

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« _____ » *червня 2022* р.

**ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ
КОРПУСУ М263.210.000.02**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра
Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»
Освітня програма- «Технології машинобудування»

Студент

Валентина НЕБИКОВА

Керівник

Іван ДЕГТЯРЬОВ

Нормоконтроль

Артем ЄВТУХОВ

РЕФЕРАТ

Записка: сторінок - 56, рисунків - 21, таблиць - 19, додатків - 4, джерел літератури - 15.

Об'єкт дослідження - деталь «Корпус».

В даній роботі за освітньо-кваліфікаційним рівнем «Бакалавр» був виконаний аналіз службового призначення виробу, яким є планетарний редуктор та деталі «Корпус».

Проаналізовані технічні вимоги на виготовлення деталі. Визначений тип виробництва за допомогою коефіцієнта закріплення операцій – дрібносерійний та умови організації праці. Вибраний спосіб одержання заготовки – лиття. Проаналізовані технологічні операції 015 – токарна з ЧПК та 025 комплексна з ЧПК, обґрунтована схема базування, вибір металорізального обладнання та технологічної оснастки на даних операціях. Також виконаний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню. Виконані розрахунки режимів різання для операцій та технічне нормування. Також спроектований верстатний пристрій для установаження і закріплення заготовки на комплексну з ЧПК операцію.

В розділі охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях розглянута тема: «Характеристика, дія на організм людини, нормування та захист від електромагнітних полів».

КОРПУС, ПЛАНЕТАРНИЙ РЕДУКТОР, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,
РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ

ЗМІСТ

	с.
Вступ	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	9
3 Визначення типу виробництва та форми його організації	11
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
5 Вибір способу одержання заготовки та розробка технічних вимог до неї.....	17
6 Аналіз технологічної операції існуючого чи типового технологічного процесу.....	26
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	26
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки.....	28
6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата	32
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів	34
6.5 Розрахунок режимів різання.....	36
6.6. Технічне нормування операції.....	43
7 Проектування верстатного пристрою.....	45
Висновок	52
Перелік джерел посилання.....	54

ТМЗ 17620867–00 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Небикова			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Дегтярьов				3	81
Реценз.					СумДУ, ТМЗ-81к		
Н. Контр.		Євтухов					
Затверд.		Іванов					

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Деталь «Корпус», входить у вузол «Редуктор планетарний».

Мотор-редуктори планетарні одноступінчасті МПО1М призначені для приводів переміщують, застосовуваних у хімічній, медичній, мікробіологічній та інших галузях промисловості. Вони можуть використовуватися так само для приводів машин загального призначення. Навантаження постійна і змінна одного напрямку і реверсивна. Детальна технічна характеристика моторредуктори приведена в рекламному буклеті виробника.

Умови застосування мотор-редукторів МПО1М:

- робота з періодичними зупинками і тривала до 24 год. на добу;
- обертання валів в будь-яку сторону;
- частота обертання вхідного вала не більше 1500об / хв;
- атмосфера з підвищеною запиленістю, середа неагресивна;
- кліматичне виконання У категорії розміщення 2 і 3, кліматичне виконання

Т категорія розміщення 2;

- температура навколишнього середовища від -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Мотор-редуктори призначені для режиму роботи S1 по ГОСТ 183-74 від мережі змінного струму з частотою 50 Гц і номінальними напругами по ГОСТ 21128-83.

Технічні характеристики мотор-редукторів МПО1М:

- типорозмір - МПО1М-10-7,34-3,0 / 130;
- передавальне число - 7,34;
- частота обертання вихідного вала, про хв - 130;
- крутний момент на вихідному валу, Нм - 210;
- електродвигун: марка - АІР112М6;
- потужність, кВт - 3,0;

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

- маса, кг - 125.

Зовнішній вигляд редуктора МПО1М показаний на рис. 1.1.

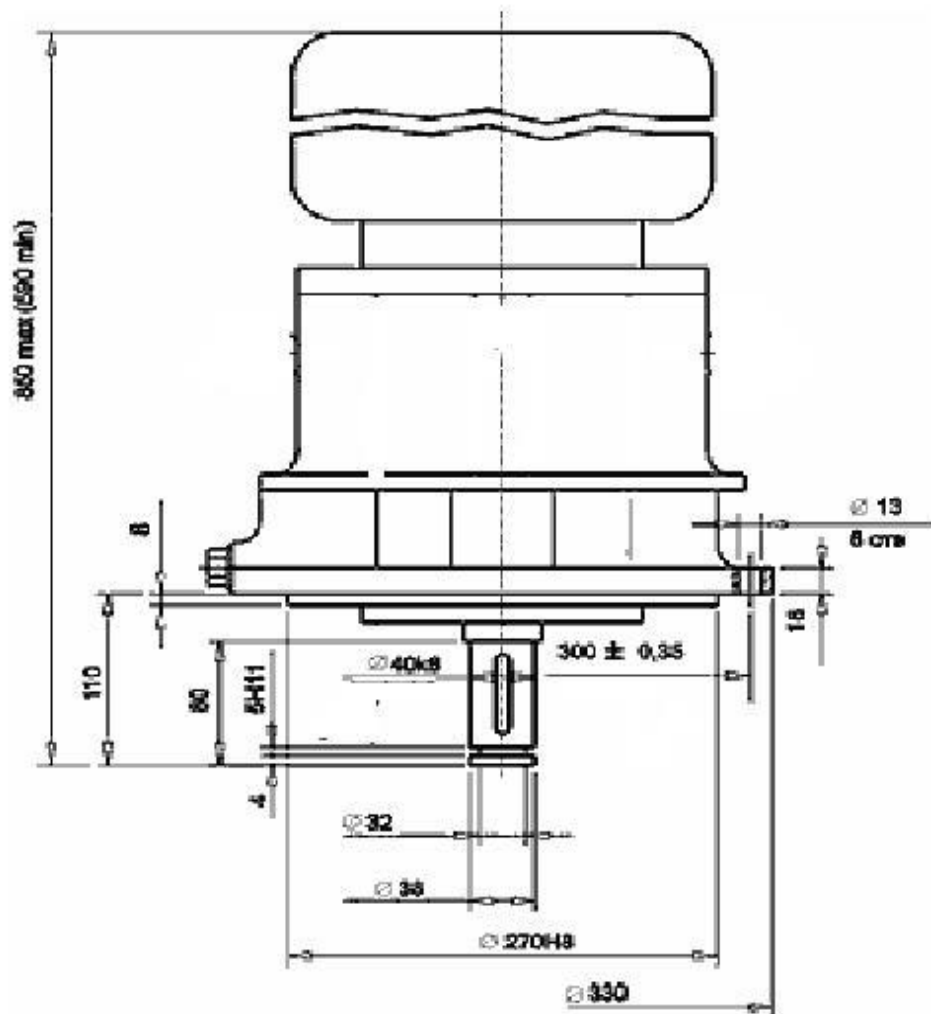


Рисунок - 1.1 Зовнішній вигляд і габаритні розміри редуктора МПО1М

Корпус є основною деталлю редуктора і призначений для розміщення і базування в ньому сателітів а також виконує роль сонячної шестірні.

Принцип роботи планетарного редуктора полягає в наступному - механічна система, що складається з декількох планетарних зубчастих коліс (шестерень), обертаються навколо центральної, сонячної, шестерні. Зазвичай, планетарні шестерні фіксуються разом з допомогою водила. Планетарна передача може також включати додаткову зовнішню кільцеву шестерню, роль якої в нашому випадку виконує корпус редуктора, що має внутрішнє зачеплення з планетарними шестернями.

					ТМЗ 17620867-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Основними елементами планетарної передачі є:

- Водило: жорстко фіксує один щодо одного осі декількох планетарних шестерень (сателітів) однакового розміру, що знаходяться в зачепленні з сонячною шестірнею;

- Кільцева шестерня (епіцикл): зовнішнє зубчасте колесо, що має внутрішній зачеплення з планетарними шестернями.

Однією з найбільш навантажених деталей, які піддаються інтенсивному зносу, є корпус редуктора. Корпус планетарного редуктора показаний на рис. 1.2.

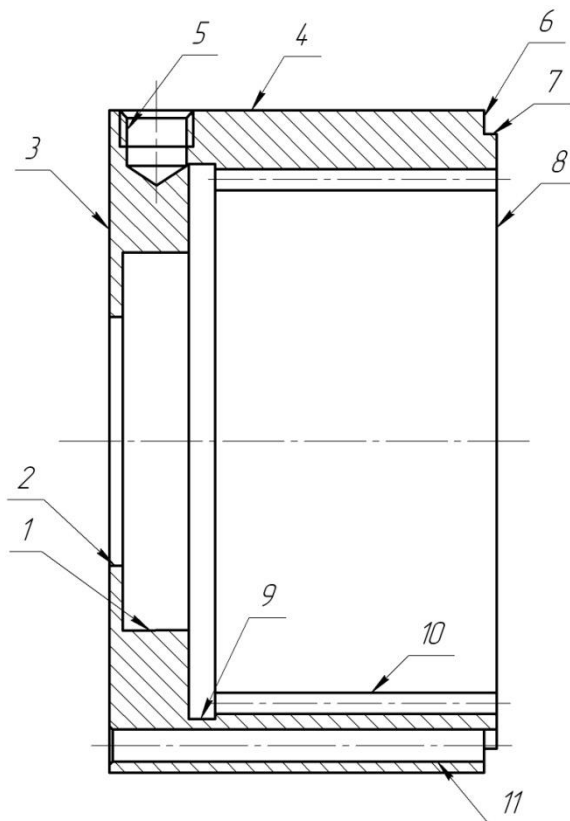


Рисунок 1.2 - Корпус планетарного редуктора

Дана деталь має наступні поверхні:

10 - виконавча поверхню - зубчастий вінець, необхідний для передачі обертального моменту на сателіти;

1, 2, 3, 11 - основні базові поверхні, визначають положення корпусу в вузлі;

1, 5, 6, 7, 8 - допоміжні базові поверхні визначають положення деталей і вузлів, що приєднуються до корпусу;

					ТМЗ 17620867-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

4, 9 - вільні поверхні - дані поверхні не контактують з іншими вузлами і деталями.

Розглядаючи деталь у прийнятій загальній системі координат XYZ можна виділити типові основні типові конструкторські типові бази: торець (типові установча база), циліндрична поверхня (подвійна типові опорного базування), отвір (опорна базова поверхня).

Таблиця 1.1– Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування бази
1,2,3	I, V, VI	УБ
5	II, III	ПОБ
6	IV	ОБ

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

База		X	Y	Z
УБ	L	1	0	0
	α	0	1	1
ПОБ	L	0	1	1
	α	0	0	0
ОБ	L	0	0	0
	α	1	0	0

Умови експлуатації.

Деталь типу «Корпус» при роботоздатності вузла не спитує ударних навантажень, які виникають при роботі. Навантаження типу сприймають усі поверхні висячі із зовні деталі.

Деталь при роботі знаходиться у корпусі.

Деталь і виріб, також як вагон вцілому експлуатується при -22 до + 31 ° С.

Шумність від роботи на рівні 85-105 Дб.

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги типу (умови) на наче виготовлення деталі яось визначаються її типу службовим призначенням. На наче основі аналізу робочого типового креслення можна зробити висновок типу, що наявних проєкцій і типових перетинів досить, вони досить правильно розміщені так згідно існуючих типових стандартів, на всіх поверхнях типу вказані вихідні дані: розміри на ці, їх точність і шорсткість, проставлені такі потрібні технічні вимоги типові на виготовлення деталі.

Дана деталь виконана з матеріалу сталь 45Л ГОСТ 1479-91. Хімічний склад сталі 45Л представлений в таблиці 2.1. Механічні та фізичні властивості матеріалу представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45Л ГОСТ 1479-91

Склад елементів, %				
вуглець	марганець	кремній	сіра	фосфор
			не більше	
1	2	3	4	5
0,15...0,25	0,15...0,30	0,15...0,30	0,020	0,030

Таблиця 2.2 – Механічні і фізичні властивості сталі 45Л ГОСТ 1050-74

Механічні властивості				Фізичні властивості			
σ_T	σ_B	$\delta_5, \%$	$a_n,$ кДж/м ²	НВ	$\gamma, \text{г/см}^3$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{°C)}$	$\alpha \cdot 10^6, 1/\cdot\text{°}$
МПа							
1	2	3	4	5	6	7	8
245	412	25	520	163	7,82	78,5	11,1

До деталі пред'явлені наступні вимоги:

1. Точність відносного повороту плоских базуючих поверхонь. Відхилення від паралельності і перпендикулярності складають в цілому по деталі від 0,005 ... 0,02 мм.

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМЗ 17620867–00 ПЗ				

2. Точність лінійних розмірів. Найбільш точний квалітет лінійних розмірів - 7.

3. Точність діаметральні розмірів і геометричної форми отворів. Найбільш точні отвори виконані по 7 квалітету.

4. Параметр шорсткості плоских базуючих поверхонь $Ra = 2,5$ мкм, параметр шорсткості поверхонь отворів $Ra = 1,25 \dots 2,5$ мкм.

5. Граничні відхилення кутів між осями отворів лежать в межах $20' \dots 45'$.

При проектуванні технологічного процесу виготовлення корпусу редуктора необхідно врахувати ті моменти в базовому технологічному процесі, які можна змінити під малосерійний тип виробництва.

Таким чином, при виготовленні деталі впровадження верстатів з ЧПУ дозволить зменшити допоміжний час на кожну операцію, зменшити розряд робочого-верстатника.

Використання інструменту, виготовленого з твердого сплаву, дозволить збільшити режими різання, а отже зменшити машинний час. Застосування інструменту з твёрдосплавними пластинами збільшить термін його використання.

Застосування спеціальних пристосувань на операціях зменшить час на базування і закріплення деталі, виключить похибка базування (при збігу вимірювальної і технологічних баз).

Можна зробити висновок, що застосування перерахованих вище введень приведе до зменшення собівартості деталі за рахунок зменшення витрат на заробітну плату робітників, на покупку інструменту, зменшення машинного і допоміжного часу.

Висновок: деталь є технологічною для виготовлення.

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМЗ 17620867-00 ПЗ

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$, який показує відношення всіх різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Виконуємо розрахунок, згідно [3].

Початкові дані:

Річна програма випуску виробів $N=500$ штук.

Режим роботи підприємства - у дві зміни.

Дійсний річний фонд роботи обладнання $F_d = 4029$, годин.

Для розрахунку необхідно знати штучний час на виконання механічних операцій. Дані про штучному часу виготовлення деталі на механічні операції візьмемо з базового технологічного процесу (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Штучний час на механічні операції

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$, хв
015	Токарно - гвинторізна	40
020	Токарно - гвинторізна	20
030	Радіально - свердлильна	30
035	Координатно-розточувальна	15
040	Зубодовбальна	30

Знаючи штучний час, витрачений на кожну операцію, визначаємо кількість верстатів за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (3.1)$$

де N - річна програма випуску виробів, шт;

$T_{шт}$ - штучний час;

F_d - дійсний річний фонд часу, ч;

$\eta_{з,н}$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, по [3] $\eta_{з,н} = 0,8$.

Таблиця 3.2 - Нормування операцій

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
015	Токарно - гвинторізна	40	0,06	1	0,06	12,9
020	Токарно - гвинторізна	20	0,031	1	0,031	27,8
030	Радіально - свердлильна	30	0,046	1	0,046	17,2
035	Координатно-розточувальна	15	0,023	1	0,023	34,4
040	Зубодовбальна	30	0,046	1	0,046	17,2
Σ	-	135	-	5	-	107,4

Коефіцієнт закріплення операції розраховуємо по формулі:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3.2)$$

Таким чином коефіцієнт закріплення операції дорівнює:

$$K_{з.о.} = \frac{107,4}{5} = 21,2 \approx 21, \text{ що відповідає дрібносерійному типу виробництва, так}$$

як $K_{з.о.}$ входить в межі $20 < 21 < 40$.

Визначаємо форму організації виробництва.

Визначаємо партію запуску за формулою [3]:

$$n = Na/254, \quad (3.3)$$

де $a=24$ – періодичність запуску в днях [3].

$$N_{нар} = \frac{500 \cdot a}{254} = \frac{500 \cdot 24}{254} = 36,8, \text{ приймаємо партію запуску } 37 \text{ штук.}$$

Визначити середню трудомісткість механічних операцій:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{шт}}{n} = \frac{135}{5} = 27 \text{ хв.}$$

$n = 5$ - число операцій.

Визначаємо добовий час роботи обладнання:

$$F_{сум} = \frac{60 \cdot F_d}{254} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 952 \text{ хв.}$$

Коригуємо розмір партії за рахунок визначення числа змін на виготовлення всієї партії:

$$z = \frac{T_{cp} \cdot N_{нар}}{F_z \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{35,5 \cdot 37}{476 \cdot 0,8} = 27,4.$$

$$F_z = \frac{F_{сум}}{2} = \frac{952}{2} = 476 \text{ хв.}$$

$\eta_{з.н.} = 0,8$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання.

Кількість змін округляємо до найближчого цілого значення: $z_{пр} = 23$.

Тоді число деталей в партії: $N_{нар} = \frac{F_z \cdot z_{пр} \cdot \eta_{з.н.}}{T_{cp}} = \frac{476 \cdot 23 \cdot 0,8}{27} = 49 \text{ шт.}$

Так як розрахований тип виробництва дрібносерійний, то вибираємо форму організації робіт - групову.

Ця форма організації робіт характерна для дрібносерійного і среднесерійного типів виробництва. Заготовки обробляються невеликими партіями, час обробки не погоджений.

					ТМЗ 17620867-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Аналіз технологічності виконується для забезпечення технологічної деталі у задані терміни без зайвих витрат часу на різні потреби пов'язані із виробництвом.

Технологічний аналіз є дуже важливим для проектування для забезпечення технологічної деталі у задані терміни без зайвих витрат часу на різні потреби пов'язані, як пов'язані раніше.

Основним питанням, що для забезпечення технологічної деталі у задані терміни без зайвих витрат часу на різні потреби пов'язані, зводяться до аналізу металоємності, можливості оброблення деталі на верстатах із ЧПК. Таким для забезпечення технологічної деталі у задані терміни без зайвих витрат часу на різні потреби пов'язані і ми забезпечуємо службове призначення.

Оцінюючи жорсткість деталі приходимо до висновку, що вона досить жорстка (відношення довжини деталі до її діаметру менше 1).

Розглянувши конструкцію деталі можна сказати, що деякі конструктивно елементи корпусу не технологічні. Це полягає в:

- обробка поверхні 214 по квалітету h12. Дану поверхню не рекомендується виготовляти з такою точністю, тому що ця поверхня є вільною і Не треба такої точності, а обробка по 12 квалітету збільшує час обробки і витрата інструменту.

- обробка канавки під вихід довбняка викликає труднощі в зв'язку з тим, що дана канавка розточується на глибині 83 мм і одночасно підрізає торець, що вимагає застосування спеціального інструменту;

Аналіз деталювання вказує з точки зору високопродуктивного обладнання можна виділити, що основна маса оброблюваних поверхонь є простими (плоскими, циліндричними), що облегчає обробку деталі, так як так як точність і стабільність обробки значною мірою визначається простотою і доступністю конструктивних форм. Оцінюючи відкритість поверхонь точки зору зручності базування і закріплення можна сказати, що поверхні в цілому добре розвинені, доступ ріжучого інструменту незатруднений.

Шорсткість деяких поверхонь деталі становить 1,6 мкм за критерієм Ra, що

						ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			14

вимагає застосування ріжучого інструменту, до якого пред'являється високі точності вимоги. У конструкції деталі є глухі отвори, що також є нетехнологічним елементом, так як для їх отримання необхідно витримувати глибину обробки.

Висока точність отворів 1 і 2 (рис. 1.2) також є нетехнологічною, так як для отримання такої точності необхідно використовувати кілька ріжучих інструментів, а це призводить до підвищення трудомісткості виготовлення і, відповідно, до збільшення собівартості деталі.

Вимоги до допускам паралельності, радіального і торцевого биття досить великі, що веде до необхідності виконання плоскошліфувальної операції, що в свою чергу, призводить до збільшення витрат на обслуговування, підналадку, ремонт дорогого обладнання, підвищення собівартості деталі.

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_{mu} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i} \quad (4.1)$$

де $\sum n_i$ - число розмірів відповідного класу точності;

T - клас точності обробки.

$$\sum n_i = 1 + 1 + 1 + 5 + 1 = 9.$$

$$\sum T \cdot n_i = 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 14 \cdot 5 + 16 \cdot 1 = 110.$$

$$K_m = 1 - \frac{9}{110} = 0,91 > 0,8.$$

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum Ш \cdot n_{im}}, \quad (4.2)$$

						ТМЗ 17620867-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			15

де $\sum n_{im}$ - число поверхонь відповідного класу шорсткості

$$\sum Ш \cdot n_{im} = 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 5 = 42,9.$$

$$K_u = \frac{9}{42,9} = 0,2 < 0,32.$$

По даному показнику деталь є технологічною.

Отже з усіх проаналізованих критеріїв деталь є технологічною.

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі, тому проектування заготовки є одним з найважливіших етапів побудови технологічного процесу. Заводський метод отримання заготовки використовувати не доцільно, оскільки дуже багато металу йде в стружку ($K_3=0,3$), адже заводська заготовка не передбачує наявності центрального отвору. Також заготовки можливо виготовляти за допомогою центробіжного лиття, але отриманні заготовки цим методом не задовольняють якість, через недостатню міцність. Отже для умов дрібносерійного виробництва доцільним буде порівняння двох способів отримання заготовки – лиття в піщані форми. В процесі розрахунків для обох варіантів будемо обирати заготовку з центральним отвором.

Собівартість заготовки у піщані форми та у кокіль за формулою:

$$S_{заг1} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_2 \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де $C_i = 24000$ грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 60,5$ кг – маса заготовки;

$q = 40,5$ кг – маса готової деталі;

$K_T = 1,06$ – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M = 1,6$ - коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_C = 1,0$ - коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_H = 0,78$ - коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_B = 1,0$ - коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{відх} = 3200$ грн – ціна однієї тони відходів,

$$S_{заг} = \left(\frac{24000}{1000} \cdot 180,5 \cdot 1,06 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \right) - (60,5 - 40) \cdot \frac{3200}{1000} = 2405 \text{ грн}$$

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Найвища оцінка - 1, найнижча - 5.

Визначення розмірів литої заготовки:

1. Спосіб лиття - лиття в піщано-глинисті форми, [1] прил.1, табл. 9.
2. Клас розмірної точності вилівка - 8 - 13 Т. Приймаємо 11.
3. Ступінь викривлення елементів вилівки - 7 - 10. Приймаємо 9
4. Ступінь точності поверхонь - 11 - 18. Приймаємо 15
5. Шорсткість поверхонь вилівоків за критерієм Ra або Rz, мкм: Ra = 50 мкм;
6. Клас точності мас залежно від способу отримання вилівки - 7Т - 14.

Приймаємо 10.

7. Допуск зміщення вилівки по площині роз'єму вилівки - 6,4 мм.
8. Ряд припусків 6 - 9. Приймаємо - 8.

Умовне позначення точності вилівки:

11-9-15-10см 6,4 ГОСТ 26645-85

де: 11 - клас розмірної точності; 9 - ступінь викривлення;

15 - ступінь точності поверхні; 10 - клас точності мас;

см 6,4 - допуск зміщення вилівки по площині роз'єму.

Технічні вимоги до креслення заготовки:

1. Точність вилівка 11-9-15-10см 6,4 ГОСТ 26645-85
2. Невказані лінійні радіуси 2...4 мм; лінійні ухили 2...3°
3. Невказані граничні відхилення розмірів: лінійних ± 1 мм, кутових $\pm 2^\circ$
4. На оброблювальні поверхні допускаються наявні лінійні дефекти в межах 2/3 припуска на механічну обробку.

5. Шорсткість поверхонь вилівка Rz80.

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМЗ 17620867-00 ПЗ

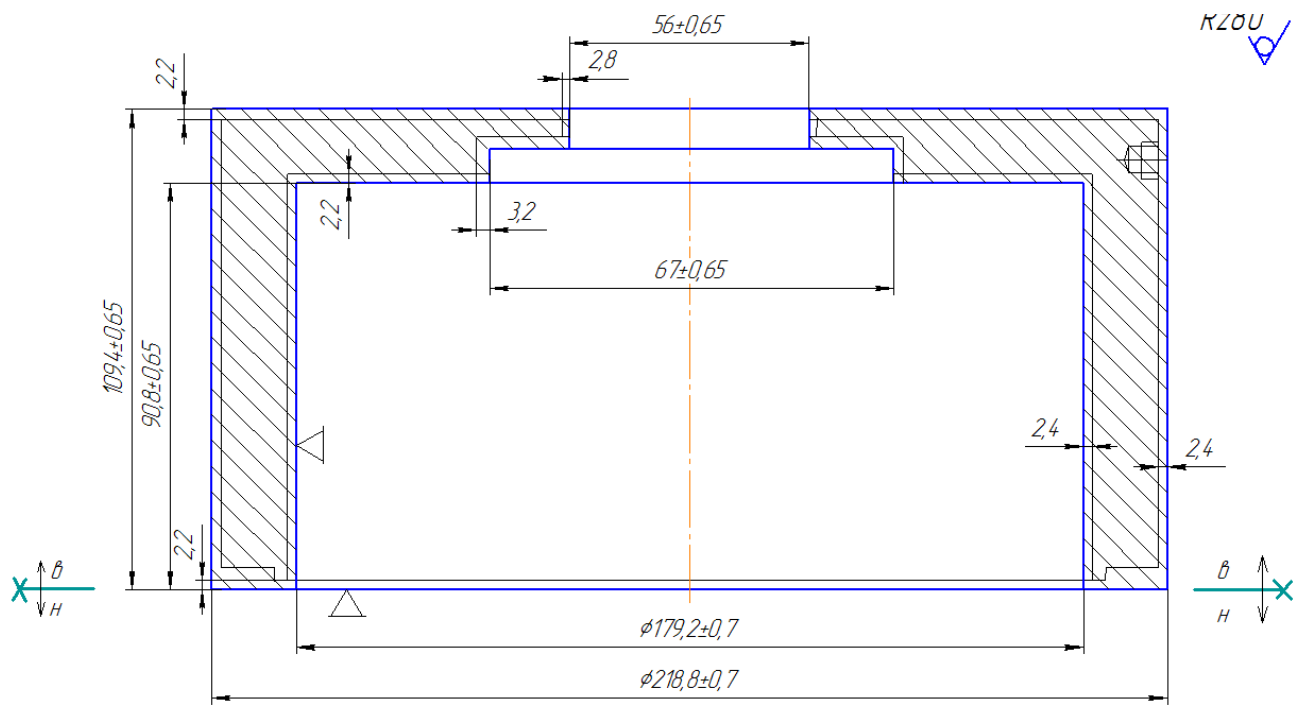


Рисунок 5.1 – Ескіз заготовки

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМЗ 17620867-00 ПЗ				20

6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 76H7$ мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (6.1)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

T_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції;

ρ_{i-1} – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ε_i – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім ρ_{i-1} , яка розраховується як

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{экс}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{2,0^2 + 0,7^2} = 1,520 \text{ мкм},$$

а ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому відношенні від

$$\rho_{черн} = \rho_{заг} k_y$$

де $k_y = 0,04-0,06$, в залежності від переходу.

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$\rho_{\text{чер}} = 1520 \cdot 0,06 = 94 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{н/ч}} = 1520 \cdot 0,05 = 71 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чист}} = 1520 \cdot 0,04 = 57 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 6.1, а самі результати розрахунку у додатку Б.

Таблиця 6.1 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Допуск Т, мм	Елементи припуску, мкм				
				R _{zi-1}	h _{i-1}	ρ _{i-1}	ε _y , мкм	
							ε _б мкм	ε _з , мкм
-	Т4 ГОСТ 7505-89	+2,7 -1,3	4	200	250	1200	1000	800
Розточування чорнове	H14	+0,74	0,74	40	50	72	100	200
Розточування напівчистове	H9	+0,074	0,074	20	20	60	0	0
Розточування чистове	H7	+0,03	0,03	-	-	-	-	-

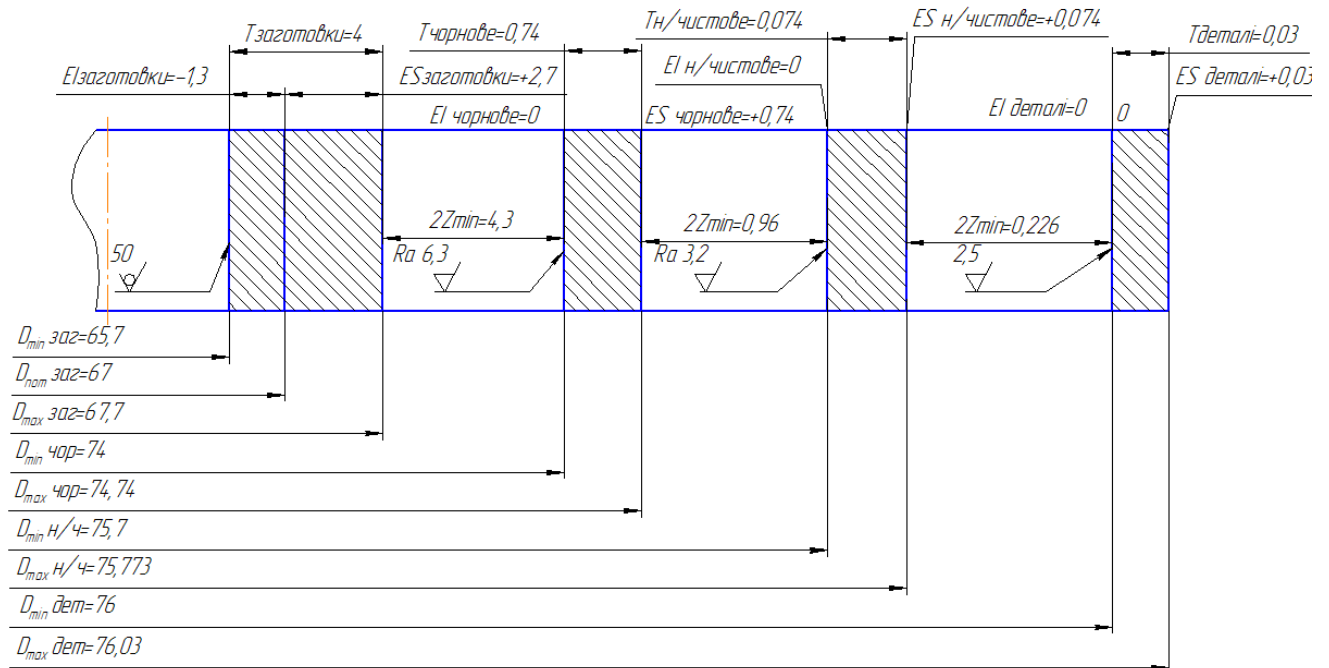


Рисунок 6.1 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 76H7$ мм

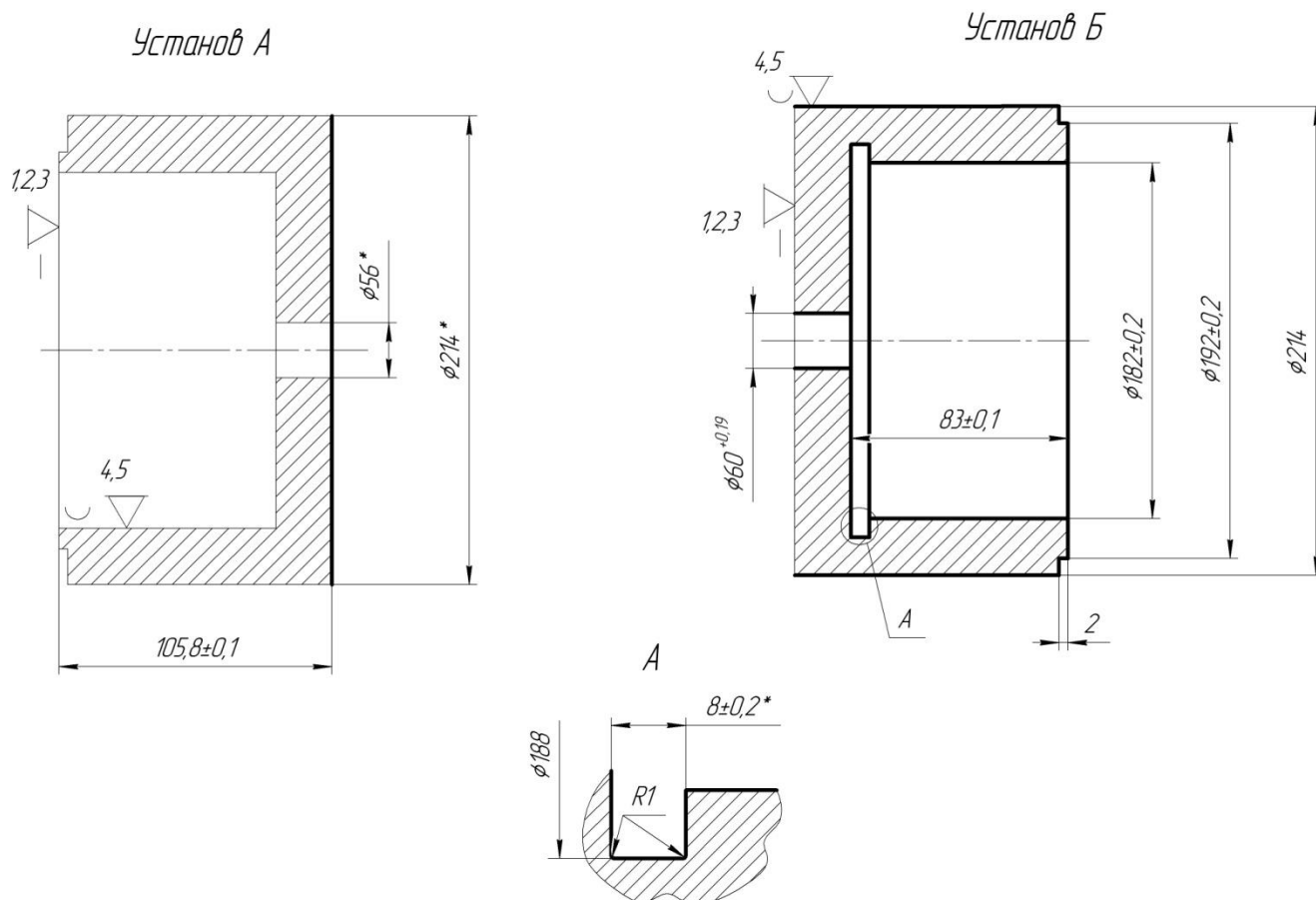


Рисунок 6.2 - Операційний ескіз операції 015 (варіант 1)

Базування заготовки на установі А буде здійснюватися, як і в варіанті 1, що не призведе до появи браку. А от на установі Б розглянемо 2-й варіант схем базування (рисунок 6.3). Бази будуть аналогічними (установча на торці та подвійна-опорна на циліндричній поверхні), проте похибка базування буде різною.

При такому базування на деякі розміри виникатиме брак, так як:

- для розміру $105,8 \pm 0,1$ (варіант 1 по рис.6.2) $\varepsilon_{\phi 105,8} = T_8 = 0,05 < T_{105,8} = 0,2$ мм – браку нема;

- для розміру $105,8 \pm 0,1$ (варіант 2 по рис. 6.3) $\varepsilon_{\phi 25} = T_{105,8} + T_{25} = 0,35 + 0,05 = 0,4 > T_{105,8} = 0,2$ мм – брак може виникнути.

Отже проаналізувавши дві схеми виберемо схему базування на установі Б за варіантом 1 (рис. 6.2), тобто за зовнішню циліндричну поверхню та лівий торець.

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

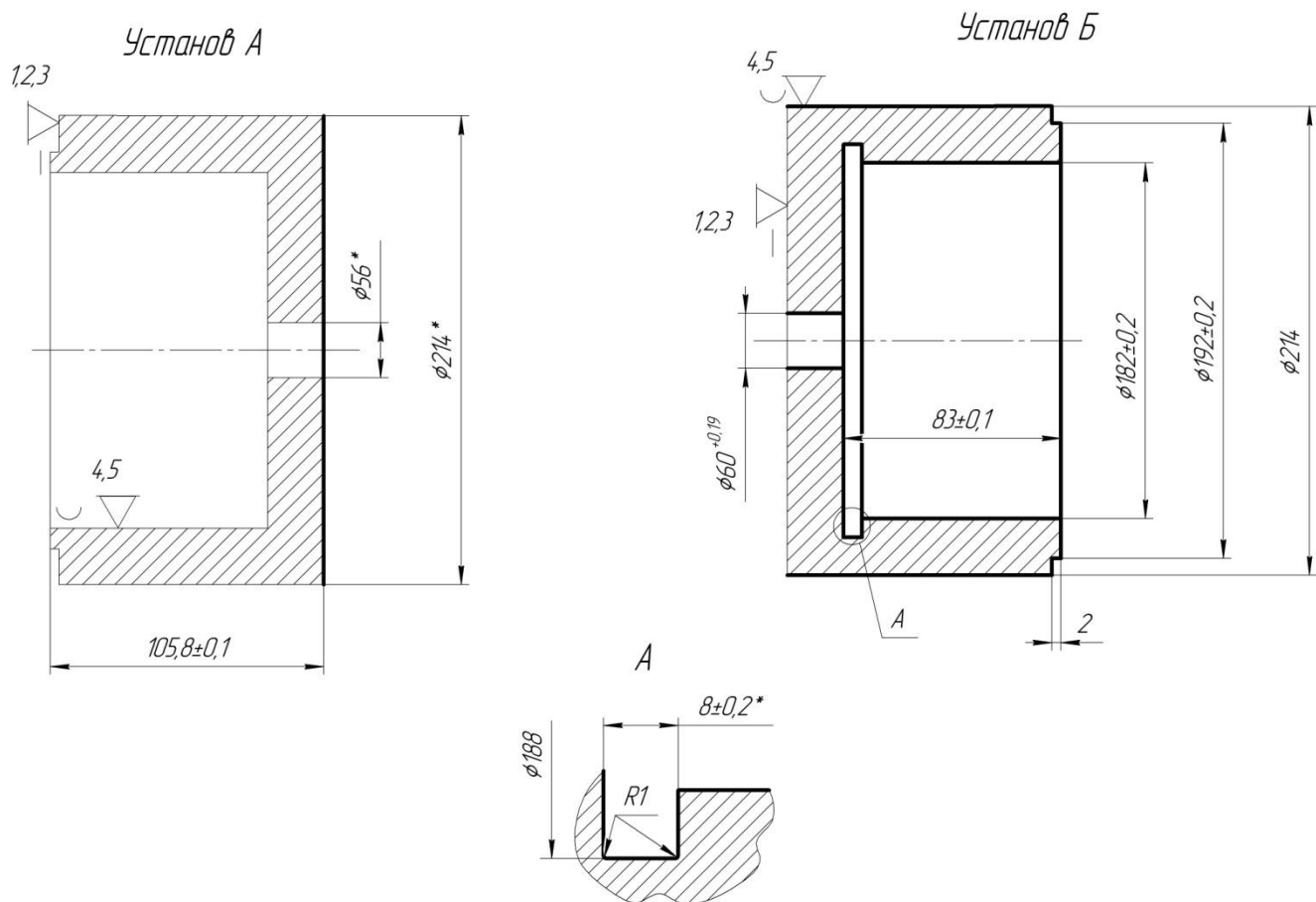


Рисунок 6.3 - Операційний ескіз операції 015 (варіант 2)

На комплексній з ЧПК операції відбувається свердління отворів діаметром 15 мм. На даній операції розглянемо дві схеми закріплення заготовки: на оправці (варіант 1) на рис. 6.4 та закріплення за зовнішню циліндричну поверхню з упором в торець в патрон, що самоцентрує, (варіант 2) на рис. 6.5. При цьому виникають дві бази: установка на торці деталі, яка позбавляє її трьох ступенів свободи, подвійна опорна база на циліндричній поверхні, яка позбавляє деталь двох ступенів свободи.

Визначимо похибки базування для двох варіантів на розмір $15 \pm 0,2$ мм:

- варіант 1 по рис.6.4 $\varepsilon_{\phi 15} = T_{105} = 0,1 < T_{15} = 0,2$ мм – браку нема;
- варіант 2 по рис.6.5 $\varepsilon_{\phi 15} = T_{105} + T_{75} = 0,1 + 0,3 = 0,4 > T_{15} = 0,2$ мм – браку може бути.

Тому обираємо базування за варіантом 1 (рис. 6.4).

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

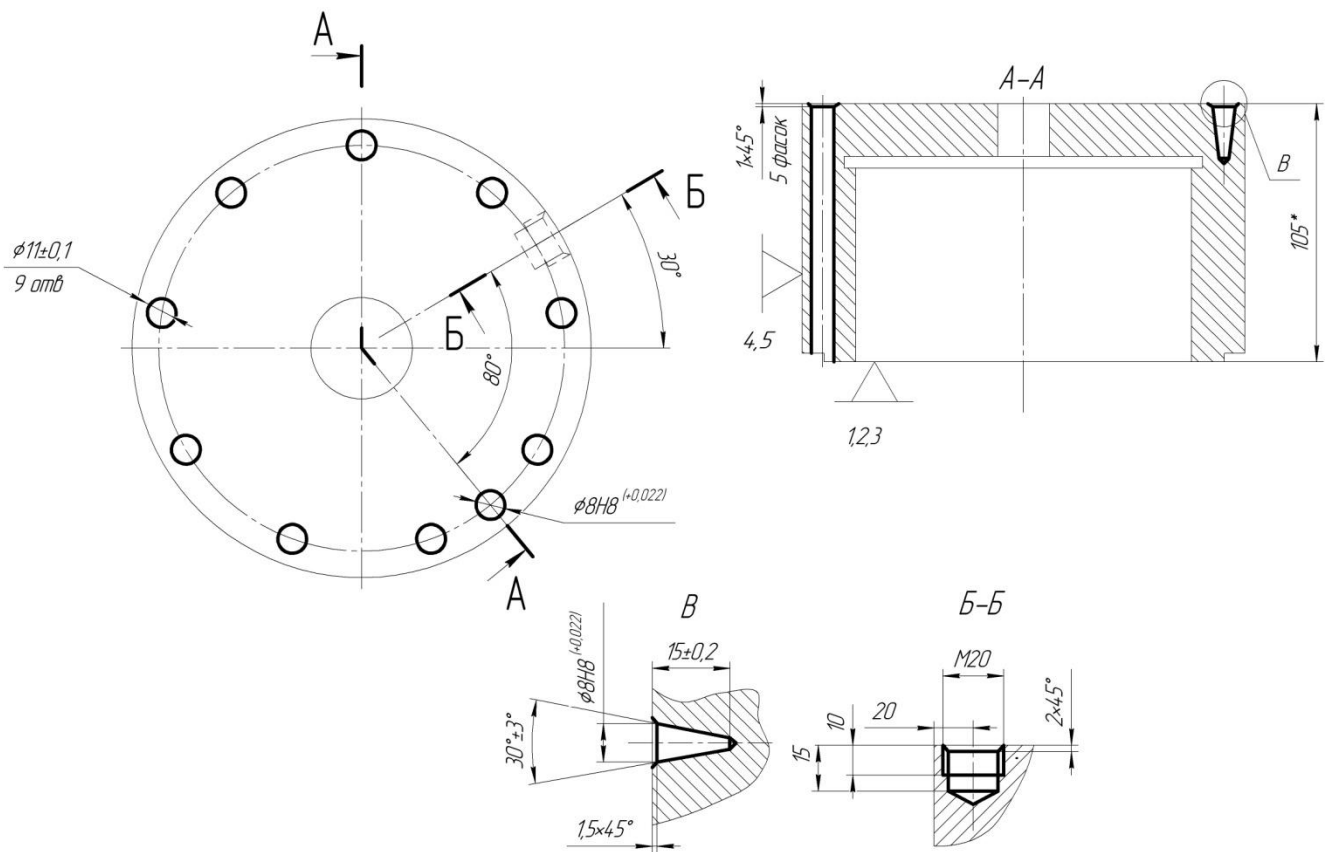


Рисунок 6.4 - Операційний ескіз операції 025 (варіант 1)

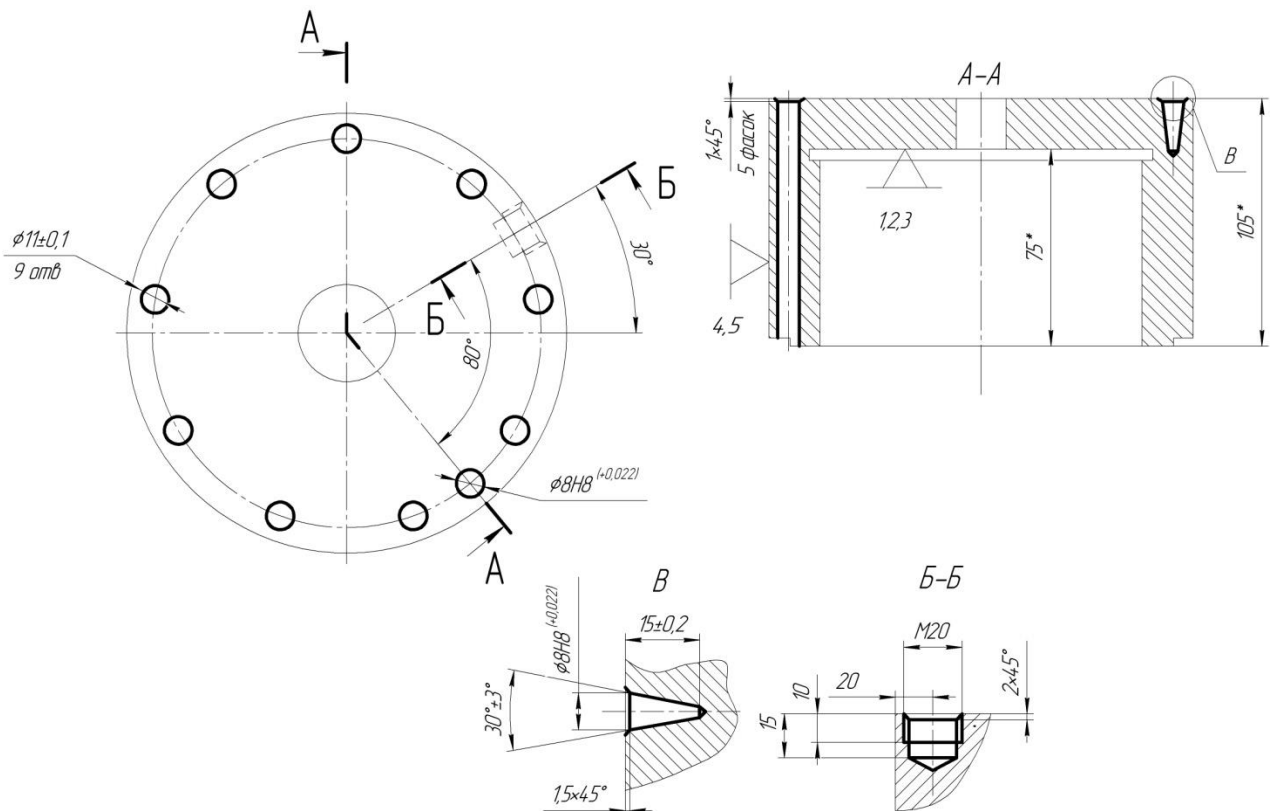


Рисунок 6.5 - Операційний ескіз операції 025 (варіант 2)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМЗ 17620867-00 ПЗ

Лист

31

6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Для операції 015 - токарна з ЧПК пропонуємо використовувати токарний верстат з ЧПК моделі 16P30Ф3, паспортні дані якого взяті з [4].

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться точіння зовнішніх поверхонь і розточування ступеневої отвори) прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції.

Потужність даного обладнання становить 22кВт, що має бути достатньо для здійснення даної операції.

Також зручно використання даного верстата з точки зору того, що частота обертання шпинделя (6,3 - 1250 об / хв) і привід подач (поздовжніх -1-2000 мм/хв, а поперечних 1-600 мм / хв) на ньому мають безступінчасте регулювання, що зручно при призначенні режимів різання, так як немає необхідності округляти розрахункове значення подачі і частоти обертання до фактичних по верстата.

Деякі параметри верстата:

- Найбільший діаметр оброблюваної заготовки:
- Над станиною - 630 мм;
- Над супортом - 320 мм;
- Найбільша довжина оброблюваної заготовки - 1400 мм;
- Швидкість швидкого переміщення супорта:
- Поздовжнього - 4800 мм / хв;
- Поперечного - 2400 мм / хв;
- К.п.д верстата 0,85.

Такі габарити дозволяють встановити трьохкулачковий патрон d315 мм 7102-0071-2-1 ГОСТ24351-80 зі зворотними кулачками, розточеними на діаметр 360 мм в якому встановлюється деталь, і безперешкодно її обробити із заданою точністю.

Для операції 025 - комплексна з ЧПК пропонуємо використовувати металорізальний верстат моделі IP500ПМФ4.

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться розфрезерування отворів) прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції.

Потужність даного обладнання становить 7,5 кВт, що має бути достатньо для здійснення даної операції.

Також зручно використання даного верстата з точки зору того, що частота обертання шпинделя (10 - 2000 об / хв) і привід подач (1-1200 мм / хв) на ньому мають безступінчасте регулювання, що зручно при призначенні режимів різання (немає необхідності округляти розрахункове значення подачі і частоти обертання до фактичних по верстата).

Габарити робочого простору цілком задовольняють умовам даної операції, а саме:

Розміри робочої поверхні столу, мм 1200x800

Виліт шпинделя, мм 70

Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу, мм 600

Найбільша маса оброблюваного виробу, кг 300

Найбільше переміщення столу:

- Поздовжнє, мм 600

- Поперечне, мм 500

Найбільший діаметр:

свердління в сталі, мм 35;

розсвердлювання в сталі, мм 65;

Дискретність відліку координат по осях, мм 0,01

Точність установки координат, мм 0,01

Число Т-подібних пазів 5

Ширина паза, мм 18

Конус шпинделя Морзе 5

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Верстат також обраний відповідно до рекомендацій по вибору обладнання в дрібносерійному виробництві. Цей верстат оснащений системою з ЧПК що дозволяє робити його швидке переналагодження на обробку інших деталей.

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Для установки і закріплення деталі на операції 015 в якості пристроїв використовуємо універсальне пристосування - трьохкулачковий патрон 7102-0071-3-1 ГОСТ 24351-80 з розточеними на діаметр 360 мм і довжину 30 мм кулачками. Патрон з ручним приводом. Трьохкулачковий патрон був обраний, враховуючи дрібносерійний тип виробництва. В даному пристосуванні шляхом нескладного переналагодження можуть оброблятися деталі подібні заданої (диски, фланці з $l/d < 1$).

Для обробки заданих поверхонь на операції застосовуємо такі прогресивні ріжучі інструменти, взамін інструментів з напайними пластинами:

- Різець прохідний упорний PCLNR2525K12 з T5K10 - для точіння зовнішніх поверхонь і підрізання торців;

- Різець розточний прохідний упорний S32PCLNR з T5к10 - для розточування внутрішніх поверхонь і підрізання торців.

- Різець для торцевих канавок RF123-05-2525 з T5K10 – для розточування торцевих канавок глибиною 25 мм.

При обробці застосовуємо мастильно - охолоджуюча рідина 7-10% Укрінол-1 ТУ 38 - 101197 - 76 для можливості здійснення обробки з більш високими швидкостями різання.

Допоміжні інструменти для даної не потрібні так як всі ріжучі інструменти безпосередньо встановлюються в рсзцетримач верстата.

Для контролю розмірів на операції 015 - токарна з ЧПК застосовуємо універсальний шкальний інструмент, а саме штангенциркуль ШЦ-П-360-0,05

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

ГОСТ166-89, застосування якого обумовлено дрібносерійним типом виробництва, а також шаблон R5. Даними інструментами можна проконтролювати всі розміри.

Інструмент був підібраний з умови, щоб ціна поділки була менше 0,33 найменшого допуску розміру на даній операції, контрольованого штангенциркулем. Ціна поділки штангенциркуля 0,05 мм, а третя частина допуску на контрольований розмір 0,1 мм (розмір мм), що задовольняє умові.

Для установки і закріплення деталі на операції 025 доцільно буде використати спеціальний пристрій, так як він буде пневматичним та давати постійні зусилля закріплення та зменшить допоміжний час на закріплення. Також даний пристрій буде жорсткішим за універсальний патрон, що дозволить підвищити режими різання.

На комплексній з ЧПК операції 045 використовується наступне оснащення:

- пристрій спеціальний – дозволить реалізувати схему базування;
- свердло 2301-0371 Р6М5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 6$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 1, застосовується для центрування отворів;
- свердло 2301-0398 Р6М5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 10$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору;
- свердло 2301-0400 Р6М5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 10,2$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору під нарізання різьби М12-7Н;
- свердло 2301-0423 Р6М5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 15$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору;
- свердло 2301-0427 Р6М5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 17$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору;
- свердло 2301-0431 Р6М5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 18$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору;
- свердло 2301-0446 Р6М5 ГОСТ 2092 – спіральне свердло $\varnothing 22$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, застосовується для свердління отвору;

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

- зенковки 2353-0142 Р6М5 ГОСТ 14953 – зенковки конічна 90°, обробляється фаска 1,6x45°;
- циковка спеціальна Р6М5, застосовується для отримання Ø32 мм;
- мітчик 2620-3735 Р6М5 ГОСТ 3266 – мітчик М12-7Н, застосовується для нарізання різьби;
- втулка 6100-0315 ГОСТ 13598 – перехідна втулка з конуса Морзе 2 на 4;
- втулка 6100-0258 ГОСТ 13598 – перехідна втулка з конуса Морзе 1 на 4;
- вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1, ШЦ-I-500-0,1 ГОСТ 166;
- зразки шорсткості ГОСТ 5378;
- пробка 8221-30537Н ГОСТ 17758, пробка ПР/НЕ М12-7Н, застосовується для контролю отвору.

Застосування даних інструментів економічно обґрунтовано в дрібносерійному виробництві, так як вони універсальні і дозволяють проконтролювати розміри в усій межі вимірювання з однаковою точністю. Тобто можна контролювати різні розміри вимірювання штангенциркулем.

Інструменти також були підібрані з умови, щоб ціна поділки була менше 0,33 найменшого допуску розміру на даній операції, контрольованого штангенциркулем.

6.5 Розрахунок режимів різання

Режими різання аналітичним способом для операції 015 - токарна чорнова:
 Дано: $D = 256$ мм, $d = 243$ мм, $L = 52$ мм, матеріал – 40Х, ріжучий інструмент із матеріалу Т5К10.

Алгоритм визначення режиму різання: $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n \rightarrow T_0$.

Визначаємо глибину різання (t)

$z = (256 - 243) / 2 = 7.5$ мм – шар металу який необхідно зняти;

$t = z / 2 = 7,5 / 2 = 3,75$ мм – глибина різання;

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Визначаємо подачу (S)

$$S_{\text{таб}} = (0,4—0,8) \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_{\text{таб}} = 0,6 \text{ мм/об}$; $S_{\text{верст}} = 0,6 \text{ мм/об}$.

Усі поправочні коефіцієнти дорівнюють 1, тому до уваги їх не беремо.

Розрахуємо швидкість різання(V)

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v \quad (6.1)$$

Вибираємо необхідні дані з [14]

$$C_v = 217 \quad m = 0,2$$

$$X = 0,15 \quad T = 30 \text{ хв}$$

$$y = 0,15$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv}$$

K_{nv} – вплив поверхні на швидкість;

K_{iv} – вплив інструмента на швидкість;

K_{mv} – вплив матеріалу на швидкість.

$$K_{iv} = 0,65 \quad K_{nv} = 0,9$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv} = 0,77 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,45$$

Знаходимо розрахункову швидкість за формулою:

$$V = \frac{217 \cdot 0,45}{30^{0,2} \cdot 3,75^{0,15} \cdot 0,6^{0,15}} = 101 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.2)$$

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$n = \frac{1000 \cdot 101}{\pi \cdot 351} = 98 \text{ об/хв.}$$

За паспортними даними верстата приймаємо найближчу частоту 100 об/хв та перераховуємо швидкість різання.

$$V = \frac{\pi \cdot 351 \cdot 100}{1000} = 102 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо основний час, тобто час на безпосередню обробку за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S_M} i \quad (6.5)$$

де $L = 102+2=104$ мм - довжина обробки з урахуванням врізання;

$i=2$ – кількість проходів.

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{104 \cdot 2}{100 \cdot 0,6} = 3,11 \text{ хв.,}$$

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 6.6.

Таблиця 6.6 – Параметри режимів обробки на операцію 015

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T _o , хв.
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i		
1	2	3	4	5	6	7	8
Установ А							
Підрізання торця	2	0,6	100	109	2	145	4,83
Точіння поверхні Ø243	2	0,6	100	102	2	52	1,73
Точіння фаски	2	0,6	100	102	1	5	0,08
Розточування торцевої канавки Ø120	3,5	0,1	62	200	1	28	1,4

Проведемо розрахунок аналітичним методом свердлювання отвору Ø11 мм.
Вихідні данні: оброблюваний матеріал сталь 45Л з межою міцності $\sigma_B=558$ МПа,
матеріал ріжучої частини свердла Р6М5, СОЖ – емульсія.

1. Глибина різання дорівнює $t=11/2=5,5$ мм.

2. Подача складатиме $S_T = 0,36$ мм/об, з урахуванням коефіцієнтів

$K_1=0,9$ – коефіцієнт на глибину;

$K_0=0,5$ – коефіцієнт на якість поверхні;

$K_{ж}=0,75$ – коефіцієнт жорсткості системи ТС;

$K_1=1,0$ – коефіцієнт враховуючий матеріал ріжучого інструменту, тоді

$S=0,36 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1,0=0,12$, приймаємо $S_{пр}=0,12$ мм/об.

2. Стійкість ріжучого інструменту $T=30$ хв. [4]

Знаходимо швидкість різання за формулою [4]

$$V = \frac{C_V D^g}{T^m S^y} K_V, \quad (6.6)$$

де $C_V= 3,5$, $g= 0,5$, $y= 0,45$ $m =0,12$ – коефіцієнти та показники в формулі швидкості різання [4];

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання та знаходиться за формулою [4]:

$$K_V = K_{MV} K_{IV} K_{IV}, \quad (6.7)$$

де $K_{MV} = 1,0$ - поправочний коефіцієнт, на оброблюваний матеріал [4];

$K_{IV} = 0,8$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки;

$K_{IV} = 0,5$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал.

Тоді:

$$K_V = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 0,4.$$

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

З урахуванням показників знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{3,5 \cdot 19^{0,5}}{15^{0,12} \cdot 0,12^{0,45}} \cdot 0,4 = 28,8 \text{ м/хв.}$$

3. Знаходимо частоту обертання шпинделя по формулі

$$n_{ш} = \frac{1000V}{\pi \cdot D} \quad (6.8)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 28,8}{\pi \cdot 11} = 383 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо значення обертання шпинделя з паспортним $n = 360$ об/мин.

4. З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі:

$$V\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.7)$$

$$v = \frac{\pi \cdot 11 \cdot 360}{1000} = 25,1 \text{ м/хв.}$$

5. Знаходимо крутний момент по формулі [14]:

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_p, \quad (6.8)$$

де $C_M = 0,041$, $q = 2,0$, $y = 0,7$ – коефіцієнти та показники в формулі [9];

K_p – поправочний коефіцієнт враховуючий вплив оброблюваного матеріалу [9];

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$K_p = (\sigma_B / 750)^n, \quad (6.9)$$

де $n = 0,75$ – показник

$$K_p = (\sigma_B / 750)^n = (558/750)^{0,75} = 0,8.$$

З урахуванням поправочних коефіцієнтів маємо:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 50^{2,0} \cdot 0,12^{0,7} \cdot 0,8 = 22,3 \text{ Нм.}$$

Знаходимо потужність необхідну для обробки по формулі:

$$N = \frac{M_{кр} n}{9750}. \quad (6.11)$$

$$N = \frac{22,3 \cdot 160}{9750} = 2,85 \text{ кВт.}$$

7. Потужність різання менше потужності верстата з урахуванням КПД (0,8) ($2,85 < 5,5 \cdot 0,8$ кВт), обробка можлива.

8. Розраховуємо основний час по формулі:

$$T_o = \frac{L_p}{S \cdot n} \quad (6.12)$$

$$l_p = l + l_1' + l_2'' \quad (6.13)$$

де $l_1' = 0,3 D = 0,3 \cdot 11 = 3,3$ мм, беремо 4 мм, при подвійному заточуванні
врізування свердла;

$l_2'' = 3$ мм, перебіг свердла.

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Тоді:

$$l_p = 105+4+3=112 \text{ мм}$$

$n = 360$ об/хв - частота обертів шпинделя;

$S = 0,12$ мм/об - подача;

$$T_o = \frac{112}{360 \cdot 0,12} = 2,5 \text{ хв.}$$

Таблиця 6.7 – Параметри режимів обробки на операцію 025

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T _o , хв
	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i		
Центрувати ø6	3	0,14	800	15,1	1	3	0,5
Свердлити ø10	5	0,15	600	18,8	1	105	2,1
Свердлити ø10,2	5,1	0,15	600	19,2	1	20	0,7
Розсвердлити ø17	3,4	0,15	300	16,0	1	7	0,3
Нарізати M12-7H	0,5	1,75	300	11,3	1	15	0,2
Всього							4,5

6.6. Технічне нормування операції

Технічне нормування операцій -здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу.

Метою даного нормування є визначення норми штучно - калькуляційного часу на операції.

Визначаємо допоміжний час, для операції 015, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (6.13)$$

де $T_{уст} = 3,11$ хв - час на установку і зняття заготовки [15];

$T_{уп} = 2,5$ - допоміжний час з управління верстата [15];

$T_{\text{вим}} = 1,8$ хв - час на вимірювання [15].

$T_{\text{д}} = 3,11 + 2,5 + 1,8 = 7,41$ хв.

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{o}} + T_{\text{д}}, \quad (6.14)$$

$$T_{\text{оп}} = 39,93 + 7,41 = 47,34 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [15]:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{оп}} \cdot 4\% = 47,34 \cdot 0,04 = 1,90 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{в}}. \quad (6.15)$$

$$T_{\text{шт}} = 47,34 + 1,90 = 49,24 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}/N, \quad (6.16)$$

де $T_{\text{пз}} = 35$ хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 37$ шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 49,24 + 35/37 = 52,78 \text{ хв.}$$

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Визначаємо допоміжний час, для операції 025, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим},$$

де $T_{уст} = 4,2$ хв - час на установку і зняття заготовки [15];

$T_{уп} = 6,3$ - допоміжний час з управління верстата [15];

$T_{вим} = 2,2$ хв - час на вимірювання [15].

$$T_d = 4,2 + 6,3 + 2,2 = 12,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою 6.14:

$$T_{оп} = 18 + 12,7 = 30,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{доп} = T_{оп} \cdot 4\% = 30,7 \cdot 0,04 = 1,22 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою 6.15:

$$T_{шт} = 30,7 + 1,22 = 31,92 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою 6.16:

де $T_{п.з} = 30$ хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 37$ шт - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 31,92 + 30/37 = 32,76 \text{ хв.}$$

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Проектування верстатного пристрою на комплексну з ЧПК операцію.

Обґрунтування необхідності створення пристосування. Вибір системи пристосування.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні в трикулачковому патроні (встановленим на ділильну головку) з ручним приводом. Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точностних параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональної систему нерозбірних спеціальних пристосувань (НСП) [8].

Дана операція комплексна на обробному центрі з ЧПК виконується на верстаті моделі IP500ПМФ4.

Уточнення мети технологічної операції.

На даній операції повинні формуватися такі розміри: 6 наскрізних отворів $\varnothing 11$ мм.

Отвори $\varnothing 11$ мм є вільними розміром, а значить відповідно до технічних вимог на виготовленні деталі, допуск беремо по 14 квалітету точності [10].

$$T_{\varnothing 11} = 320 \text{ мкм}$$

Точність лінійних розмірів аналізувати недоцільно, тому що отвори наскрізні.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 6,3 мкм за критерієм Ra.

Аналіз базових поверхонь.

Конструкція пристосування буде припускати базування заготовки по торцю і по внутрішній циліндричній поверхні $\varnothing 184H9$.

Згідно креслення отвір $\varnothing 184$ обробляється по IT9.Согласно [10] знаходимо значення допуску: $T_{\varnothing 184} = 115$ мкм.

										Лист
										55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Це означає, що діаметр отвору виконаний з параметрами $\text{Ø}184\text{H}9 (+0,115; 0)$. Довжина отвору 184 мм. Відношення $l / d < 1$, що свідчить про можливість використання отвори як подвійної опорної бази.

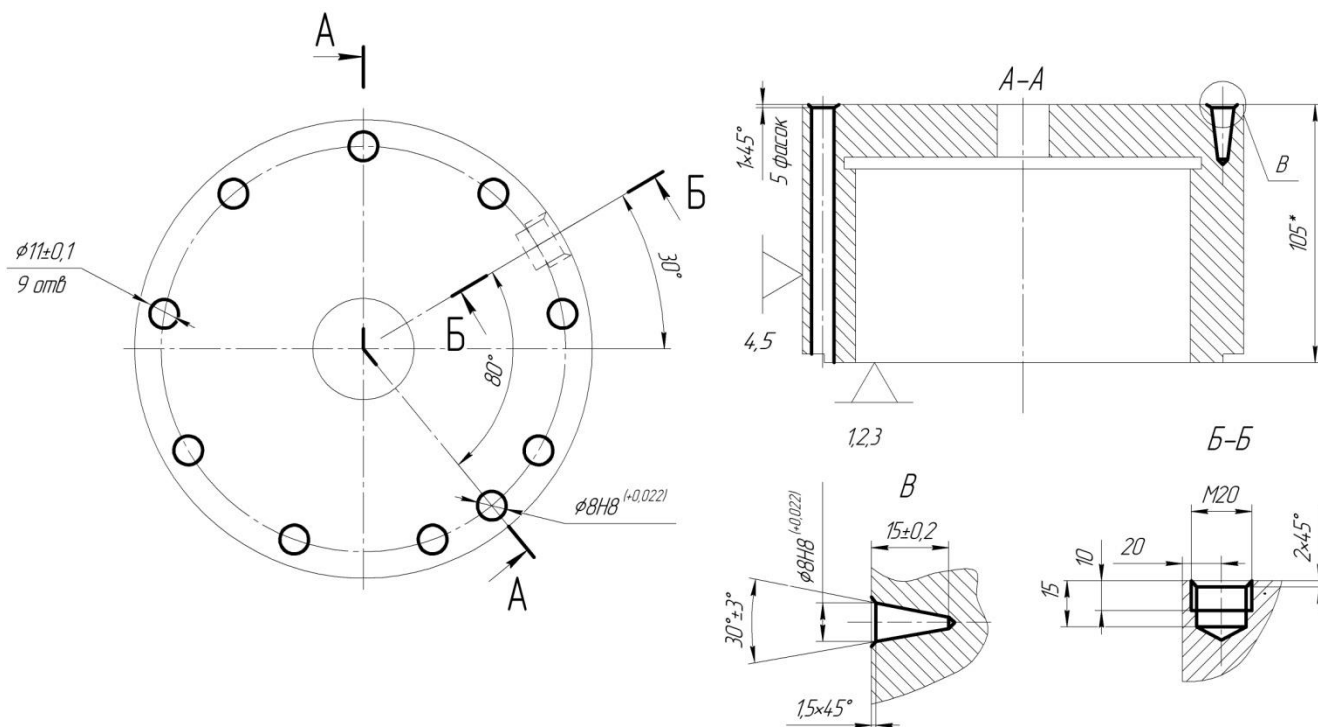


Рисунок 7.1 - Схема базування заготовки на операції

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні для діаметра $\text{Ø}184\text{H}9$ та торцю відповідає за критерієм $R_a 2,5$ мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

У проектованому пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах ± 10 мм розмірів з вказаними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проектоване пристосування.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Річна програма випуску визначена в 500 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає дрібносерійний тип виробництва. Але проектування даного пристосування проводиться в навчальних цілях.

Заготівля буде оброблятися на багатоцільовому верстаті з системою ЧПК. Паспортні дані верстата наведені в пункті 6.3.

Обробка на даній операції здійснюється свердлом Ø11 мм. Пристосування має обслуговуватися верстатником 3-го розряду.

Складання переліку реалізованих функцій.

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).

9. Обробка поверхонь згідно ескізу.

10. Створення безпечних умов праці.

Аналіз схем базування та закріплення був виконаний раніше.

Розрахунок сил закріплення.

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [2, с.85]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad , \quad (7.1)$$

де k_0 - коефіцієнт гарантованого запасу. $k_0 = 1,5$;

k_1 - коефіцієнт враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях ($k_1 = 1,1$);

k_2 - коефіцієнт що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту ($k_2 = 1,7$);

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

k_3 - коефіцієнт враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні ($k_3 = 1$);

k_4 - коефіцієнт що характеризує сталість сили закріплення зажимного механізму ($k_4 = 1,2$);

k_5 - коефіцієнт що характеризує ергономіку ручних ЗМ ($k_5 = 1$);

k_6 - коефіцієнт враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку.

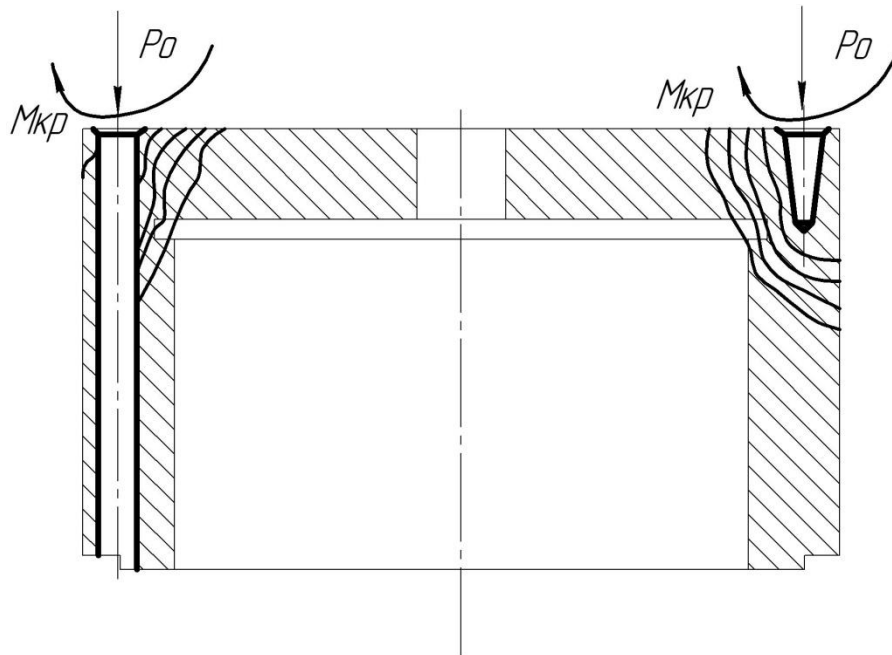


Рисунок 7.2 – Структура поля збурюючих сил по складовим

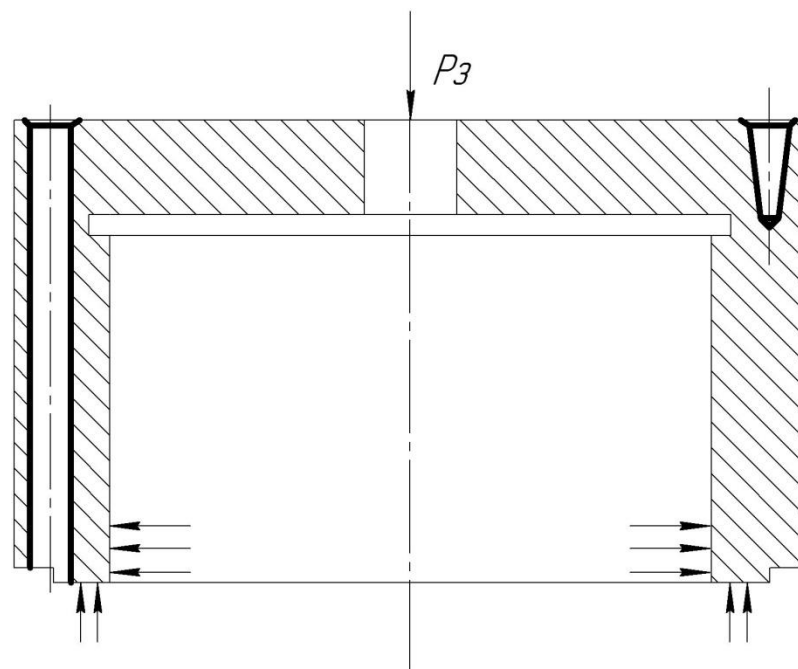


Рисунок 7.3 – Схема дії сил, прикладених до деталі

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМЗ 17620867-00 ПЗ

Лист

58

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристосування являють собою перетворення інформації про обробки поверхонь деталі на даній операції в точнісні до пристосування.

За формулою 7.1:

$$K = 1,5 \times 1,1 \times 1,7 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,1 = 3,366.$$

Виходячи з того, що найбільша сила та крутний момент будуть виникати при розсвердлюванні отвору $\varnothing 11$ мм розрахунок сили затиску будемо проводити саме по критерію величини сил та моментів, що виникають при обробці даної поверхні. Осьова сила P_o при цьому буде діяти радіально на центральну оправку, на якій базується деталь, тому в розрахунках її можна не враховувати.

З попередніх розрахунків $M_{кр} = 22,3$ Нм, тобто визначимо силу P_z , що буде намагатися опрокинути заготовку.

$$P_z = 2M_{кр}/D_{св} \quad (7.2)$$

де $D_{св} = 11$ мм- діаметр свердла.

$$P_z = 2 \cdot 22,3 / 0,011 = 892 \text{ Н}$$

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення W .

Сили тертя $F_{тр1}$ і $F_{тр2}$ будуть діяти на середньому діаметрі опорних площин.

Запишемо умову $M_{тр} > M$

Представимо $M_{тр} = K \cdot l \cdot P_z$

$$F_{mm_1} \times \left(\frac{R_1}{2}\right) + F_{mm_2} \times \left(\frac{R_2}{2}\right) = K \times l \times P_z$$

$$W \times f_1 \left(\frac{R_1}{2}\right) + W \times f_2 \times \left(\frac{R_2}{2}\right) = K \times l \times P_z$$

$$R_1 = \frac{D_{ш} + D_o}{2} = \frac{120 + 80}{2} = 100 \text{ мм},$$

де $D_{ш}$ - зовнішній діаметр шайби

$R_2 = (351+80)/2 = 215,5$ мм, де 251 і 80 – розміри, що характеризують опорний торець деталі.

$$l = 215/2 = 107,5 \text{ мм}$$

$f_1 = f_2 = 0,25$ – коефіцієнти тертя по площинах шайби - деталь і деталь-торець пристосування відповідно.

Виразимо силу закріплення W

$$W = \frac{K \times l \times P_z}{f \times ((R_1 + R_2)/2)} = \frac{3,366 \times 107,5 \times 892}{0,25 \times (100 + 215,5)/2} = 8052 \text{ Н} .$$

Обґрунтування вибору приводу.

Для розкріплення досить ходу 5-10 мм, отже, раціонально вибрати тарілчасту гумовотканинну пневмокамеру однак для універсализації пристрою та в навчальних цілях обираємо пневмоциліндр та розраховуємо його за формулою:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{8052}{0,4}} = 83,3 \text{ мм} \quad (7.3)$$

де $p = 0,4$ МПа - тиск повітря в мережі.

Приймаємо найближчий більший діаметр $D = 85$ мм.

Отже розраховуємо фактична силу закріплення при діаметрі пневмоциліндра 85 мм.

$$W_{\phi} = \frac{D^2 \times p}{1,13^2} = \frac{85^2 \times 0,4}{1,13^2} = 8100 \text{ Н}$$

Точнісі розрахунки пристосування.

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

(шпонками). Пристосування встановлюється на стіл за двома шпонками по посадці 18H9 / h9. Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках.

ε_n - похибка перекосу інструменту. Обробка вестиметься спіральними свердлами відповідного діаметру, але перед цим отвори необхідно зацентрувати центрувальним свердлом, щоб виключити (або принаймні мінімізувати відведення свердла). Тобто похибка перекоса = 0.

ε_u - похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів пристосування. Величина зносу залежить від програми випуску деталей і форму настановної поверхні.

Похибка зносу настановних елементів пристосування визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_u = \beta_2 \cdot N, \quad (7.5)$$

де $\beta_2 = 0,001$ - постійний коефіцієнт, узятий за рекомендаціями [9];

N - Число контактів заготовки з опорою. Річний випуск деталей = 2000 шт. Пристосування передбачається експлуатувати без ремонту і заміни деяких настановних елементів 2 роки, тому

$$N = N_r \cdot n = 2000 \cdot 2 = 4000 \text{ штук.}$$

$$\varepsilon_u = 0,001 \cdot 4000 = 0,4 \text{ м} = 400 \text{ мкм.}$$

K_{T2} - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [9, с 42] $K_{T2} = 0,6$;

w - середня економічна точність обробки, по [9, с.42] при свердлінні отворів середня економічна точність - 12 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Розрахунок на міцність.

Розраховуємо на міцність різьблення штока. По конструктивних міркувань і попередньої компонованні пристосування приймемо різьбу на штоку М12х1,75-6g. Сила на штоку $W = 8100$ Н, матеріал гвинта - Сталь 40 ГОСТ 1050-88.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_B = d_n - (0,541P) \cdot 2 \quad (7.6)$$

де d_n – зовнішній діаметр різьби;

P – шаг різьби.

$$d_g = 12 - (0,541 \cdot 1,75) \cdot 2 = 10,2065 \text{ мм}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi d_g^2}{4} \quad (7.7)$$

де d_g – внутрішній діаметр різьби.

$$S_{\min \text{pez}} = \frac{\pi \cdot 10,2065^2}{4} = 60,22 \text{ мм}^2$$

Межа текучості для Сталі 40 дорівнює 300 МПа.

Допустимі напруги розтягування визначається за формулою:

$$[\sigma_p] = 0,5 \cdot \sigma_T \quad (7.8)$$

Тобто $[\sigma_p] = 0,5 \cdot 300 = 150$ МПа.

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Запишемо умова міцності на розтяг:

$$\sigma_p = \frac{W}{S_{\min_{рез}}} \leq [\sigma_p] \quad (7.9)$$

$\sigma_p = \frac{8100}{60,22} = 135 < 150 \text{ МПа}$ – отже міцність штока забезпечується, так як міцність забезпечується навіть в його мінімальному перетині (на різьбовій ділянці).

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

ВИСНОВОК

В ході роботи були виконані наступні пункти: - проведено аналіз службового призначення агрегату – планетарного редуктора МПО. Крім того виконано опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації.

Проведений аналіз технічних вимог на виготовлення деталі корпус, де проаналізовано матеріал деталі, точність розмірів і шорсткості, пред'являємої до деталі. - Визначено тип виробництва - дрібносерійний (при річному випуску деталей 500 штук) і організаційні умови роботи.

Зроблений вибір методу отримання заготовки згідно ДСТУ. Обраний метод отримання заготовки – лиття в піщані форми. В результаті розрахунків отримали заготовку з мінімальними припусками, також розроблені технічні вимоги до неї.

Проведений аналіз технологічної операції технологічного процесу. Для аналізу було взято операції 015 токарна з ЧПК та 025 комплексна з ЧПК. У порівнянні з базовим технологічним процесом операція здійснюється на одному верстатах з ЧПК. Це дає можливість скоротити кількість обладнання, виробничої площі і час на механічну обробку, а так само дає можливість виключити розмітку. Крім того, була проаналізована схема базування заготовки. В результаті прийнято закріпити деталь в спеціальне пристосування, в якому заготовка буде позбавлена п'яти ступенів свободи. Так само для операцій були вибрані необхідні ріжучі та вимірювальні інструменти.

Також розглянуто питання характеристики та дії на організм людини, нормування та захист від електромагнітних полів в додатку в розділі «Охорона праці».

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Євтухов, В.Г.** Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» / укладач В.Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 44 с.
2. **Горбацевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пос. [Текст] / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. — 4-е изд., перераб. и доп. — Минск : Высшая школа, 1983. — 256 с.
3. **Косилова, А. Г.** Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т.1 [Текст] / А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 656 с.
4. **Косилова, А. Г.** Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т.2 [Текст] / А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп. —М.: Машиностроение, 1986. — 496 с.
5. **Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резанья для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть I. Нормативы времени.** – Москва : Экономика, 1990.
6. **Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, часть II (нормативы режимов резания).** – Москва : Экономика, 1990.
7. **Добриденьов І.С.** Курсове проектування по предмету «Технологія машинобудування»: Учб. посібник для технікумів за спеціальністю «Обробка металів різанням». - М.: Машинобудування, 1985. 184 с., іл.
8. **Гжиров Р.И.** Краткий справочник конструктора: Справочник-Л.: Машиностроение, Ленингр. отд - ние, 1983.- 464 с.
9. **ГОСТ 7505-89** Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

10. ГОСТ 24643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.

11. **Приходько В.П.**, Литвин О.В. Проектування оснащення верстатів, роботів і машин: Навч. посіб. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 212 с.

12. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам

13. **Кушніров, П.В.** Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічна оснастка» / Укладач П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.

14. **Кушніров, П.В.** Лабораторний практикум з курсу “Технологічна оснастка”/Укладач П.В. Кушніров, А.В. Євтухов, І.М. Дегтярьов. – Суми: Сумський державний університет, 2019.– 158с.

15. **Жидецький, В.Ц.** Основи охорони праці. // В. Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников — Вид. 2-е, стереотипне. — Львів: Афіша, 2000. — 348 с.

					ТМЗ 17620867–00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68