 1,1$.

Висновок: в другому розділі спроектовано робоче місце механічної обробки деталі «Фланець 01.17» на основі технологічного обладнання з ЧПК та промислового робота «ПРІІ 521», що дозволило автоматизувати процес механічної обробки деталі на заданій технологічній операції. Застосування САД-системи КОМПАС V16 та САД/САМ-системи АДЕМ дозволило автоматизувати створення програми для обробки деталі на верстаті ЧПК на токарно-револьверній операції чим пришвидшити переналагоджувальний процес на робочому місці

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х експертів, які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою

Продовження таблиці 3.1.

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки потрібно звести в таблицю за зразком таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Пурдик В.П.	Савуляк В.В.	Сухоруков С.І.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	1	3	2
3	2	2	3
4	2	2	2
5	2	3	3
6	2	3	2
7	2	2	2
8	3	3	3
9	2	2	2
10	2	3	4
11	3	3	4
12	2	4	4
Сума балів	СБ ₁ =24	СБ ₂ =33	СБ ₃ =33
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{24 + 33 + 33}{3} = 30$		

Згідно [20] розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

Характеризуючи виріб та ринок його реалізації висвітлюємо наступні питання.

Даний виріб має нову конструкцію та має забезпечити потребу споживачів у швидкому реагуванні та економії енергії.

Ринками збуту продукції можуть бути регіони України з малим та середнім промисловим виробництвом

Потенційними покупцями нового товару можуть бути машинобудівні та ремонтні підприємства з одиничним та серійним виробництвом. Також деяка кількість підприємств може замінити старе або менш ефективне обладнання запропонованим.

Оскільки загальний ресурс роботи запропонованого пристрою є досить великим, тому будемо вважати, що його покупка підприємством буде разовою. Також оцінивши новизну, та техніко економічні показники можна припустити що пристрій буде зберігати свою актуальність протягом 5 років.

3.2 Прогнозування витрат на розробку нового технічного рішення

Капітальні витрати на розробку нового рішення складаються з відповідних витрат і розраховуються за формулою:

$$K = Z_O + Z_P + Z_{доd} + Z_n + A_{обл} + M + K_e + B_{ел} + B_{ин}, \quad (3.1)$$

де Z_0 – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_P – основна заробітна плата робітників, грн.;

$Z_{доd}$ – додаткова заробітна плата робітників, грн.;

Z_n – нарахування на заробітну плату розробників, грн.;

$A_{обл}$ – амортизація обладнання та приміщень для розробки, грн.;

M – витрати на матеріали, грн.;

K_e – витрати на інструменти, грн.;

$B_{ел}$ – витрати на електроенергію для розробки технічного рішення, грн.;

$B_{ин}$ – інші витрати, грн.

Витрати на основну заробітну плату розробників розраховують за формулою:

$$Z_0 = \frac{M \cdot t}{T_p}, [\text{грн}] \quad (3.2)$$

де M_{mi} – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;

t_i – число днів роботи конкретного розробника, грн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p = 21 \dots 22$ дні (приймаємо 21).

Проведені розрахунки зведені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Витрати на заробітну плату розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	10000	476,2	21	10000
Інженер-конструктор	7000	435,31	10	4353
Всього				$Z_0 = 14353$

Витрати на основну заробітну плату робітників за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, [\text{грн}] \quad (3.3)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн./год;

t_i – час роботи робітника на визначеній i -й технологічній операції при виготовленні одного виробу, год.;

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i}{T_p \cdot t_{zm}}, [\text{грн}] \quad (3.4)$$

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, грн. (4173 грн.) :

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду. Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в [20];

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \dots 22$ дні;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Оскільки принципова схема нового пристрою вже відома, можна скласти приблизний перелік основних деталей та операцій для їх виготовлення.

Результаті розрахунків представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт (механічна обробка на верстаті)	Трудомісткість, год.	Коефіцієнт	Розряди робіт	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн.
Багатоцільова з ЧПК	0,122	1,37	4 ($K_i = 1,5$)	35,565	5,96
Токарно-револьверна з ЧПК	0,034	1,37	4 ($K_i = 1,5$)	35,565	1,66
Всього					$Z_p = 7,62$

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10...12% від суми основної заробітної плати розробників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = H_{\text{дод}} (Z_p + Z_o) = 0,12 \cdot (7,62 + 14353) = 1723,7 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників і робітників за формулою:

$$Z_H = H_{\text{зн}} (Z_p + Z_o + Z_{\text{дод}}) = 0,22 \cdot (7,62 + 14353 + 1723,7) = 3538,6 \text{ (грн.)}$$

Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання та приміщенням можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою.

$$A_{обл} = \frac{Ц \cdot T_{\phi}}{T_K \cdot 12}, \quad (3.5)$$

де Ц – загальна балансова вартість всього обладнання, комп'ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, грн;

T_{ϕ} – термін використання обладнання, приміщень тощо, місяців;

T_K – термін корисного використання, років.

Результати розрахунків представлені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Оф. приміщення	15000	20	12	2083
Вироб. прим.	250000	15	12	26042
Комп'ютери	12000	4	12	333
Токарно-револьверний 1В340Ф30	140000	10	12	9722
Токарний НТ-160	100000	10	12	6944
програмне забезпечення	8000	10	12	556
				45680

Витрати на матеріали, у вартісному вираженні розрахуємо окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (3.6)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн./кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j=1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн./кг.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу	Ціна за кг., грн.	Витрач., кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн.	Коеф.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 30Л	65	0,971	0,351	22,4	1,1	61,6
Всього						61,6

Витрати на інструменти, які використовують при виробництві нового технічного рішення, розраховуються за формулою:

$$B_i = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j, \quad (3.7)$$

де H_j – кількість інструментів;

C_j – покупна ціна інструментів (без ПДВ);

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j=1,1 \dots 1,15$).

Таблиця 3.7 – Витрати на інструменти

Найменування інструменту	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Різець розточувальний №1	15	30,0	450,0
Різець розточувальний №2	10	40,0	400,0
Різець розточувальний №3	10	40,0	400,0
Різець №1	10	40,0	400,0
Різець №2	10	45,0	450,0
Свердлило спіральне	10	15,0	150,0
Свердлило спіральне	10	15,0	150,0
Свердлило спіральне	10	15,0	150,0
Мітчик	10	40,0	400,0
Цеківка	10	40	100
Всього			4935

Враховуючи коефіцієнт витрат на транспортування витрати на інструменти дорівнюватимуть $K_e = B_i \cdot 1,1 = 4935 \cdot 1,1 = 5428,5$ грн.

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (3.8)$$

де B – вартість 1 кВт-год. Електроенергії ($B = 6,16$ грн./кВт, кВт згідно із тарифами ПАТ «Вінницяобленерго» для промислових та прирівняних до них споживачами з приєднаною потужністю до 750 кВА 2-го класу);

Π – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

K_{Π} – коефіцієнт використання потужності; $K_{\Pi} < 1$.

Таблиця 4.8 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт.	Тривалість роботи, год.	Коефіцієнт використання потужності	Сума, грн.
Освітлення офісних приміщень	1,5	30	0,95	263,34
Освітлення вироб. приміщень	5	5	0,95	146,3
Комп'ютерна техніка	1,1	20	0,7	94,86
Верстати та інше обладнання	34	0,1564	0,9	29,48
				$B_e = 534$

Інші виробничі витрати доцільно прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення. Величину витрат розраховують за формулою:

$$B_{in} = 2,3 (Z_p + Z_o) = 3 \cdot (7,62 + 14353) = 43081,86 \text{ (грн.)}$$

Тоді визначаємо вкладення на розробку конструкторського технічного рішення відповідно до формули (3.1) будуть дорівнювати:

$$K = 7,62 + 14353 + 1723,7 + 3538,6 + 45680 + 61,6 + 5428,5 + \\ + 534 + 43081,86 = 114408,88 \text{ (грн.)}$$

Виконуємо розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи.

Загальна вартість всієї наукової роботи визначається за $B_{\text{заг}}$ формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B_{\text{ін}}}{\alpha}, \quad (3.9)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відповідних одиницях, в даному випадку $\alpha = 0,9$.

Тоді

$$B_{\text{заг}} = \frac{B_{\text{ін}}}{\alpha} = \frac{43081,86}{0,9} = 47868,7 \text{ (грн.)}$$

Виконуємо прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи. Прогнозування загальних витрат ZB на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$ZB = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta} = \frac{47868,7}{0,4} = 119670 \text{ (грн.)}$$

де $\beta = 0,4$ – коефіцієнт, який характеризує етап (стадії розробки технологій) виконання даної роботи.

3.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

За приблизними розрахунками на виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів, а також отримання прибутків необхідно 1 місяць. Позитивний ефект прогнозується одразу після впровадження розробки у виробництво, і за рахунок якісної зміни характеристик у порівнянні із аналогами. Актуальність нова розробка буде мати впродовж, мінімум, п'яти років.

В результаті дослідження виробництв де використовується схожі вироби, можна припустити, що впровадження нової розробки дозволить у порівнянні з аналогами, збільшити кількість оброблених деталей на 20% за перший рік, на

15% в другий, та на 10% у кожен послідуєчий за рахунок збільшення швидкості та якості роботи.

Приблизний час виробництво виробу в рік $T_{вир}$ (за умови використання в 3 зміни) складає 7176 год. ($T_{вир} = 0,156 \text{ год} \times 46000 \text{ шт}$). Приблизна ціна, яка буде менша аналогів та задовольнятиме потреби виробництва, становить $C_{вир} = 80 \text{ грн}$. Тоді прибуток від реалізації одного виробу становитиме:

$$\Pi = C_{вир} - M - Z_p = 120 - 61,6 - 7,62 = 10,78 \text{ (грн)}.$$

З цих даних можна розрахувати економічний ефект від впровадження розробки на підприємстві. Розрахунок проводимо за формулою:

$$\Delta\Pi_i = N \cdot C_{вир} \cdot R_i \cdot 0,8333 \cdot 0,82 \text{ [грн]}, \quad (3.10)$$

де N – програм випуску деталей у рік, шт;

$C_{вир}$ – запропонована ціна виробу, грн;

R_i – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки в поточному році;

Збільшення чистого прибутку протягом першого року ($R_1 = 0,20$):

$$\Delta\Pi_1 = 46000 \cdot 120 \cdot 0,2 \cdot 0,8333 \cdot 0,82 = 502913,2 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом другого року ($R_2 = 0,23$):

$$\Delta\Pi_2 = 46000 \cdot 120 \cdot 0,23 \cdot 0,8333 \cdot 0,82 = 578350,2 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом третього року ($R_3 = 0,26$):

$$\Delta\Pi_3 = 46000 \cdot 120 \cdot 0,26 \cdot 0,8333 \cdot 0,82 = 653787,2 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку протягом четвертого року ($R_4 = 0,29$):

$$\Delta\Pi_4 = 46000 \cdot 120 \cdot 0,29 \cdot 0,8333 \cdot 0,82 = 729224,2 \text{ (грн).}$$

Збільшення чистого прибутку протягом п'ятого року ($R_5 = 0,32$):

$$\Delta\Pi_5 = 46000 \cdot 120 \cdot 0,32 \cdot 0,8333 \cdot 0,82 = 804661,1 \text{ (грн).}$$

3.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності. Розрахунок ефективності вкладених інвестицій передбачає проведення таких робіт.

1. Розраховують теперішню вартість інвестицій PV, що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів дослідження, що складає 119670 грн. Для спрощення подальших розрахунків будують вісь часу, на яку наносять всі платежі (інвестиції та прибутки), що мають місце під час виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів. Платежі показуються у ті терміни, коли вони здійснюються.

Отже загальні витрати ЗВ на виконання та впровадження результатів роботи становлять 119670 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через шість місяців і впродовж п'яти років від початку розробки впровадження.

Тоді рисунок, що характеризує рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рисунок 3.1.

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{\text{абс}} = (\text{ПП} - \text{PV}), \quad (3.11)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 3B$, грн.

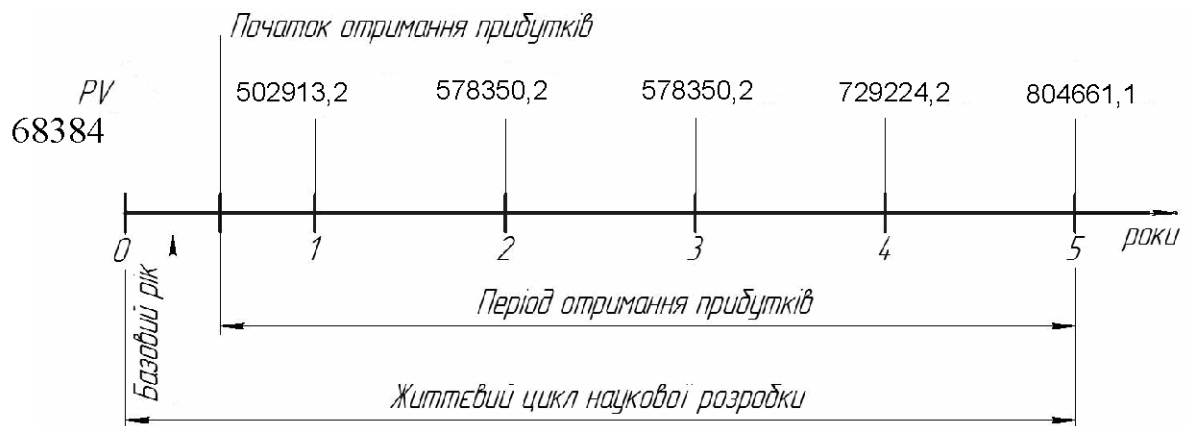


Рисунок 3.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$\text{ПП} = \sum_1^{\tau} \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (3.12)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн;

τ – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;

t – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки «0».

Якщо $E_{abc} \leq 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження буде збитковим і вкладати кошти в проведення цих досліджень ніхто не буде.

Якщо $E_{abc} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Розрахуємо абсолютну ефективність інвестицій, вкладених у реалізацію проекту. Домовимося, що ставка дисконтування τ дорівнює 0,1.

Таким чином, отримаємо:

$$ПП = \frac{502913,2}{(1+0,1)^2} + \frac{578350,2}{(1+0,1)^3} + \frac{653787,2}{(1+0,1)^4} + \frac{729224,2}{(1+0,1)^5} + \frac{804661,1}{(1+0,1)^6} = 2203700 \text{ (грн)}.$$

$$\text{Тоді } E_{abc} = (2203700 - 119670) = 2084030 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розраховуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_v . Для цього користуються формулою:

$$E_v = \tau \sqrt[1+\tau]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} \quad (3.13)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 3B$, грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Далі, розрахована величина E_v порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування $\tau_{\text{мін}}$, яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування $\tau_{\text{мін}}$ визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (3.14)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2019 році в Україні $d = (0,7...0,15)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,1)$, але може бути і значно більше.

Якщо величина $E_B > \tau_{\text{мін}}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. В іншому випадку фінансування наукової розробки здійснюватися не буде.

Спочатку спрогнозуємо величину $\tau_{\text{мін}}$. Припустимо, що за даних умов $\tau_{\text{мін}} = 0,1 + 0,05 = 0,15$.

Тоді відносна (щорічна) ефективність вкладних інвестицій в проведення наукових досліджень та впровадження їх результатів складе:

$$E_B = \tau_{\infty} \sqrt[5]{1 + \frac{E_{\text{abc}}}{PV}} - 1 = \sqrt[5]{1 + \frac{2084030}{119670}} - 1 = 0.79 \text{ або } 79 \%$$

Оскільки $E_B = 79\% > \tau_{\text{мін}} = 0,15 = 15\%$, то інвестора може зацікавити вкладання капіталу в дану розробку.

Розраховуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_B}. \quad (3.15)$$

Якщо $T_{\text{ок}} < 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним. В інших випадках потрібні додаткові розрахунки та обґрунтування. Термін окупності вкладених у реалізацію проекту інвестицій $T_{\text{ок}}$ складе:

$$T_{ок} = \frac{1}{0,79} = 1,3 \text{ років,}$$

що свідчить про можливу доцільність фінансування даної розробки.

3.5 Висновки до економічної частини

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на розробку нового технічного рішення, на його виробництво та впровадження, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Визначення капітальних витрат на розробку нового технічного рішення включало витрати на основну заробітну плату розробників (14353 грн.) і робітників (7,62 грн. на виготовлення одиниці продукції), а також додаткову заробітну плату (1723,7 грн.), амортизацію обладнання (45680 грн), витрати на електроенергію (534 грн), матеріали (61,6 грн. на одиницю продукції) і таке інше. В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, що склали 119670 грн., спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність (79%рік) вкладених інвестицій і періоду їх окупності (1,3 року). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно доцільною.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

Розглядаються умови праці на механічній ділянці, де виготовляється деталь типу «Фланець 01.17». Верстати живляться від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380/220

На виробничій ділянці під час роботи верстатів можлива дія таких шкідливих та небезпечних факторів [21, 22, 23]:

Фізичні

- рухомі машини та механізми виробничого обладнання, деталей, заготовки, матеріали що переміщуються;
- підвищена запиленість і загазованість робочої зони; підвищена температура обладнання робочої зони;
- підвищена чи понижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- високе значення напруги живлення обладнання;
- гострі кромки, шорсткість на поверхні заготовок;
- відсутність чи недостатність природного освітлення робочої зони;

Хімічні:

- подразнюючі (пари лугів, кислот, оксид азоту);
- концентрогенні (сірководень, окис вуглецю)

Психофізичні

- фізичне перевантаження;
- нервово - психічне перевантаження

4.2 Виробнича санітарія

Виробнича санітарія визначається як система організаційних, технічних засобів, які включають чи зменшують дію на робочих шкідливих виробничих факторів [24].

4.2.1 Мікроклімат ДСН 3.3.6.042-99

Показниками, які характеризують мікроклімат, являються: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового опромінювання. Температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря може бути підвищеною і пониженою. Причиною цього можуть бути несприятливі погодні умови, недостатнє опалення в холодний період року, протяги.. Дільниця відноситься до приміщень з незначними надлишками явного тепла 20ккал/м год. і менше, категорія робіт II б. робоче місце постійне, дійсна температура 15-19°C, вологість 60-75%, швидкість руху повітря 0,2-0,4м/с (таб. 4.1)

Таблиця 4.1 - Дійсні та допустимі значення мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура		Вологість		Шв. руху повітря	
		дійсна	допуст.	дійсна	допуст.	дійсна	допуст.
Холодний	II б	15-19	15-21	60-75	75	0,2-0,4	0,4
Теплий	II б	20-25	16-27	60-75	70	0,2-0,4	0,2-0,5

Таблиця 4.2 - Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Концентрація шкідливих речовин мг/м ³		
Оксид азоту	Озон	Тверда фаза
2,74±0,18	0,76±0,026	0,7

Гранична допустимі концентрації шкідливих газів, парів та пилу в повітрі робочих зон приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Гранична допустимі концентрації шкідливих газів, парів та пилю

Забруднюючі речовини	Концентрація		
	Допустимі	неблагоприємні	недопустимі
Мг/л	-	0,1-0,3	більше 0,3
Аерозолі, мг/м ³	900,3	0,2-0,3	більше 0,3
Пил, мг/м	905	5-Ю	більше 10
CO ₂ , %	до 0,17	0,17-10	більше 10
CO, мг/л	0,02	0,02-0,03	0,03

Засоби та захист від впливу газів

Засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) — дихальний апарат, протигаз, респіратор, переносний людиною технічний пристрій, що забезпечують захист органів дихання від інгаляційного впливу небезпечних хімічних та інших шкідливих речовин, присутніх у вигляді аерозолів, пари або газів, а також при нестачі кисню в повітрі. До ЗІЗОД можна також віднести пневмокуртки і пневмокостюми, що використовуються в атомній промисловості.

За принципом захисної дії ЗІЗОД поділяють на фільтруючі та ізолюючі.

Засоби захисту органів дихання фільтруючого дії – це протигазу і респіратори, що забезпечують захист в умовах достатнього вмісту вільного кисню в повітрі (не менше 16%) і обмеженого вмісту шкідливих речовин. Вони знаходять широке застосування як найбільш доступні, прості та надійні в експлуатації. У відповідності з ГОСТ фільтруючі ЗІЗОД позначаються літерою «Ф».

ЗІЗОД ізолюючого типу здатні забезпечувати органи дихання людини необхідною кількістю свіжого повітря незалежно від складу навколишньої атмосфери. До них відносять:

- автономні дихальні апарати, що забезпечують органи дихання людини дихальною сумішшю з балонів зі стисненим повітрям чи стисненим киснем або за рахунок регенерації кисню за допомогою кисневмісних продуктів а також ізолюючі респіратори та саморятівники;

• шлангові дихальні апарати, за допомогою яких чисте повітря подається до органів дихання по шлангу від повітродувок або компресорних магістралей.

У відповідності з ГОСТ ізолюючі ЗІЗОД позначаються літерою "Г"

4.2.2 Освітленість

Освітлення в виробничих цехах є природнім і штучним. Природне освітлення на виробничій ділянці є верхнє і бічне, яке здійснюється через світлові пройми в даху і зовнішніх стінах. При такому освітленні нормуються мінімальні значення коефіцієнта природного освітлення відповідно до СНиП СНиП 23-05-95 [25]:

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c, [\%] \quad (4.1)$$

де e_n^{III} - значення КПО для будов, розташованих в 3-му світловому поясі c
- коефіцієнт сонячності

За СНиП 2-4-19 приймаємо $e_n^{III} = 2.5\%$ при зорових роботах дуже високої точності $m = 0.75$, азимут - 90°

Таблиця 4.4 - Норми освітленості

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту	Розряд зорових робіт	Підрозряд зорових робіт	Контраст об'єкту з фоном
Дуже високої	Вище 0.3 - 0.5	3	В	Середній
Характеристика фону	Штучне освітлення		Природне освітлення	
	комбіноване	загальне	Верхнє чи верхнє бічне	
середній	2000лн	500лн	1.7	

$$e_n^{IV} = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,7\%.$$

Штучне освітлення здійснюється за системою загального освітлення коли освітлюються всі приміщення, виключаючи робочі повинні, проходити, за

допомогою освітлювачів, встановлених під стелею. В якості світла використовують люмінесцентні лампи.

Штучне освітлення поділяють на робоче, аварійне, евакуаційне та охоронне. При використанні в приміщенні робіт розряду 2В необхідно використати систему комбінованого освітлення $E = 200 \text{ лк}$.

Розрахунок загального освітлення методом коефіцієнту використання світлового потоку Вихідні дані: довжина - $A=48\text{м}$, ширина - $B=24\text{м}$, висота - $H=6\text{м}$.

Колір забарвлення: - білий, стіни - світлосірий.

Напруга мережі 380/220В. Висота підвищення ВП над робочою $H_p = 5\text{м}$. Клас вибухонебезпечності по ПУЕ: приміщення по пожежній безпеці (ОНТП24-84) (пожежонебезпечна); по ступені поразки електричним струмом - з особливою небезпекою.

Знаходимо на ділянці найменший об'єкт розрізнення розміром від 0,5 до 1,0мм, розряд зорової роботи М) (фон темний - темний, контраст середній). Нормоване значення освітленості при загальному освітленні $E_n = 200 \text{ лк}$

Вибір світильників

Вибираємо СВ типу ОДР-2 з люмінесцентними лампами ЛХБ80, розміщаючи їх рядами, паралельними довгій стороні з вікнами. Довжина СВ 15-34м.

Для вибраного типу СВ враховуємо ширину приміщення, приймаємо найвигідніше відношення $\lambda = 1,2$

$$\text{Тоді } L = H_p \cdot \lambda = 5 \cdot 1.2 = 6.0$$

Відстань від стін до першого ряду СВ приймаємо $l = 0.51 = 3$.

Кількість СВ в одному ряду по довжині:

$$N = A - L/L + 1 = 48 - 6/6 + 1 = 8$$

Кількість СВ в одному ряду по ширині

$$N = B - L/L + 1 = 24 - 6/6 + 1 = 4$$

Де Н - висота приміщення

h_c - відстань від світильників до перекриттів

h_n - висота світильників над підлогою

h - розрахункова висота

Індекс приміщення

$$I = A \cdot B / H_c \cdot (A + B) = 48 \cdot 24 / 5 \cdot (48 + 24) = 3,2$$

Приймаємо коефіцієнт відбиття:

Стелі $p_{cm} = 70\%$

Стін $p_c = 50\%$

Підлоги $p_n = 10\%$

Коефіцієнт використання світлового потоку

Світловий потік одного джерела освітлення

$$\Phi_{CB} = \frac{E_H \cdot p \cdot z \cdot K}{\eta \cdot N} = \frac{200 \cdot 1152 \cdot 1,5 \cdot 11}{32 \cdot 0,9} = 132(\text{лм})$$

Так як світловий потік СВ ПВЛД з двома лампами ЛХБ – 80

$$\Phi_{ce} = \Phi_n \cdot 2 = 5040 \cdot 2 = 1080(\text{лм})$$

Менший розрахункового значення, проводимо перерахунок кількості СВ

$$N = \frac{E_H \cdot p \cdot k_3 \cdot 2}{\Phi_{CB} \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 1152 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{10080 \cdot 0,9} = 4,4$$

Встановлюємо в приміщенні 44СВ, розмістивши їх в 4 ряди, по 2СВ в ряду

по довжині між центрами

$$L_1 = \frac{A-2L}{N_p} - 1 = \frac{48-2 \cdot 3}{11} - 1 = 4.2$$

Фактична освітленість у приміщенні буде рівна

$$E_{\Phi} = \frac{\Phi_{\text{св}} \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K \cdot Z} = \frac{1080 \cdot 4.4 \cdot 0.9}{1152 \cdot 1.5 \cdot 1.1} = 210_{\text{лм}}$$

Загальна встановлена потужність СВ з врахуванням втрат у пускорегулювальній апаратурі ПРА:

$$W_{\text{заг}} = N \cdot 2 \cdot W_n = 44 \cdot 2 \cdot 80 \cdot 1.2 = 8448 \text{ Вт} = 8,5 \text{ (кВт)}$$

Загальна кількість СВ:

$$N = N_{\text{свд}} \cdot N_{\text{свш}} = 8 \cdot 4 = 32$$

4.2.3 Виробничий шум

Джерелом шуму на ділянці є працююче обладнання та інструменти.

За характером спектру шум на ділянці широкопasmовий із безперервним спектром шириною більше октави. За часовими характеристиками шум постійний, так як рівень звуку за восьмигодинний робочий день змінюється в часі не більш, ніж на 5 дБА. За походженням шум механічний (від працюючого обладнання) і аеродинамічний (від вентиляційних установок). Характеристикою шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Допускається в якості характеристики постійного широкопasmового шуму на робочих місцях при орієнтовній оцінці приймати рівень звуку (дБА), виміряний на тимчасовій характеристиці "повільно" шумоміра по ГОСТ 17187-85 [26].

Гранично допустимий спектр шуму на робочих місцях на механічній дільниці відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 приведений у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 - Допустимий спектр шуму на робочих місцях

Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньою арифметичною частотою (Гц)									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення шуму на дільниці використовують архітектурно-планувальні методи захисту. Сюди відноситься раціональне розміщення технологічного обладнання, верстатів, раціональне розміщення робочих місць, раціональне акустичне планування зон і режиму руху транспорту, створення різних шумозахищених зон в різних місцях знаходження людей.

Вимоги по допустимому рівню шуму виконуються.

4.2.4 Виробничий шум та вібрація

Від робочого інструменту та працюючого обладнання на працюючих може виникати вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення.

Категорія вібрації 3 тип "а" - технологічна на робочих місцях. Критерій оцінки - межа зниження продуктивності праці. На працюючих діє локальна і загальна вібрація. Вона передається через руки працюючих і через підшви ніг.

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на працюючого при тривалості зміни 8 год, відповідно до ГОСТ 12.1.012 – 90, приведені в табл. 4.6 [27].

Таблиця 4.6 – Санітарні норми одночисельних показників вібраційного навантаження на оператора при тривалості зміни 8 год

Вид вібрації	Категорія Вібрації по санітарним нормам	Направлення руху	Нормовані, коректовані по частоті і еквівалентні коректовані значення			
			віброприскорення		віброшвидкість	
			м/с·10 ⁻²	дБ	м/с·10 ⁻²	дБ
Загальна	3а	Z ₀	0,1	100	0,2	92
Локальна		Y ₀ X ₀	2,0	125	2	112

Для зменшення вібрації, яка передається на робочі місця, обладнання дільниці встановлено на віброізолятори. Вентилятори систем вентиляції також встановлюють на віброізолятори і розміщують поза приміщеннями.

Вимоги по допустимому рівню вібрації виконуються.

4.3 Техніка безпеки

Технологічне обладнання, пристосування підлягають технологічному періодичному огляду. Працюють особи віком старше 18 років, які пройшли спеціальне навчання та інструктажі з ТБ та ПБ.

Для колективного захисту від дії електричного струму напругою 380/220 В передбачено занулення(захисне заземлення), ізоляція та недоступність струмонесучих частин.

Зняття та встановлення клапанних пружин та гальмівних пружин проводиться тільки з застосуванням спец, пристосувань та інструменту.

Розливи мінеральних мастил своєчасно прибирають тирсою.

Слюсарі проходять чергові інструктажі з ТБ один раз у квартал.

4.3.1 Електробезпека

Приміщення дільниці відноситься до приміщень з особливою небезпекою.

Характеризується: наявністю струмопровідної підлоги, можливість

одночасного дотику працівника до металевих конструкцій приміщення, які мають з'єднання із землею та із металевими корпусами обладнання [28].

Для захисту працівника від ураження електричним струмом передбачаємо:

- занулення всіх неструмоведучих частин обладнання;
- встановлення захисного вимикання;
- ізоляція та прокладка всіх електрокабелів в металевих трубах;
- використання інструментів з ручками з ізолюючого матеріалу

4.4 Пожежна безпека

4.4.1 Визначення категорії та ступеня вогнестійкості

Дільниця відноситься до категорії Г-за пожежною небезпекою. До цієї категорії відносяться виробництва, зв'язані з обробкою неспалимих речовин і матеріалів у гарячому, розжареному або розплавленому стані, який супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я, а також виробництва, зв'язані із спалюванням твердого, рідкого й газоподібного палива.

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 [29].

При проведенні робіт на дільниці забороняється:

користуватися несправною апаратурою; працювати в приміщеннях де застосовуються або зберігаються легкозаймисті матеріали та рідини;

прокладати струмоведучі зварювальні проводи разом із газозварювальними шлангами та трубопроводами; зберігати у зварювальних кабінах одяг і рукавиці з слідами мастила, бензину, газу.

Необхідна сумарна ширина дверей або проходів на шляхах евакуації повинна бути забезпечена з розрахунку не менше 125 чол. на 1 м ширини для одноповерхових будівель. Ширина коридорів у виробничих та допоміжних приміщеннях має бути не менше 1,4 м, а ширина дверей - не менше 0,8 м.

4.4.2 Можливі причини виникнення пожеж

Причини виникнення пожеж:

- недотримання правил пожежної безпеки;

- необережне поводження з вогнем;
- несправність електрообладнання;
- перегрів електрообладнання та струмонесучих частин;
- загоряння внаслідок контакту із стружкою, що має високу температуру;
- перегрівання інструмента внаслідок некоректних режимів різання та невикористання ЗОР;
- аварії, катастрофи;
- природні явища.

4.4.3 Засоби виявлення та пожежегасіння

Система пожежної сигналізації — сукупність технічних засобів, призначених для виявлення пожежі, обробки, передачі в заданому вигляді повідомлення про пожежу, спеціальної інформації та видачі команд на включення автоматичних установок пожежегасіння і включення виконавчих установок систем протидимного захисту, технологічного та інженерного обладнання, а також інших пристроїв протипожежного захисту.

Установки і системи пожежної сигналізації, оповіщення та управління евакуацією людей при пожежі забезпечують автоматичне виявлення пожежі за час, необхідний для включення систем оповіщення про пожежу з метою організації безпечної (з урахуванням допустимого пожежного ризику) евакуації людей в умовах конкретного об'єкта.

На кожному небезпечному об'єкті мають бути всі засоби для швидкого виклику пожежної охорони. На особливо важливих і небезпечних щодо пожежі об'єктах рекомендується налагодити прямий телефонний зв'язок з пожежною командою. Справність усіх видів пожежного зв'язку та сигналізації систематично контролюється.

Дільниця повинна бути обладнана системою пожежного водопостачання.

Рунними вогнегасниками гасять пожежі, які не встигли поширитися. До них належать пінні вогнегасники ОП-1; ОП-3; ОП-5 [28].

Дільниця обладнується також пожежними щитами.

Допустимі відстані від найвіддаленіших робочих місць до виходів назовні в залежності від категорії виробництв і ступені вогнестійкості приміщення-60 м (II ступінь вогнестійкості).

Промислові підприємства мають зовнішнє і внутрішнє протипожежне водопостачання. Необхідний тиск води створюється стаціонарними пожежними помпами, котрі забезпечують подання компактних струменів на висоту не менше 10 м або рухомими пожежними помпами і мотопомпами, що забирають воду із гідрантів.

Для гасіння пожеж всередині будівель, крім пожежних кранів встановлюються автоматично діючі спринклерні або дренчерні установки. Спринклерна установка водяної системи являє собою розгалужену мережу труб під стелею зі спринклерними головками (розбризкувачами), які закриті легкоплавкими замками, що розраховані на спрацювання при температурі 72, 93, 141, 182 °С. Установки мають контрольно-сигнальний клапан, який пропускає воду в спринклерну мережу, при цьому одночасно подає звуковий сигнал, контролює тиск води до і після клапану.

Піни для гасіння пожеж являють собою суміш газу з рідиною. Гасіння піною полягає в тому, що пінне покриття є ніби екраном, який запобігає дії тепла зони горіння на поверхню речовини. Піна запобігає виходу рідини в зону горіння, виявляючи ізолюючу дію. Піна виявляє і деяку охолоджуючу дію.

Вибір типу і розрахунок необхідної кількості вогнегасників проводиться відповідно до чинних нормативів (НАПБ Б.03.002-2007 “Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою”).

Критеріями вибору типу і необхідної кількості вогнегасників для захисту об'єкта є:

- рівень пожежної безпеки об'єкта (будинку, споруди, приміщення);
- клас пожежі горючих речовин та матеріалів, наявних у ньому;
- придатність вогнегасника для гасіння пожежі певного класу та відповідність умовам його експлуатації;

- вогнегасна здатність вогнегасника конкретного типу;
- категорія приміщення за вибухопожежною або пожежною небезпекою;
- наявність у приміщенні модульної установки автоматичного пожежегасіння;
- площа об'єкта.

Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників проводиться згідно з нормами належності, наведеними в таблиці 4.5.

Враховуваши, що виробнича діляниця де знаходиться робоче місце має 144м² пощу, для пожежогасіння обираємо вогнегасники типу ВП-6 - 4 шт.

Таблиця 4.7 – Норми належності порошкових вогнегасників для виробничих і складських будинків та приміщень промислових підприємств

Категорія приміщення	Гранична захищена площа, м ²	Клас пожежі	Мінімальна кількість вогнегасників				
			Заряд вогнегасної реч., кг				
			6	8	9	12	20
Г	до 50 включно	А, (Е)	2	1	1	1	-
	більше 50 до 150 включно	А, (Е)	3	2	2	2	-
	більше 150 до 500 включно	А, (Е)	4	3	3	2	1
	більше 500 до 1000 включно	А, (Е)	6	4	4	3	2

Оскільки на розглядуваній ділянці використовується ПЕОМ, тому слід використовувати також вуглекислотні вогнегасники або аерозольні водопінні вогнегасники.

Приймаємо для використання 1 переносний вуглекислотний вогнегасник ВВК-1,4 (з розрахунку один вогнегасник ВВК-1,4 чи ВВК-2 або один ВВПА-400 (вогнегасник водопінний аерозольний з масою заряду вогнегасної речовини 400 г) на три ПЕОМ, але не менше ніж один вогнегасник зазначених типів на приміщення).

Відстань між місцями розташування вогнегасників не повинна перевищувати: 15 м – для приміщень категорій А, Б, В (горючі гази та рідини);

20 м – для приміщень категорій В, Г, а також для громадських будівель та споруд.4.4.4 Дії працівників в разі виникнення пожежі

Кожен працівник, який виявив пожежу або її ознаки (задимлення, запах горіння або тління різних матеріалів, підвищення температури в приміщенні тощо), зобов'язаний:

- негайно повідомити про це за телефоном до пожежної частини (при цьому слід чітко назвати адресу -об'єкта, місце виникнення пожежі, а також свою посаду та прізвище);

- задіяти систему оповіщення людей про пожежу, розпочати самому і залучити інших осіб до евакуації людей з будівлі до безпечного місця згідно з планом евакуації;

- сповістити про пожежу керівника на виробництві.

Керівник на механічній зобов'язаний:

- перевірити, чи повідомлено до пожежно-рятувальної служби про виникнення пожежі;

- здійснювати керівництво евакуацією людей та гасінням пожежі до прибуття пожежних підрозділів. У разі загрози для життя людей негайно організувати їх рятування, використовуючи для цього всі наявні сили і засоби;

- виділити для зустрічі пожежних підрозділів особу, яка добре знає розміщення під'їзних шляхів та вододжерел;

- перевірити включення в роботу автоматичної (стаціонарної) системи пожежогасіння;

- вилучити з небезпечної зони всіх працівників та інших осіб, не зайнятих евакуацією людей та ліквідацією пожежі;

- у разі потреби викликати до місця пожежі медичну та інші служби;

- забезпечити безпеку людей, які беруть участь в евакуації та гасінні пожеж.

Висновки:

В даному розділі були розглянуті питання ОП, гігієни праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

Отже в результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи визначено, що деталь «Фланець 01.17» є технологічною, нетехнологічні елементи конструкції є не критичними і не чинять суттєвого впливу на технологію виробництва. Встановлений тип виробництва деталі, як серійний дозволив більш якісно спроектувати варіанти виготовлення заготовок. На основі розрахованих техніко-економічних показників двох варіантів отримання заготовки деталі «Фланець 01.17», проаналізувавши програму випуску та врахувавши форму та конструктивні особливості, як заготовку для майбутньої деталі було обрано лиття у піщано – глинисті форми з машинним формуванням суміші по металевих моделях.

В роботі розроблено алгоритм обробки деталі та технологічний процес механічної обробки з розрахунками проміжних припусків та режимів різання.

Розроблено робоче місце механічної обробки деталі «Фланець 01.17» на основі технологічного обладнання з ЧПК, а також застосування промислового робота «ППРІІ 521», що дозволило автоматизувати процес механічної обробки деталі на заданій технологічній операції. Застосування САД-системи КОМПАС V16 та САД/САМ-системи АДЕМ дозволило автоматизувати створення програми для обробки деталі на верстаті ЧПК на токарно-револьверній операції

В магістерській кваліфікаційній роботі розраховані основні економічні показники забезпечення виготовлення деталі «Фланець 01.17», що дозволило забезпечити економічний ефект від реалізації вкладених інвестиції з періодом окупності 1,3 років. Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення деталі «Фланець 01.17».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. / Ю.Г. Козырев – М.: Машиностроение, 1988. – 392 с.
2. Бурдаков С.Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев.– М. высшая школа, 1986. – 264С.
3. Павленко П.М., Яблочников Є.І., Буренніков Ю.А., Козлов Л.Г. Автоматизація технічної підготовки виробництва. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006.– 114с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред.– Минск. «Высшая школа», 1983.– 256 с.
5. Дусанюк Ж.П. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з дисципліни "Проектування механоскладальних дільниць та цехів " для студентів заочної форми навчання спеціальностей "Технологія машинобудування" та "Менеджмент організацій машинобудування" / Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк – Вінниця: ВДТУ, 2002 – 58 с.
6. ГОСТ 26645 - 85. Отливки из металлов й сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. М.: Издательство стандартов, 1989.
7. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач,- Киев «Выща школа». 1999.–247 с.
8. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник / [Ж. П.Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський та ін.].— Вінниця : ВНТУ, 2009. —199 с.
9. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И.] ; Под ред. В. В. Бабука. Минск : Вышэйшая школа, 1987.— 255 с.

10. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Технологія обробки типових деталей та складання машин” для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування” та “Металорізальні верстати та системи” /Уклад. О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик.

11. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 1. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1972.— 694с.

12. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.— 496с.

13 - 2. Компас-3D V13. Руководство пользователя, – АО Аскон, 2011г. – 210с.

14 Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «САП верстатів з ЧПК» / Уклад. Д. О. Лозінський, О. В. Петров, О. М. Мироненко. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 42 с.

15.Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. — М. : Экономика, 1990. – 473 с.

16. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования: Серийное производство. М. : Машиностроение, 1974. — 421 с.

17. Козырев Ю.Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов: учебное пособие / Ю.Г. Козырев.– М.:КНОРУС, 2010.–312с.

18. Лозінський Д.О. Модернізація системи керування промислового робота / Д.О. Лозінський, А. В. Коломійчук, І. А. Хоменко, А. М. Білінський, В. Ю. Гуменюк // XLVIII науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-

дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (березень 2019 р.).

19. Лозінський Д.О. Дослідження впливу траєкторії обробки деталей на фрезерних вертатах з ЧПК на продуктивність / Є.О. Солтик, А. О. Наконечна, А. М. Білінський, П.І. Мазур // II Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування» – Вінниця: ВНТУ.– 2016.– С.226-228.

20. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В. О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

21. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении / Е.Я. Юдин. М.: Машиностроение, – 1983. - 432 с.

22. ГОСТ 12.2.003 – 91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

23. ГОСТ 12.2.002 – 73. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

24. ГОСТ 12.1.003 – 88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

25. П – 4 – 79/85. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.

26. ДНАОП 0.03.14 – 83. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих зонах.

27. ГОСТ 12.1.012 – 90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

28. ГОСТ 12.1.030 – 81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, Зануление. Общие требования безопасности, 1987.

29. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

30. Стеблюк М.І. Цивільна оборона: Підручник. / М.І. Стеблюк – К.: Знання, 2006. – 487 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

_____ (підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

РОБОЧЕ МІСЦЕ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
«ФЛАНЕЦЬ 01.17» З ВИКОРИСТАННЯМ САД/САМ - СИСТЕМ
08-26.МКР.003.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доцент каф. ТАМ
Лозінський Д.О. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-18м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Білінський А.М. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Вінниця ВНТУ 2019

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) низький рівень автоматизації, підвищені непродуктивні витрати часу при механічній обробці деталі «Фланець 01.17»;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) мета – є розробка робочого місця механічної обробки деталі «Фланець 01.17»;

б) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Вихідними даними є креслення деталі «Фланець 01.17». та річна програма випуску 43000 шт.

4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати розробки, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками чи експериментальними даними.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експериментальних) досліджень об'єкту вивчення	02.09.19 р.	22.10.19 р.	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Моделювання та аналіз результатів дослідження, проектування та розробка.	04.10.19 р.	28.11.19 р.	розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	04.10.19 р.	02.12.19 р.	розділ 3, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	04.10.19 р.	02.12.19 р.	розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	04.10.19 р.	02.12.19 р.	пояснювальна записка

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив

рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів науково-дослідницької частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

8. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

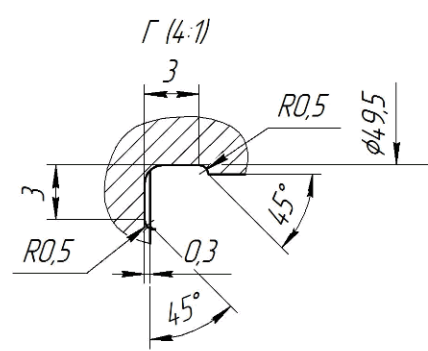
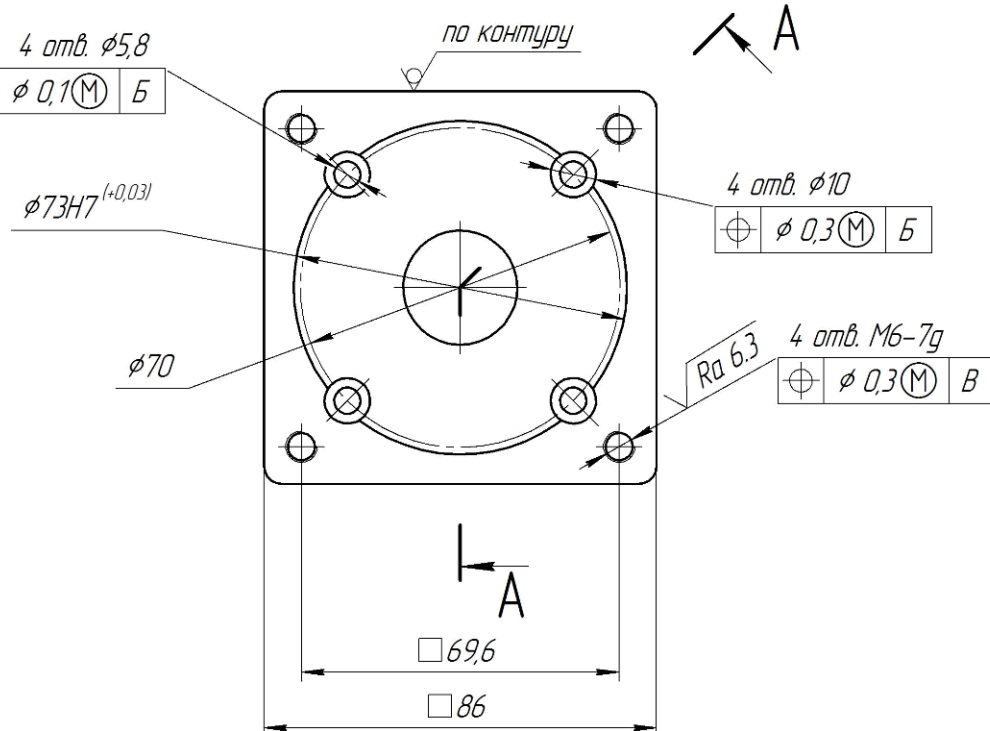
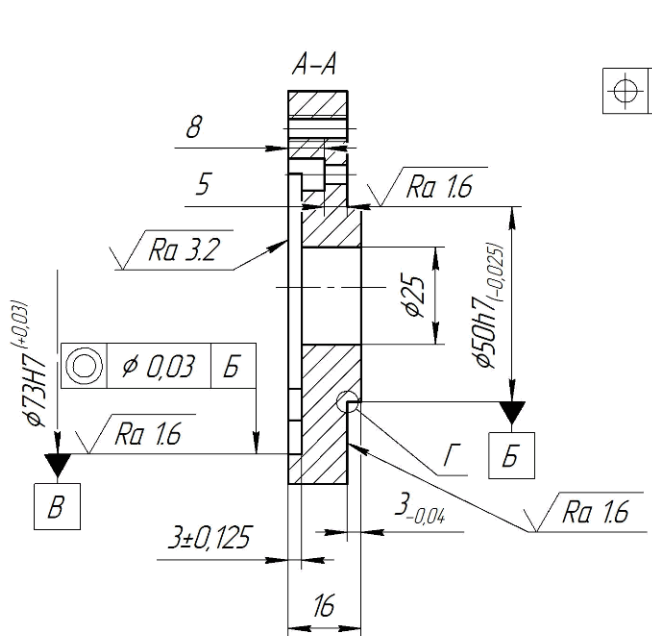
Вимоги відсутні.

Додаток Б

Графічна частина

08-26.МКР.003.01.000

$\sqrt{Ra\ 12.5}$ (\checkmark)



- Невказані граничні відхилення отворів Н14, валів h14 та ін. $\pm IT14/2$
- Гострі кромки притупити фасками 0,5x45 мм.

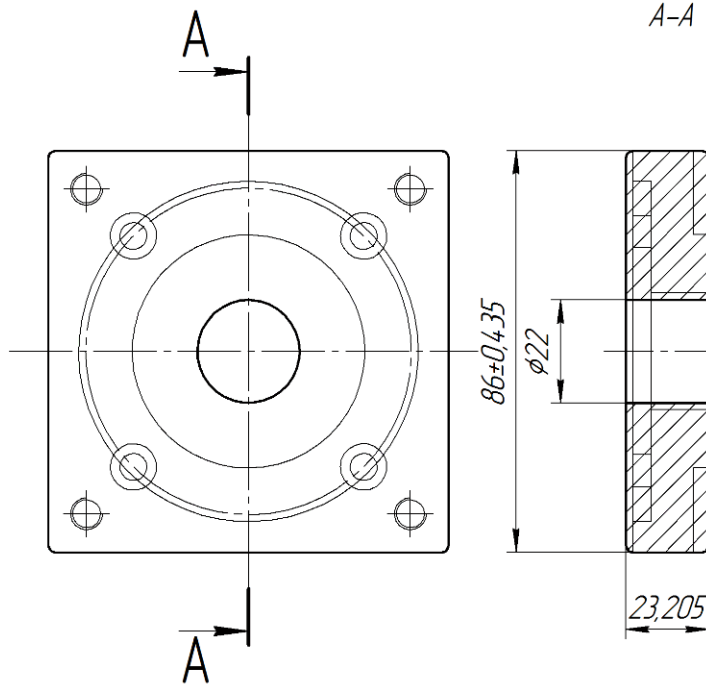
Перв. примен.
Староб. №
Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № учёт.
Подп. и дата
Инв. № подл.

				08-26.МКР.003.01.000		
Изм./Лист	№ док.им.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Билінський А.М.		06.12.19		0,62	1:1
Проб.	Лозінський Д.О.		06.12.19			
Т.контр.				Лист	Листов	1
Н.контр.	Сердюк О.В.		10.12.19	Сталь 30Л ГОСТ 1050-88		
Утв.	Козлов Л.Г.		10.12.19			
				ВНТУ ст.гр.17М-18м		
				Формат А3		

Копиробал

08-26.МКР.003.02.000

$\sqrt{Ra\ 12,5 (\checkmark)}$



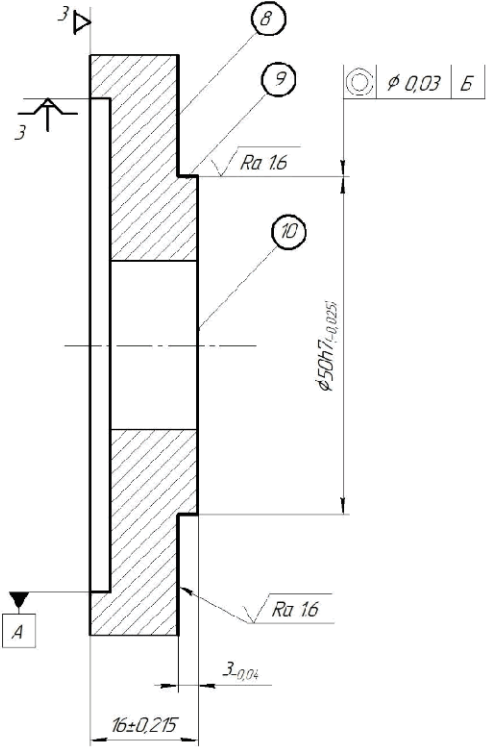
1. Точність виливка 7m - 5 - 9 - 7m ГОСТ26645-85.
2. Маса 0,97 - 1,5 - 0,9 - 0,62.
3. Невказані ливарні радіуси - R1..6 мм, нахили - 3°11'..4°34'.
4. Твердість 260..300 НВ.

Перв. примен.	
Спраб. №	
Лист. и дата	
Инв. № дробл.	
Взам. инв. №	
Лист. и дата	
Инв. № лодл.	

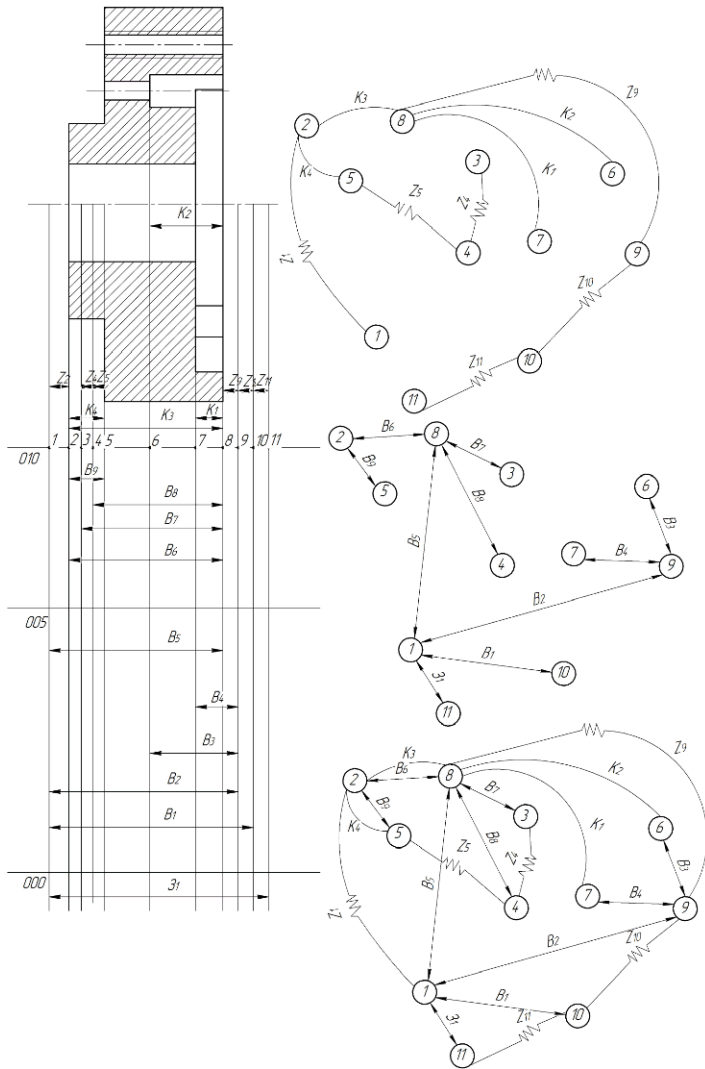
08-26.МКР.003.02.000			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Білінський А.М.		06.12.19
Проб.	Лозінський Д.О.		06.12.19
Т.контр.			
Н.контр.	Сердюк О.В.		10.12.19
Утв.	Козлов Л.Г.		10.12.19
Фланець 01.17 (заготовка)			Лит. Масса Масштаб
			0,97 1:1
Сталь 30Л ГОСТ 1050-88			Лист Листов 1
			ВНТУ ст.гр.1ПМ-18м
Копирвал			Формат А4

№	Операції, переходи	Ескізи та схеми установки	Моделі верстатів
005	<p>Багатоцільова з ЧПК</p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку</p> <p>2 Точити торець 1 попередньо у розмір $21,305^{+0,43}$ мм</p> <p>3 Точити торець 1 попередньо у розмір $19,375^{+0,43}$ мм</p> <p>4 Центрувати поверхні 5,6,7 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>5 Свердлити поверхню 5 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>6 Свердлити поверхню 7 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>7 Цекувати поверхню 6 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>8 Нарізати різь М6-7g в отворі 5 витримуючи розміри вказані на ескізі</p> <p>9 Розточити поверхні 2,4 попередньо у розмір $4,75(\pm 0,215)$мм, а поверхню 3 у розмір вказаний на ескізі</p> <p>10 Розточити поверхні 2,4 у розмір $\phi 72,81$ мм</p> <p>11 Розточити поверхні 2,4 у розмір $\phi 72,91$мм</p> <p>12 Підрізати торець 1 остаточно в розмір згідно ескізу</p> <p>13 Розточити поверхні 2,4 остаточно в розмір згідно ескізу</p> <p>14 Зняти деталь</p>	<p>Technical drawing showing a cross-section (A-A) and a top view of a multi-purpose CNC part. The cross-section shows a cylindrical part with various diameters and features. Key dimensions include a total length of $177,5 \pm 0,215$ mm, a diameter of $\phi 73 \pm 0,03$ mm, and a diameter of $\phi 25$ mm for a central hole. Surface roughness values are specified as $Ra 3,2$ and $Ra 1,6$. The top view shows a square plate with four holes of diameter $\phi 10$ mm and four holes of diameter $\phi 5,8$ mm. A central hole has a diameter of $\phi 0,3$ mm. A surface roughness of $Ra 12,5$ is indicated for the top surface. A section line A-A is shown with arrows pointing to the cross-section and top view.</p>	<p>Багатоцільовий з ЧПК</p> <p>114.20ПФ40</p>

1 Невказані граничні відхилення отворів H7, валів h7 та ін. ±IT14/2

№	Операції, переходи	Ескізи та схеми установки	Моделі верстатів
010	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <p>1 Встановити і закріпити заготовку 2 Точити поверхні 8,9 попередньо у розмір $16(\pm 0,215)$ мм, а поверхню 10 в розмір згідно ескізу 3 Точити поверхні 8,9 попередньо у розмір $14,11(\pm 0,055)$ мм 4 Точити поверхні 8,9 остаточно в розмір згідно ескізу 5 Зняти деталь</p>	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra 12,5}$ (M)</p>  <p>The drawing shows a vertical shaft with several features: <ul style="list-style-type: none"> Top chamfered edge with chamfer angle 3. Surface 8: top cylindrical part with diameter $16 \pm 0,215$ mm and surface finish $Ra 16$. Surface 9: cylindrical part with diameter $14,11 \pm 0,055$ mm and surface finish $Ra 16$. Surface 10: central cylindrical part with diameter $\phi 50h7_{-0,025}$. Bottom chamfered edge with chamfer angle 3. Bottom diameter dimension $16 \pm 0,215$ mm. Bottom chamfer width dimension $3_{-0,04}$. Surface texture symbol $\sqrt{Ra 12,5}$ (M) is present in the upper right. Dimensional tolerance symbol $\phi 0,03$ B is shown near the top. </p> <p style="text-align: center;">1. Неказані граничні відхилення створів H14, валів h14 та ін. $\pm IT14/2$</p>	<p>Токарно-револьверний верстат з ЧПК HT160</p>

Розмірний аналіз технологічного процесу



Мінімальні припуски

Припуски	Z2	Z4	Z5	Z9	Z10	Z11
Z _{min}	1,5	1,5	0,8	0,8	1,5	1,5

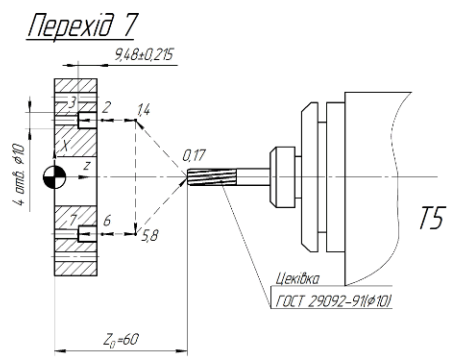
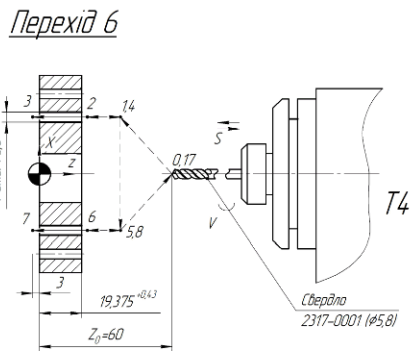
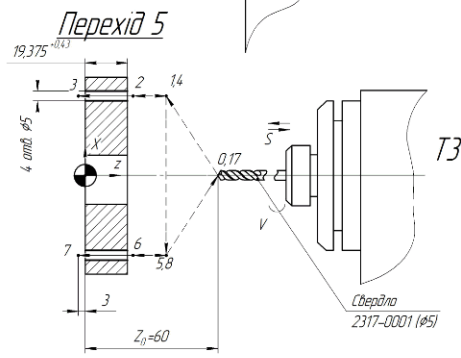
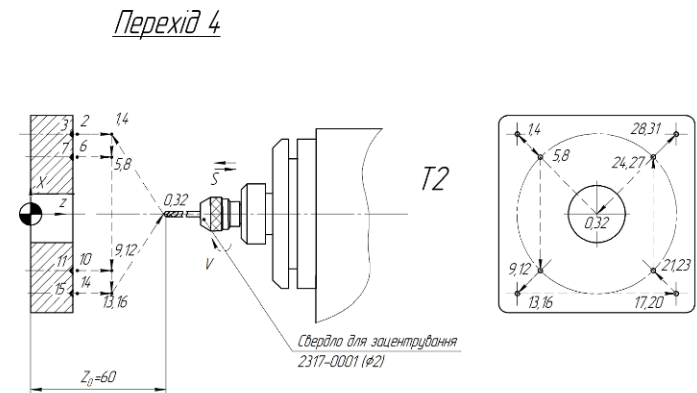
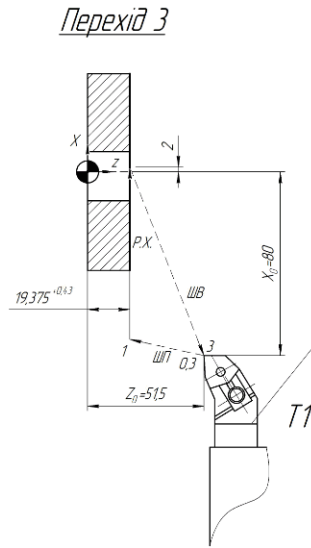
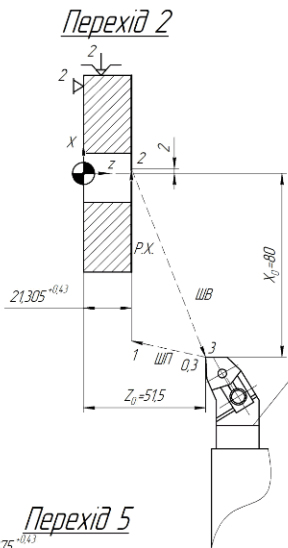
Максимальні припуски

Припуски	Z2	Z4	Z5	Z9	Z10	Z11
Z _{max}	2,36	2,04	1,38	1,66	1,36	2,73

Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Познач розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номинальний розмір	Значення розміру	
	мін.	макс.			у документі	на кресленні вихідної заготовки
B1	20,875	21,305	0,43	21,305	21,305±0,43	-
B2	18,945	19,375	0,43	19,375	19,375±0,43	-
B3	9,3	9,66	0,36	9,48	9,48±0,18	-
B4	4,535	4,965	0,43	4,75	4,75±0,215	-
B5	17,715	18,145	0,43	18,145	18,145±0,43	-
B6	15,785	16,215	0,43	16,43	16±0,215	-
B7	15,665	16,095	0,43	15,88	15,88±0,215	-
B8	14,055	14,165	0,11	14,11	14,11±0,055	-
B9	2,96	3	0,04	3	3-0,04	-
31	22,805	23,605	0,8	23,205	-	23,205±0,4

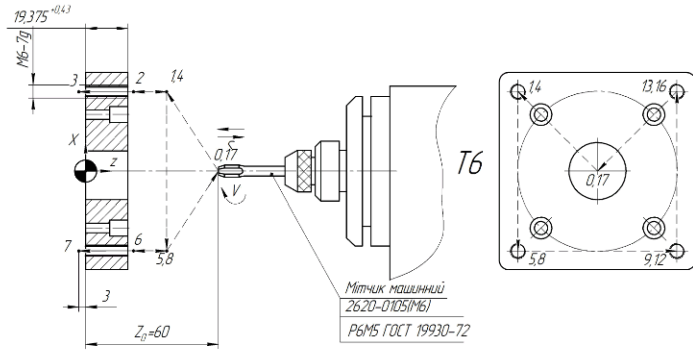
				08-26.МКР.003.04.000.П1			
Мет. Висл.	№ Висл.	Габр.	Конт.	Розмірний аналіз технологічного процесу		Лист	Кресл.
Розроб.	Виконав.	Лектор	Лектор	технологічного процесу		11	11
Проєкт.	Виконав.	Лектор	Лектор			Лектор	Лектор
Лектор	Лектор	Лектор	Лектор			ВНТУ	
Лектор	Лектор	Лектор	Лектор			ст.гр. ІІІМ-18м	
				Калькуляція			
				Формат А1			



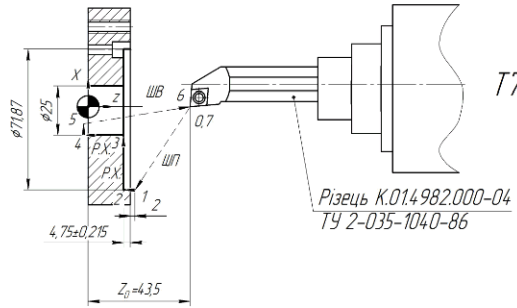
13	Розточити пов. 2,4 остаточно	0,15	0,421	113	190
12	Точіння тарця 1 остаточно	0,45	0,421	480	1200
11	Розточити пов. 2,4 попередньо	0,3	1,6	502	800
10	Розточити пов. 2,4 попередньо	0,8	1,6	39,5	800
9	Розточити пов. 2,4 попередньо, а поверхню 3 остаточно	2	1,6	502	800
8	Нарізати різь М6-7g в отворі 5	1	10	8	580
7	Щекувати поверхню 6	5	0,2	12	355
6	Свердлили поверхню 7	2,9	0,2	12	355
5	Свердлили поверхню 5	2	0,24	26,5	1055
4	Центрувати пов. 5,6,7	0,14	0,14	22,5	1554
3	Точіння тарця 1 попередньо	0,8	1,6	39,5	280
2	Точіння тарця 1 попередньо	2	1,6	502	800

№ опер.	№ пер.	Багатотільова		патрон	t, м	S, м/об	V, м/хв	f, мм/об
		Найменування операції	Обладнання					
08-26.МКР.003.05.000.КН								
Карта налагоджень								
Мат. Осн.		№ Держ.	Лист	Конт.	Лист		Клас	Виснов.
Розроб.		Виконав.	ДП	В.П.	Лист		Клас	11
Фабр.		Виконав.	ДП	В.П.	Лист		Клас	1
Контр.		Виконав.	ДП	В.П.	Лист		Клас	1
Нормат.		Склад.	ДП	В.П.	Лист		Клас	1
Знач.		Контрол.	ДП	В.П.	Лист		Клас	1

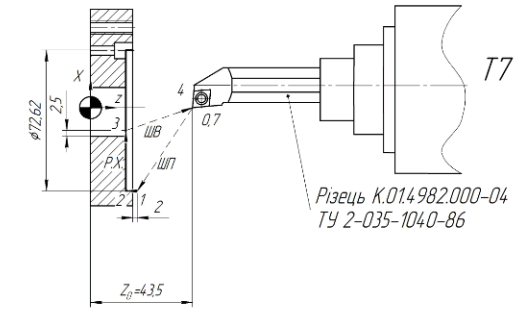
Перехід 8



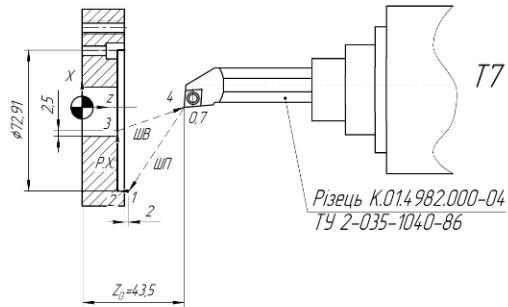
Перехід 9



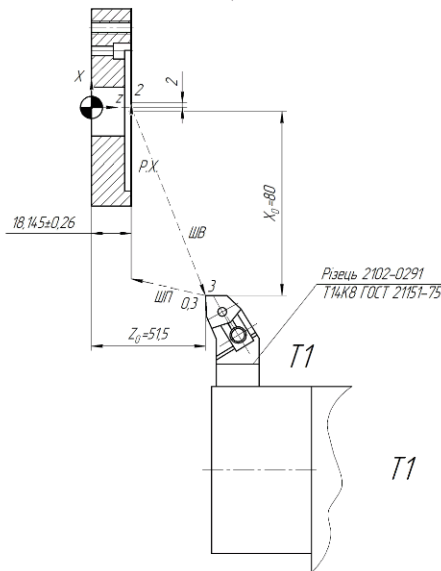
Перехід 10



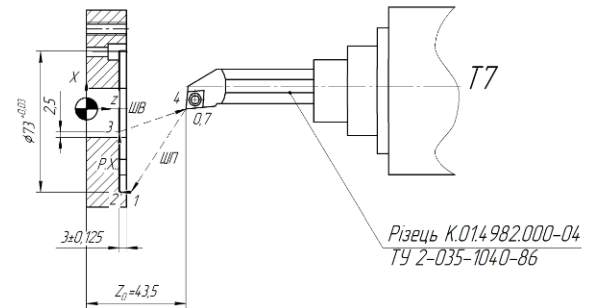
Перехід 11



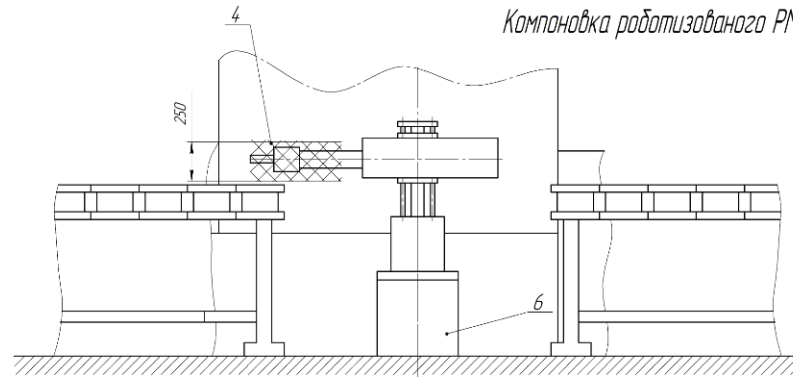
Перехід 12



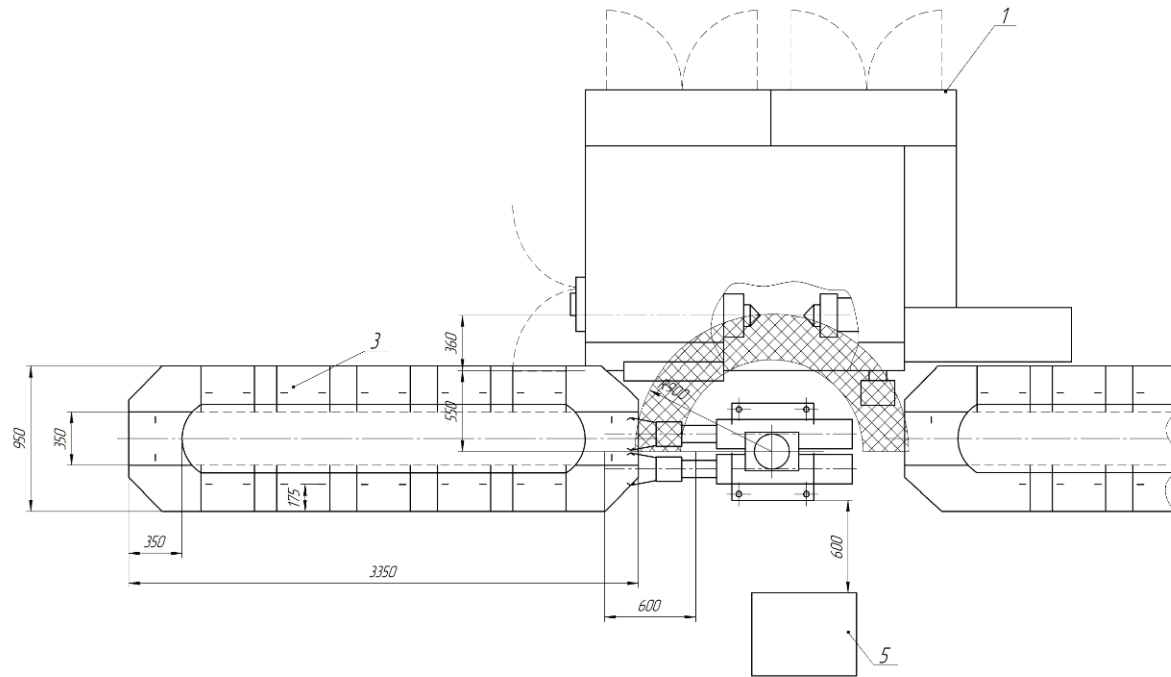
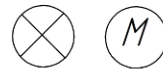
Перехід 13



Компановка роботизованого РМ



- Технічні характеристики РР
- вантажопідіймальність - 30 кг;
 - число ступенів рухливості - 7;
 - число рук - 2;
 - число захватних пристроїв на одній руці - 1;
 - привод основних рухів - гідравлічний;
 - система управління - циклічна;
 - число програмованих координат - 7;
 - похибка позиціонування $\pm 0,3$ мм;
 - найбільший діаметр руки 900 мм;
 - лінійні переміщення, мм/ швидкість, м/с:
 - $r = 350/0,5$;
 - $z = 250/0,5$;
 - $x = 100/0,5$;
 - кутові переміщення, °/ кутова швидкість, °/с:
 - $\phi = 180/120$;
 - $\alpha = 180/120$;
 - маса, кг - 1200.

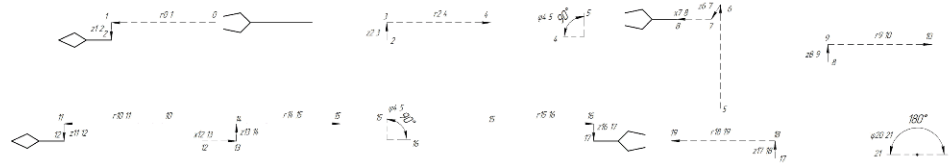


- 1 Верстат моделі П4.20ПФ30
- 2 РР моделі Рріі 521
- 3 Тактовий стіл СТ 350
- 4 Робоча зона РР
- 5 Пульт керування
- 6 Опора

- Характеристика робочого місця
- 1 Циклова продуктивність, Q_c 0.007
 - 2 Коefіцієнт відносного хавантаження, K_z 0.84
 - 3 Режим роботи РР легкий

				08-26.МКР.003.06.000 П/1		
				Компановка роботизованого РМ		
				Лист	Маса	Кількість
						1/5
				ВНТУ		
				ст.гр. ППМ-19м		
				Фабрикат АТ		

Циклограма функціонування та алгоритм роботи роботизованого РМ



Алгоритм роботи РМ

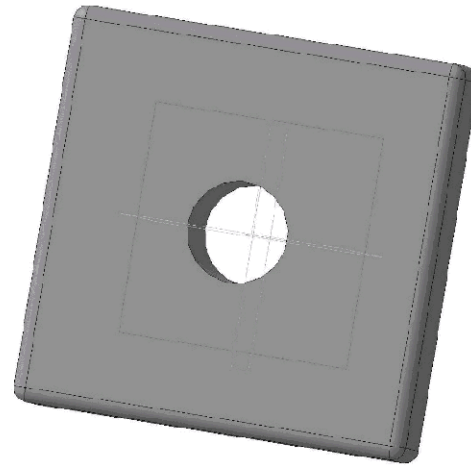
	Коментар	Величина переміщення мм/град	Швидкість переміщення м/с, °/с	Час с
Захват заготовки	Переміщення руки РР вперед	350	0,5	0,7
	Переміщення руки РР вниз	250	0,5	0,5
	Затиск заготовки схватом РР	-		0,5
	Переміщення руки РР вгору	250	0,5	0,5
	Переміщення руки РР назад	350	0,5	0,7
	Сума			
Установка заготовки на верстат	Поворот руки РР за год. стрілкою	90°	80	1,13
	Переміщення руки РР вперед	350	0,5	0,7
	Переміщення руки РР вниз	250	0,5	0,5
	Переміщення корпусу вправо	100	0,18	0,56
	Розтиск схвату РР	-		0,5
	Переміщення руки РР вгору	250	0,5	0,5
Переміщення руки РР назад	350	0,5	0,7	
Сума				4,59
Верстат	Затиск заготовки на верстатному пристосуванні	-		2
	Обробка заготовки			122,6
	Розтискання заготовки на верстатному пристосуванні			2
				126,6
Зняття заготовки з верстата	Переміщення руки РР вперед	350	0,5	0,7
	Переміщення руки РР вниз	250	0,5	0,5
	Затиск заготовки схватом РР	-		0,5
	Переміщення корпусу вправо	100	0,18	0,56
	Переміщення руки РР вгору	250	0,5	0,5
Переміщення руки РР назад	350	0,5	0,7	
Сума				3,46
Переміщення заготовки до місця складання готових деталей	Поворот руки РР за год. стрілкою	90°	80	1,13
	Переміщення руки РР вперед	350	0,5	0,7
	Переміщення руки РР вниз	250	0,5	0,5
	Розтиск схвату РР	-		0,5
	Переміщення руки РР вгору	250	0,5	0,5
	Переміщення руки РР назад	350	0,5	0,7
Поворот руки РР проти год. стрілки	180°	80		2,25
Сума				6,28
Тактовий стил	Переміщення на одну позицію			2,5

Циклограма функціонування РМ

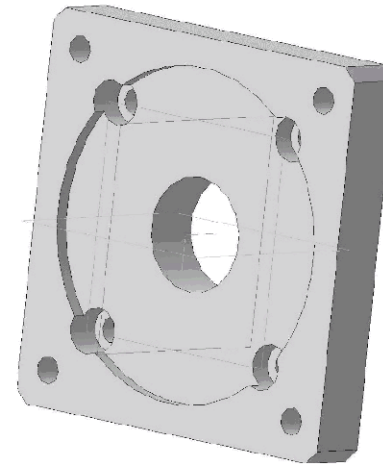
Об'єкція	Операція	Час, с													
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50				
РР	Захват заготовки	█													
	Встановлення заготовки на верстат		█												
	Зняття заготовки з верстата											█			
	Відхилення заготовки від місця складання готових деталей												█	█	
Верстат	Затиск заготовки в пристосуванні			█											
	Розтиск заготовки в пристосуванні													█	
	Обробка заготовки				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Тактовий стил	Положення на одну позицію														█

T_{шт} = 145,91

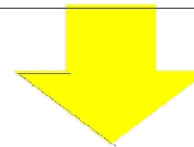
Алгоритм створення КП для верстата з ЧПК



3D модель заготовки



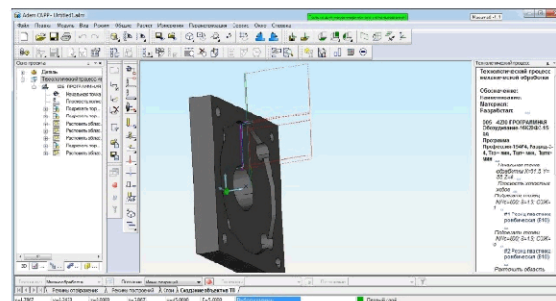
3D модель деталі



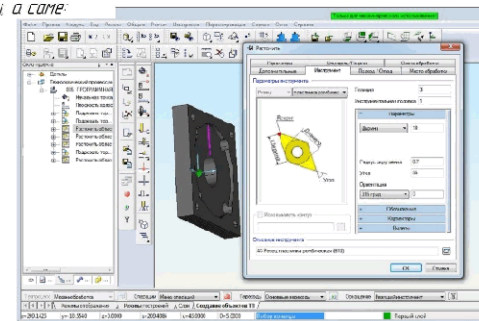
Імпортування деталі та заготовки до програми АDEM

Першим етапом є встановлення початкової точки та вибір лінії безпеки.

Другим етапом є створення операції та вибір усіх необхідних параметрів переходу а саме

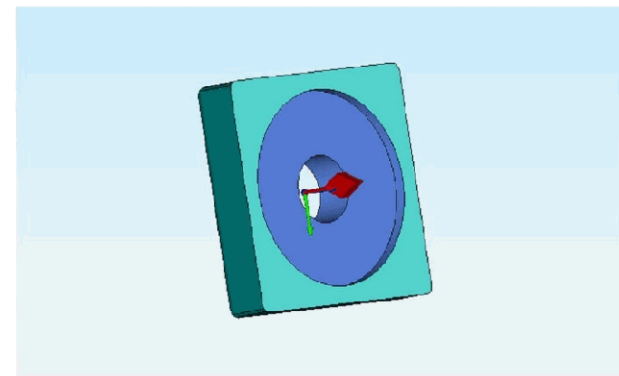
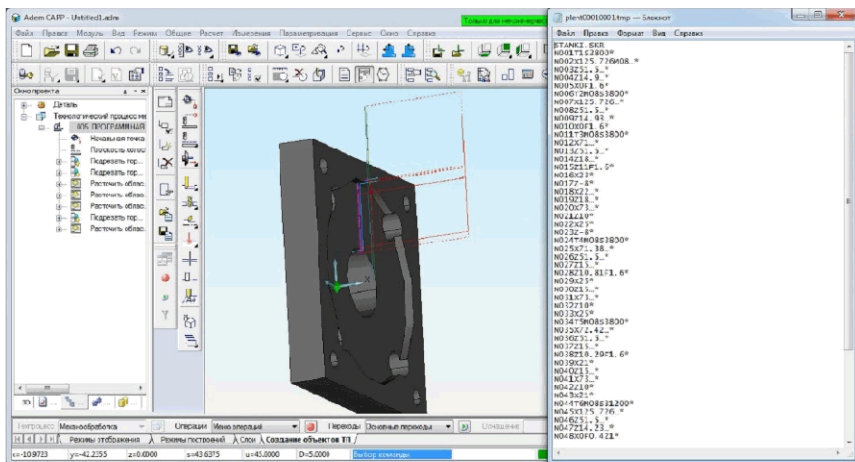


Траекторія руху інструменту



Вибір різальної інструменту

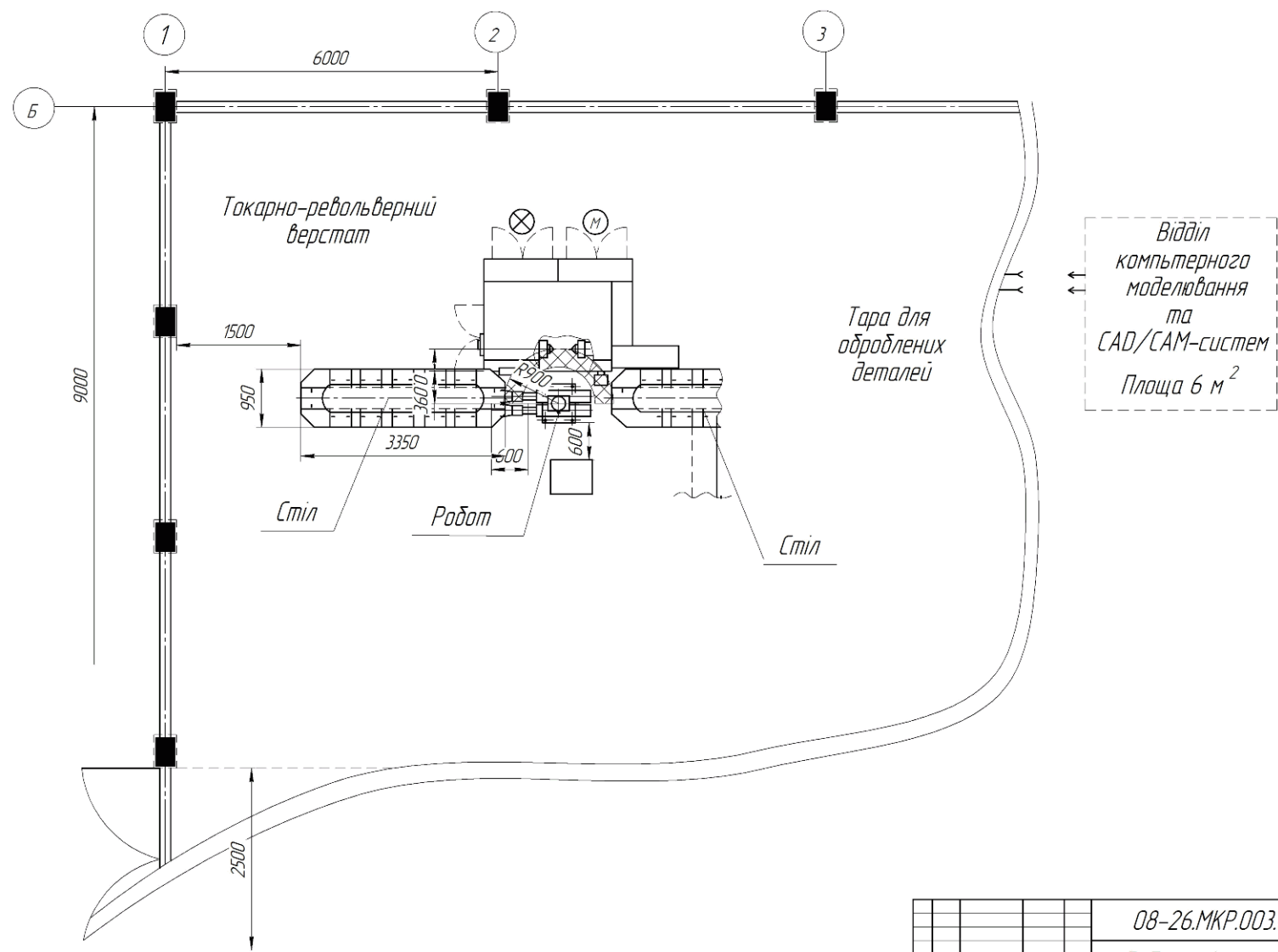
Розробка програми обробки деталі на верстаті з ЧПК



Імітація обробки

Імітування обробки та створення керуючої програми

08-26.МКР.003.08.000 ЗВ



Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №
Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №
Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №
Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №
Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №
Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №	Відділ №

08-26.МКР.003.08.000 ЗВ				Лист			Масштаб		
Робоче місце механічної обробки				Лист			Листов 1		
ВНТУ				Лист			Листов 1		
ст.гр.1ПМ-18м				Лист			Листов 1		
Формат А2				Лист			Листов 1		
Копірабел				Лист			Листов 1		

Додаток В

Програма для обробки деталі на верстаті з ЧПК

STANKI.SKR
N001T1S3800*
N002X125.726M08...*
N003Z51.5...*
N004Z14.9...*
N005X0F1.6*
N006T2M08S3800*
N007X125.726...*
N008Z51.5...*
N009Z14.93...*
N010X0F1.6*
N011T3M08S3800*
N012X71...*
N013Z51.5...*
N014Z17.661...*
N015Z11F1.6*
N016X23*
N017Z-8.7*
N018X22...*
N019Z17.661...*
N020X73...*
N021Z10*
N022X25*
N023Z-8.7*
N024T4M08S3800*
N025X71.38...*
N026Z51.5...*
N027Z15...*
N028Z10.81F1.6*
N029X25*
N030Z15...*
N031X73...*
N032Z10*
N033X25*
N034T5M08S3800*
N035X72.42...*
N036Z51.5...*
N037Z15...*
N038Z10.29F1.6*
N039X21*
N040Z15...*
N041X73...*
N042Z10*
N043X21*
N044T6M08S31200*
N045X125.726...*
N046Z51.5...*
N047Z14.23...*
N048X0F0.421*
N049T7M08S1189*
N050X63.585...*
N051Z51.5...*

N052Z9.13...*
N053Z-3.87F0.421*
N054X62.585...*
N055Z9.13...*
N056X63.765...*
N057Z-3.87*
N058Z51.5...*
N059X110...*
N060M09*
N061M02*