

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *Віталій ІВАНОВ*

« \_\_\_\_\_ » *червня 2021* р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ**

**КРИШКИ ПІДШИПНИКА 17.126.21.23-06.07**

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

Студент

*Ілля ТВЕРЕЗОВСЬКИЙ*

Керівник

*Іван ДЕГТЯРЬОВ*

Нормоконтроль

*Юлія ДЕНИСЕНКО*

## РЕФЕРАТ

Записка: 80 с., 15 рис., 21 табл., 20 літературних джерел.

Об'єкт роботи – деталь Кришка підшипника 17.126.21.23-06.07, яка входить до складу червячного редуктора Ч-63.

Мета роботи – проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка підшипника 17.126.21.23-06.07».

В роботі виконано аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі. Було визначено тип виробництва – середньосерійний. Виконано аналіз технологічності конструкції деталі. За допомогою техніко-прогресивного обґрунтування обраний раціональний метод отримання заготовки.

На прикладі двох механічних операцій: токарної з ЧПК і вертикально-свердлильної з ЧПК було проаналізовано існуючий технологічний процес виготовлення деталі, а саме: обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, вибір металорізального обладнання, верстатного пристрою, ріжучого та вимірювального інструмента. Визначено режими обробки. Виконано технічне нормування операції.

У графічній частині роботи виконані креслення заготовки, верстатного пристрою і маршрутного технологічного процесу механічної обробки заготовки, операційної наладки на операцію 035 вертикально-свердлильної з ЧПК. Представлено комплект технологічної документації на картах КТП.

Розглянуто небезпечні зони устаткування, класифікація та призначення засобів захисту.

**КРИШКА ПІДШИПНИКА, ЧЕРВ'ЯЧНИЙ РЕДУКТОР, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ**

## ЗМІСТ

	с.
Вступ .....	5
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації .....	6
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....	14
3 Визначення типу виробництва та форми його організації .....	19
4 Аналіз технологічності конструкції деталі .....	24
5 Вибір способу одержання заготовки та розробка технічних вимог .....	26
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 .....	33
6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата .....	36
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	39
6.5 Розрахунок режимів різання .....	41
6.6. Технічне нормування операції .....	48
7 Проектування верстатного пристрою .....	55
Висновок .....	68
Перелік джерел посилання .....	69
Додаток А .....	71
Додаток Б .....	72
Додаток В .....	74

					ТМ 17510036–00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Тверезовський			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Дегтярьов			4	84	
Реценз.					СумДУ, ТМ-71-1		
Н. Контр.		Денисенко					
Затверд.		Іванов					
					Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка підшипника 17.126.21.23-06.07»		

## ВСТУП

Машинобудування є однією з провідних галузей промисловості. Це пов'язано з тим, що всі процеси пов'язані з машинобудуванням. Машинобудування характеризує промисловий розвиток країни і робить великий внесок, пов'язаний зі створенням матеріальної бази суспільства. До його розвитку завжди надавалося і надається першорядне значення.

Технологія машинобудування - це галузь науки, яка займається вивченням, удосконаленням виготовлення машин необхідної якості, покращенням технологічних процесів їх виготовлення, у встановленій виробничою програмою кількості і в задані строки при найменшій собівартості.

В даний час помічається швидке і багаторазове ускладнення машин, об'єднання їх у великі комплекси, зменшення їх металоємності і підвищенням їх силової та електричної напруженості. З підвищенням зносостійкості деталей машин зменшуються витрати матеріалів на їх виготовлення, зменшується кількість працівників і трудомісткість при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті. Розробляються способи оптимізації технологічних процесів, спрямованих на досягнення необхідної точності, продуктивності та економічності виготовлення при забезпеченні високих експлуатаційних якостей та надійності роботи машини.

Створюються і розвиваються системи автоматизованого управління ходом технологічного процесу з його оптимізацією за всіма основними параметрами виготовлення і необхідним експлуатаційним якостям. Розгортаються роботи по створенню гнучких автоматизованих виробничих систем на основі використання ЕОМ, автоматизації міжопераційного транспорту та контролю і робототехніки.

Вивчення технології машинобудування не може обійтись без знань таких дисциплін, як теорія різання, матеріалознавство, металорізальні верстати та інструменти, та ін. Розгляд всіх питань, пов'язаних з машинобудуванням без використання цих дисциплін взагалі неможливо.

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17510036-00 ПЗ

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

Деталь кришка підшипника входить до конструкції одноступічастого черв'ячного редуктора Ч-63. Цей черв'ячний редуктор характеризується плавним ходом і безшумною роботою. Редуктор Ч-63 однаково добре працює як під постійним навантаженням, так і під змінним. Допускається робота в режимі реверсивного навантаження. Зручність конструкції полягає в тому, що односторонній вал можна легко перевстановити на іншу сторону. Ребра корпусу допомагають поліпшити тепловідвід [1].

Редуктор Ч-63 (рис. 1.1) призначений для збільшення крутного моменту і зменшення частоти обертання і використовується, як один з елементів в приводах машин і механізмів, різних типах пристроїв і обладнанні.



Рисунок 1.1 – Одноступічастий черв'ячний редуктор Ч-63

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 17510036-00 ПЗ

Лист

6

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики затвору редуктора Ч-63:

Назва параметру	Значення параметру
1. Тип передачі	черв'ячна
2. Кількість ступенів передачі	одноступінчаста
3. Розташування осей	перехресне
4. Передаточне відношення	8; 10; 12.5; 16; 20; 25; 31.5; 40; 50; 63; 80;
5. Номінальний крутний момент, Н·м	106÷200
6. Сумарна міжосьова відстань, мм	63
7. Маса, кг	16
8. ККД, %	60÷90

Черв'ячний одноступінчатий редуктор Ч складається з черв'яка і черв'ячного колеса, осі яких схрещені під кутом  $90^\circ$ . Тихохідний вал редуктора з'єднується з черв'ячним колесом евольвентними шлицями. Центрування вала здійснюється по зовнішньому діаметру шлиців. Всі вали спираються на підшипники кочення. Регулювання підшипників швидкохідного і тихохідного валів здійснюється набором металевих прокладок, встановлених між кришками і корпусом. Для охолодження редукторів на черв'ячному валу встановлений відцентровий вентилятор, що складається з крильчатки і кожухів. Кожух кріпиться до корпусу редуктора двома болтами. Мاستило передачі картерної непроточна. Підшипники черв'яка і вала колеса в залежності від варіанту розташування черв'ячної пари змащуються або зануренням в масляну ванну, або розбризкуванням. Контроль рівня масла проводиться стрижневим мастиловказівником, одночасно виконує роль віддушини. Роль віддушини виконує пробка з перпендикулярними отворами, розташованими у верхній частині корпусу, через отвір, що закривається цієї пробкою, заливається масло. Отвір для гвинта в нижній частині редуктора служить для зливу масла.

У нероз'ємному корпусі, отлитом з алюмінієвого сплаву методом лиття під тиском, встановлені вузол черв'ячного вала і вузол черв'ячного колеса. Кришки

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17510036-00 ПЗ

служать корпусами підшипників тихохідного валу. Корпус закритий оребреною кришкою, відлитими з алюмінієвого сплаву. Паралельно осі вала колеса в корпусі є чотири припливу з наскрізними отворами для кріплення лап шпильками. Однакову відстань між осями отворів дозволяє за допомогою одних і тих же лап міняти просторове положення редуктора відповідно до варіантів розташування черв'ячної пари.

Ці редуктори застосуються в приводах механізмів, що працюють в середньому або короткочасному режимі: конвеєри, елеватори, лебідки, різноманітні приводи.

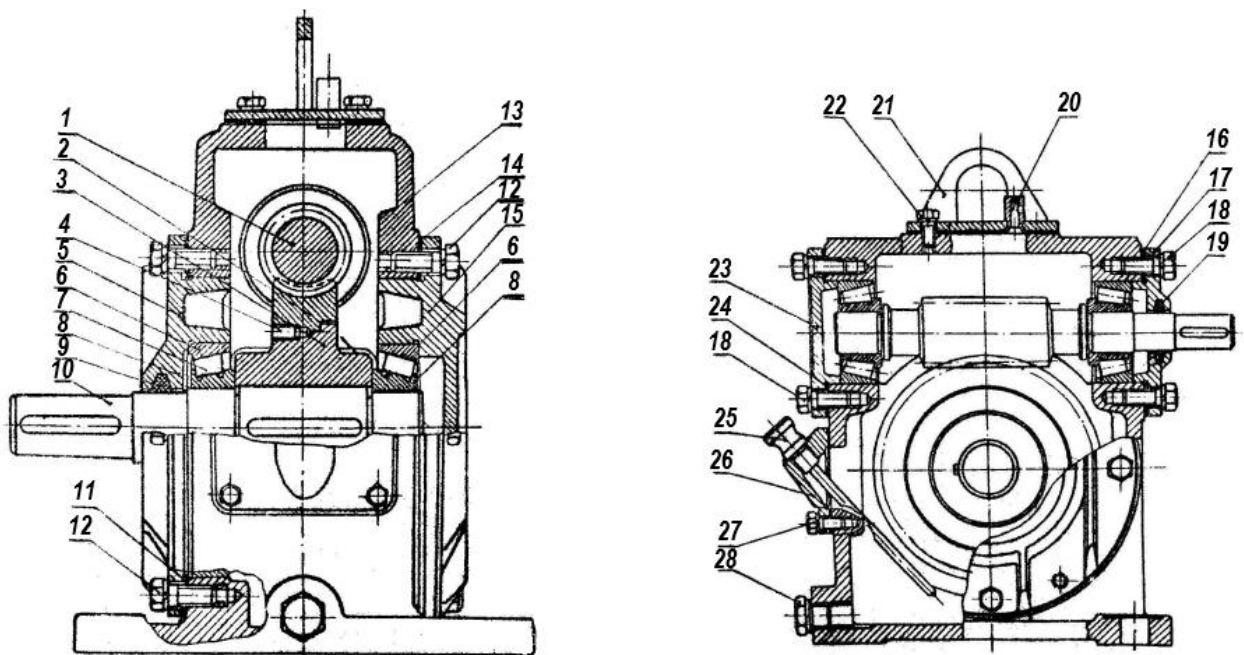


Рисунок 1.2 – Конструкція одноступічастого черв'ячного редуктора Ч-63

Редуктор складається з наступних основних одиниць і деталей:

1 – корпус; 2 – кришка підшипника; 3, 11, 12 – болти; 4 – швидкохідний вал; 5 – тихохідний вал; 6 – черв'ячне колесо; 7, 8 – конічні ролико-підшипники; 9 – накладна кришка; 10 – стакан; 13, 14 – манжети; 15 – гвинт; 16 – крильчатка; 17 – кожух крильчатки; 18 – пружинне кільце; 19 – маслопоказник; 20 – віддушину; 21 – пробка; 22 – лапи; 23, 24 – прокладки; 25 – ребра охолодження.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 17510036-00 ПЗ

Лист

8

Черв'ячна передача складається з черв'яка, тобто гвинта з трапецеїдальною або схожою до неї різьбою, і черв'ячного колеса. В даному редукторі (рис.1.2) черв'як розташований над колесом. Мастило зачеплення здійснюється зануренням колеса в масло. Черв'як 1 виконують зі сталі. Зазвичай бічні поверхні витків черв'яка гартують до високої твердості, після чого шліфують або навіть полірують. Зі збільшенням чистоти поверхонь витків черв'яка підвищується стійкість черв'ячної пари проти заїдання. Черв'ячне колесо зазвичай виконують з ободом (вінцем) 2 з бронзи або латуні і, для економії кольорових металів, з чавунним центром 3. При роботі з малими окружними швидкостями черв'ячні колеса іноді цілком виготовляють з сірого чавуну. Бронзовий обід насаджений на чавунний центр з натягом. Згодом посадка може ослабнути, тому встик вінця і центру загвинчують гвинти 4, що служать шпонками. Після затяжки гвинтів головки їх зрубують урівень. Центр черв'ячного колеса 3 насаджений на вал 10 з посадкою, що забезпечує гарантований натяг.

Опори черв'яка і вала черв'ячного колеса виконані у вигляді радіально-упорних конічних роликотітників, що сприймають радіальну і осьову навантаження. Внутрішні кільця 8 підшипників на вал ставлять з натягом, щоб уникнути обкатування кільцем шийки вала, розвальцьовування посадочних поверхонь і контактної корозії. Зовнішні кільця 6 підшипника в корпусі ставлять по посадці з зазором (близько соті частки міліметра), що важливо для полегшення осьових переміщень кілець при монтажі, під час регулювання черв'ячного зачеплення і регулювання зазору в підшипниках.

При роботі редуктора в черв'ячному зачепленні виникає сила, яку можна розкласти на три складових у взаємно-перпендикулярних напрямках. Всі сили з обертових деталей передаються на нерухомий корпус через підшипники кочення, що зменшує втрати енергії на тертя. Центр колеса 3 (рис.1) торцем тисне на внутрішнє кільце підшипника 8, далі сила передається через

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17510036-00 ПЗ



ролики 7 на зовнішнє кільце 6, яке торцем тисне на кришку 5. Кришка передає силу  $P_1$  корпусу 13 через гвинти 12.

Ущільнення 9 і 19 ставлять в кришках, через які виходять кінці валів. Призначення ущільнень - виключити потрапляння бруду і пилю в підшипниках і в зачеплення через зазор між кришками і валом, а також запобігти витікання мастила з редуктора.

Найбільше застосування мають манжетні ущільнення. У редукторі на ущільнення виконані у вигляді кільця з технічного фетру, просоченого машинним маслом, фетрові кільця закладають в кільцевої паз кришок, що має в перетині форму трапеції. Така форма паза забезпечує краще обтиснення вала фетровим кільцем.

Корпус редуктора 13 виконаний з чавуну. Конструкція корпусу повинна забезпечувати установку в нього зібраних вузлів черв'яка і черв'ячного колеса, а також можливість регулювання зачеплення.

У редукторі Ч-63 корпус нероз'ємний. Для монтажу колеса (з валом і підшипниками) з боків корпусу зроблені отвори з діаметром, великим діаметру черв'ячного колеса. Отвори закриті кришками 5 і 15.

Корпус одночасно служить і резервуаром для змащення зачеплення. Для контролю рівня мастила є маслоуказатель (щуп) 25. Пробка 28 призначена для зливу масла. Кришка 21 закриває оглядовий люк, через який можна спостерігати пляму контакту зубів черв'яка і колеса при регулюванні правильності зачеплення.

При роботі редуктора повітря на внутрішній його порожнині нагрівається і розширюється. Для виходу надлишку повітря з редуктора в атмосферу у втулці 20 на кришці люка для масла 21 передбачені отвори.

Редуктори черв'ячні універсальні одноступінчасті Ч-63 приводи загального призначення, призначені для роботи в помірному кліматі (виконання У), з сухим і вологим тропічним кліматом (виконання Т) категорій розміщення 1, 2, 3, 4 ГОСТ 15150-69 [2].

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17510036-00 ПЗ

Технічні характеристики черв'ячного редуктора Ч-63 приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. – Технічні характеристики черв'ячного редуктора Ч-63

Передаточні числа		Частота обертання вхідного вала, об/хв		
номінальне	фактичне	1500		
		допустимий крутний момент на вих. валу, Н·м	ККД	допустиме радіальне навантаження на вих. вал, Н
8	7,75	160	0,9	3200
10	10	140	0,89	
12,5	13	132	0,88	
16	15,5	160	0,86	
20	20	140	0,84	
25	26	132	0,80	
31,5	31	200	0,76	
40	40	180	0,75	
50	52	150	0,69	

Умови експлуатації черв'ячного редуктора Ч-63:

- навантаження постійне і змінне, одного напрямку і реверсивне;
- робота з періодичними зупинками і тривала до 24 годин на добу;
- обертання валів в будь-яку сторону;
- частота обертання вхідного вала не більше 1500 об/хв;
- атмосфера типів I і II ГОСТ 15150 при запиленості повітря не більше 10 мг/м<sup>3</sup>;
- кліматичні виконання У, Т для категорій розміщення 1-3 і кліматичні виконання УХЛ і О для категорій розміщення 4 ГОСТ 15150.

Службове призначення Кришки підшипника у виробі Редуктор черв'ячний Ч-63

Кришка підшипника – це деталь тіло обертання. Конструкція деталі являє собою взаємний перетин циліндричних і конічних поверхонь, так само є наскрізний отвір, розташований під прямим кутом до осі обертання деталі. На внутрішній циліндричній поверхні є канавка для ущільнення.

На торці зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 66$  мм є вісім отворів  $\varnothing 5$  мм, які призначені для кріплення кришки до корпусу редуктора. Центрування деталі відбувається по циліндричній поверхні  $\varnothing 36$  мм і торцю  $\varnothing 66/\varnothing 36$  мм.

Звідси можна сказати, що кришка підшипника виконує роль опори при обертанні підшипника на валу редуктора.

Канавка  $\varnothing 36$  шириною 3,5 мм для ущільнення підшипникових вузлів служить для захисту підшипника від пилу, бруду, металевої стружки, тирси, вологи та інших сторонніх включень, а також від витоку з нього мастила. У разі застосування пластичного мастильного матеріалу ущільнення захищає підшипниковий вузол від попадання в нього масла з корпусу.

Звідси можна сказати, що кришка виконує роль опори при обертанні інших деталей в складальному вузлі. Також кришка підшипника може виконувати функцію для установки датчиків вібрації і температури.

При експлуатації черв'ячного редуктора деталь Кришка підшипника зазнає як постійні навантаження, так і змінні навантаження, що призводить до виникнення вібрацій.

Аналіз складального креслення редуктора дозволив встановити основні (ОКБ) і допоміжні (ДКБ) конструкторські бази Кришки підшипника.

ОКБ: 1, 3 – визначають положення Кришки підшипника щодо вузла в цілому. У таблицях 1.2 і 1.3 вказані матриця зв'язків і таблиця відповідностей для ОКБ;

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

ВКБ: 8, 11 – визначають положення Кришки підшипника в осьовому напрямку.

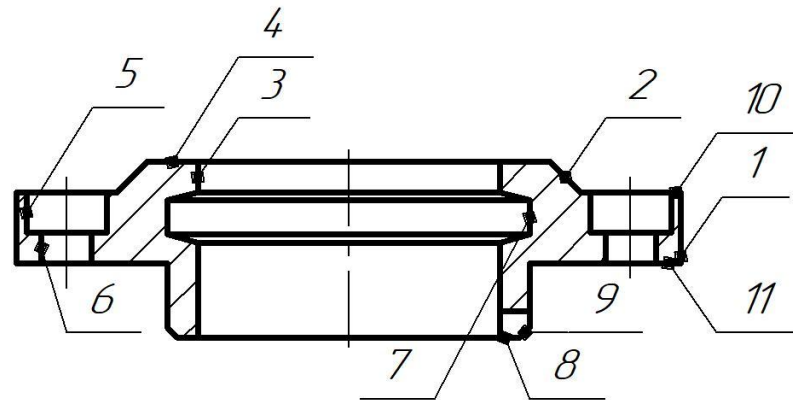


Рисунок 1.3 – Ескіз Кришки підшипника з нумерацією поверхонь

Поверхні 5 та 6 є отворами для з'єднання болтами Кришки підшипника до корпусу редуктора. Поверхня 7 призначена для установки ущільнення в Кришку підшипника. Поверхні 1, 8, 11 виконують функцію технологічних баз під час оброблення деталі. Поверхня 3 використовують в якості технологічної баз під час оброблення зовнішніх поверхонь деталі, а також для установки Кришки підшипника на вал редуктора. Поверхні 2, 4, 10 є вільними.

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Бази
1	0	0	1	ВБ
$\alpha$	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
$\alpha$	0	0	0	

Таблиця 1.3 – Зв'язки, забезпечені базами

База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
ВБ	1,2,3	I, V, VI
ПОБ	4,5	II, III

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Показники технологічності поділяються на якісні і кількісні. До якісних показників відносяться наступні чинники:

- матеріал деталі;
- базування і закріплення;
- простановка розмірів;
- допуски форми і розташування;
- взаємозамінюваність;
- нетехнологічні конструктивні елементи.

До кількісних показників технологічності відносяться:

- коефіцієнт використання заготовки і матеріалу;
- коефіцієнт точності;
- коефіцієнт шорсткості;
- собівартість;
- коефіцієнт уніфікації.

Технологічною вважається та конструкція, обробка якої можлива з максимальною продуктивністю праці і мінімальною собівартістю.

Технічні вимоги на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. В цілому оформлення креслення Кришки підпишника відповідає загальноприйнятим стандартам. На кресленні зображений один вид деталі в повздовжньому перерізі, що є цілком достатнім для тіл обертання. Додатково на кресленні вказаний вид збоку і два виносних елементи. Таким чином, креслення деталі Кришка підпишника містить всі необхідні види і розрізи, що дають однозначне уявлення про форму та розміри деталі.

Проставлені технічні вимоги за стандартами: ГОСТ 2.109–73, ГОСТ 2.305–68, ГОСТ 2.307–68. Розміри і вимоги креслення охоплюють всі формотворчих поверхні з зазначенням допусків на виготовлення. Позначення посадок і шорсткостей виконані відповідно до вимог по оформленню креслень по ЕСКД.

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 17510036-00 ПЗ

Розстановка розмірів, їх допусків, точності форми і взаємного розташування поверхонь, шорсткості – вірна, і дає повне уявлення про конфігурацію розглянутої деталі.

Деталь являє собою тіло обертання  $l/d=18/66=0,27$  із ступінчастим наскрізним центральним отвором і 8 отворами  $\varnothing 5$  у фланці для кріплення кришки підшипника до корпусу редуктора.

Найбільш точними поверхнями деталі є зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 36g6$ , внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 30$ . Найбільш високу шорсткість мають циліндрична поверхня  $\varnothing 36g6$  –  $Ra$  1,6 мкм, бічні поверхні канавки під ущільнення –  $Ra$  1,6 мкм.

Наявність точної зовнішньої поверхні  $\varnothing 36g6$  з шорсткістю  $Ra = 1,6$  мкм поверхонь має передбачає використання операції, що забезпечує високу точність розміру, наприклад, шліфування або тонке точіння.

Щодо точності форми і розташування поверхонь, то, в даному випадку, пред'явлені жорсткі вимоги (допуск торцевого биття 0,02 мм) до взаємного розташування торця  $\varnothing 66/\varnothing 36$  щодо бази Б ( $\varnothing 36g6$ ) та допуск торцеве биття  $\varnothing 36/\varnothing 30$  та позиційний допуск (0,2 мм) на вісім отворів  $\varnothing 5$  до бази Б ( $\varnothing 36g6$ ).

Отже, деталь Кришка підшипника відноситься до типу деталей – втулки.

Деталь Кришка підшипника представлена на рисунку 2.1.

Матеріал деталі – сірий чавун СЧ18-36 ГОСТ 1412-70.

Призначення – для відповідальних виливків з товщиною стінок до 20 мм, що не мають поверхонь ковзання.

Хімічний склад і механічні властивості сталі представлені в таблиці 2.1 і таблиці 2.2 відповідно [3].

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 17510036-00 ПЗ					

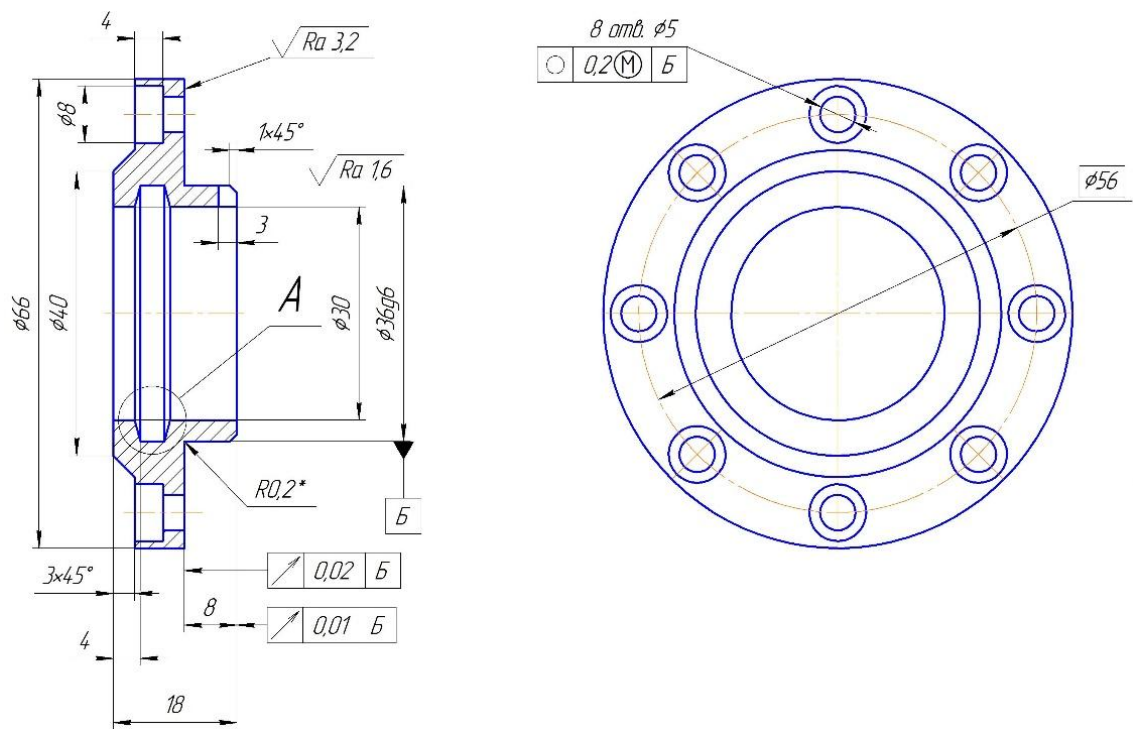


Рисунок 2.1 – Деталь Кришка підшипника

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сірого чавуну СЧ18-36 ГОСТ 1412-70

Вуглець С, %	Кремній Si, %	Марганець Mn, %	Фосфор P, %	Сірка S, %	Хром Cr, %	Нікель Ni, %
3,1÷3,4	1,7÷2,1	0,8÷1,2	0,3	0,15	0,3	0,5

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сірого чавуну СЧ18-36 ГОСТ 1412-70

Межа міцності, кгс/мм <sup>2</sup>		Стріла прогину (мм) при відстані між опорами, мм		НВ
на розтяг	при згинанні	600	300	
18	36	8	2,5	170-220

Значення тимчасового опору при розтягуванні і твердості в стінці виливки товщиною 15 мм наближено відповідають аналогічним значенням в стандартній заготовці діаметром 30 мм.

Сірий чавун відрізняється високими ливарними властивостями (для нього властива низька температура кристалізації, текучість в рідкому стані, мала усадка) і тому служить основним матеріалом для лиття. Він широко застосовується в

машинобудуванні для відливання станин верстатів і механізмів, поршнів, циліндрів, втулок, маточин зубчастих коліс.

Робоче креслення має технологічну простановку розмірів, оскільки розміри проставлені без повторень, доступні для контролю, не затіняють креслення і задовольняють вимогам ГОСТ 2.307.

Технічні вимоги над основним написом креслення деталі регламентують:

- 1) H14, h14,  $\pm IT14/2$ . Ця вимога регламентує точність розмірів для вільних поверхонь в межах 14 квалітету точності;
- 2) \* Розміри забезпечуються різальним інструментом.

Базування деталі можна здійснити практично на усіх поверхнях, тобто ця деталь технологічно доцільна для базування. В якості пристрою для закріплення заготовки використовується трьохкулачковий патрон, що самоцентрується.

На кресленні присутні допуски торцевого биття поверхні  $\varnothing 66/\varnothing 36$  відносно бази Б (циліндрична поверхня  $\varnothing 36g6$ ), що становить 0,02 мм та поверхні  $\varnothing 36/\varnothing 30$  відносно бази Б, допуск торцевого биття становить 0,01 мм. Виконання даних допусків дозволить точно розташувати Кришку підшипника в корпусі редуктора і точно збазувати деталь на валу. Недотримання вимоги призведе до перекосу та виникненню вібрацій, збільшення навантаження на підшипникові вузли з послідовним розбиттям підшипників. Позиційний допуск (0,2 мм) на розташування восьми отворів  $\varnothing 5$  мм відносно бази Б. Допуски форми і розташування поверхонь вказані згідно ГОСТ 2.308 - \*. Усі допуски проставлені відносно однієї загальної бази Б (циліндрична поверхня  $\varnothing 36g6$ ).

Особливих вимог до твердості деталі немає, твердість сірого чавуну згідно стандарту НВ 170...220.

Шорсткість поверхонь забезпечуємо правильним підбором режимів різання, правильної геометрії інструменту, змащувально-охолоджувальною рідиною, а також жорсткістю технологічної системи (верстат, пристрій, інструмент, деталь). Найбільший вплив на висоту мікронерівностей має подача. Тому обрану подачу перевіряємо по можливості досягнення необхідної

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 17510036-00 ПЗ



шорсткості поверхні. Найбільш точну шорсткість має зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 36g6 - Ra 1,6$  мкм. Недотримання вимог шорсткості тягне за собою похибку установки деталей, розміщених на валу.

Нетехнологічними елементами цієї деталі є:

- канавка для ущільнення з бічними сторонами  $15^\circ \pm 1^\circ$ ;
- отвори різного діаметру  $\varnothing 8$  та  $\varnothing 5$  на торці деталі;
- наявність фасок різного розміру.

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва – це сумарна характеристика технологічних, організаційних та економічних особливостей машинобудівного виробництва, обумовлена його спеціалізацією, обсягом і сталістю номенклатури виробів, а також формою руху виробів по робочих місцях.

Тип виробництва визначається коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ , який дорівнює відношенню всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Виконаємо розрахунок  $K_{з.о.}$  за [3] з урахуванням таких вихідних даних:

- річний обсяг випуску деталей –  $N_p = 1000$  шт.;
- усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання –  $\eta_{з.н.} = 0,75$ ;
- кількість механічних операцій базового технологічного процесу – 9;
- штучний час обробки деталі за операціями  $T_{шт}$  – беремо відповідно до норм за базовим технологічним процесом (див. таблицю 3.1);
- режим роботи підприємства – у 2 зміни;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання –  $F_d = 4015$  год.

Коефіцієнт закріплення операцій розраховується за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P} \quad (3.1)$$

де  $O$  – кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці;

$P$  – кількість робочих на кожній операції.

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання за формулою:

$$m_p = \frac{N_{год} \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}} \quad (3.2)$$

де  $\eta_{з.н.}$  – усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання за [4],  $\eta_{з.н.} = 0,75$ .

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$ , хв	$m_p$	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Токарно-гвинторізна	5,78	0,0319	1	0,0319	23,51
2	Токарно-гвинторізна	4,59	0,025	1	0,025	30
3	Токарна з ЧПК	5,34	0,029	1	0,029	15,86
4	Токарна з ЧПК	6,33	0,035	1	0,035	21,43
5	Свердлильна	6,33	0,035	1	0,035	11,43
6	Токарна з ЧПК	9,97	0,055	1	0,055	13,64
Сума:				9		115,87

Кількість робочих на кожній операції обираємо:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 1 \text{ особа.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця по кожній операції визначимо за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P \quad (3.3)$$

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці, визначимо за формулою:

$$O = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.} \quad (3.4)$$

В результаті коефіцієнт закріплення операцій за формулою (3.1) дорівнюватиме:

$$K_{з.о.} = \frac{115,87}{6} = 19,3$$

Таким чином умова ( $10 < K_{з.о.} < 20$ ) виконується, що відповідає середньосерійному типу виробництва.

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \quad (3.5)$$

де  $N$  – річна програма, шт.;

$a$  – періодичність запуску в днях (рекомендовано періодичність 3, 6, 12, 24 дні).

Призначаємо 6 днів.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47,24 \approx 50 \text{ шт}$$

Цей тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою продукції, що випускається, при цьому вироби кожного найменування випускаються певними партіями, що повторюються через певні відрізки часу.

Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом. При серійному виробництві деталі виготовляються партіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництві одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком як в обробці деталей, так і в складанні.

У серійному виробництві залежно від кількості виробів у серії, їх характеру і трудомісткості, частоти повторюваності серії протягом року розрізняють виробництво дрібносерійне, середньосерійне і великосерійне.

Серійне виробництво характеризується тим, що за кожним робочим місцем закріплено від 11 до 20 операцій. Характерно широке використання верстатів з ЧПК, пов'язаних транспортними пристроями і керовані засобами ЕОМ.

Середньосерійне виробництво є найбільш поширеним типом виробництва. На машинобудівних підприємствах середньосерійного типу виробництва виготовляється досить велика номенклатура виробів, хоча й більш обмежена ніж в одиничному виробництві. Частина виробів є спорідненими конструктивно-технологічними ознаками.

Іншою ознакою середньосерійного виробництва є повторюваність випуску виробів. Це дозволяє організувати випуск продукції більш-менш ритмічно.

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Випуск виробів у великих або відносно великих кількостях дозволяє проводити значну уніфікацію виробів і технологічних процесів; виготовляти стандартні або нормалізовані деталі, що входять до конструктивні ряди, великими партіями, що зменшує їх собівартість

Відносно великі розміри програм випуску однотипних виробів, стабільність конструкції, уніфікація деталей дозволяють використовувати для їх виготовлення разом з універсальним спеціальне високопродуктивне обладнання та спеціальне оснащення.

Оскільки в серійному виробництві випуск виробів повторюється, економічно доцільно розробляти технологічні процеси обробки і збірки детально; представляти кожну операцію у вигляді переходів; встановлювати режими обробки, точні назви верстатів і спеціального оснащення і технічні норми часу.

Організація праці в серійному виробництві відрізняється високою спеціалізацією. За кожним робочим місцем закріплюється виконання декількох певних детаєоперацій. Це дозволяє робітникові добре освоїти інструмент, пристрій і весь процес обробки; набути навичок і вдосконалити прийоми обробки. Так як в серійному виробництві застосовується велика кількість складного обладнання та спеціального оснащення, налагодження устаткування здійснюється спеціальними робочими-наладчиками.

Особливості серійного виробництва обумовлюють економічну доцільність випуску продукції по циклічно повторюється графіком. При цьому виникають необхідні умови для встановлення суворого порядку чергування виробів в цехах, на виробничих ділянках і робочих місцях. Технологічне оснащення в основному універсальна. Великого поширення набули універсальні збірні переналагоджувані пристрої, що дозволяють істотно підвищити коефіцієнт оснащеності виробництва. Ріжучий інструмент: в основному стандартний, рідше – спеціальний.

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Вимірювальний інструмент: в основному спеціальний, рідше – стандартний. Технічне нормування робіт ведеться за допомогою розрахунку. Технологічна документація детально розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації для простих заготовок. Для них використовується гарячий і холодний прокат, лиття, поковки і штампування. Необхідна точність досягається методами автоматичного отримання розмірів, рідше – методом пробних ходів і замірів [5].

Характеристика заданого типу виробництва представлена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристика типу виробництва

Показники	Тип виробництва
	Дрібносерійне
Номенклатура виробів	Обмежена
Характер випуску	Періодичний, серіями
Повторюваність виробництва	Місячна
Устаткування й оснащення	Універсальне і спеціальне
Кваліфікація робітників	Всі кваліфікації
Собівартість виробу	Не дуже висока
Розташування обладнання	По групах
Спеціалізація робочих	Обмежена

## 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Один із факторів, який значно впливає на характер технологічного процесу, є технологічність конструкції машини та її деталей. Технологічністю називають сукупність властивостей конструкції, які визначають можливість досягнення оптимальних матеріальних затрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості та умов виконання роботи ГОСТ 14.205 – 83.

Оцінку технологічності конструкції проводимо по якісним показникам. Якісна оцінка проводиться на етапі вивчення конструкції деталі та технологічних вимог на виготовлення та прийом.

Деталь «Кришка підшипника», відноситься до тіл обертання, виготовляється з чавуну СЧ18-36 ГОСТ 1412-70. Проаналізувавши матеріал, використаний для виготовлення деталі, то він достатньо добре піддається лезовій обробці. В якості замінників даної марки чавуну можна використовувати наступні марки чавунів та зарубіжних аналогів: СЧ18-36 ГОСТ 1412-85, GG-15 DIN 1691, FC 180 JIS G 5501.

Маса готової деталі становить 0,15 кг, тому на механічних операціях не треба застосовувати допоміжні підйомні механізми, тому це не збільшує допоміжний час та собівартість готової деталі. За масою деталь технологічна. Габарити деталі становлять  $\varnothing 66 \times 18$  мм. Розміри робочої зони для обробки такої деталі повинні бути невеликі, застосовуване обладнання буде мати невеликі габарити. Обладнання нормальної точності, тому його обслуговування має не велику вартість.

Креслення деталі виконане відповідно до стандартів, на ньому вказана достатня кількість видів і розрізів. Креслення можна прочитати без ускладнень. По даному пункту деталь технологічна [7, 8].

Деталь «Кришка підшипника» має як точні поверхні 6 квалітету із шорсткістю Ra 1,6 мкм, так і грубі квалітети 14 із шорсткістю Ra  $6,3 \div 12,5$  мкм, тому для забезпечення відповідної якості потрібна відповідна кількість операцій.

						ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			24

Все це відбивається на собівартості виробу в цілому. Допуски торцевого биття досягаються завдяки принципам сумісності і постійності баз. Для отримання даних вимог треба використовувати точне чистове обладнання, достатню кількість операцій та переходів (чорнові та чистові), відповідні режими різання та технологічну оснастку. Вартість готової деталі збільшиться, тому що буде використовуватися точне обладнання, технологічна оснастка (вимірювальний інструмент та пристроїв).

З точки зору зручності базування дана деталь є нетехнологічною, так як необхідне застосування спеціальних пристроїв на певних стадіях обробки.

До нетехнологічних конструктивних елементів даної деталі можна віднести фаски  $3 \times 45^\circ$  і бічні поверхні канавки під ущільнення під  $15^\circ$  (отримують за допомогою верстатів з ЧПК), отвори різного діаметру  $\varnothing 8$  мм та  $\varnothing 5$  мм.

З аналізу деталі на технологічність можна зробити висновок, що для заданого типу виробництва вона технологічна, хоча має деякі нетехнологічні елементи, але їх можна отримати, використовуючи спеціальні пристрої і різальний інструмент.

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25



## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Основною умовою раціональної технології є максимальне приближення форми та розмірів заготовки до форми готової деталі. Основними методами утворення форми заготовок або їх основних поверхонь являються лиття, обробка тиском, формування, обробка різанням, наплавлення, металізація, напилювання, заливка рідким металом [10].

Заводський метод отримання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми.

Заготовка Кришки підшипника відливається в опоках зі стрижнем, що формує центральний наскрізний отвір. Лиття у піщані форми характеризується економічністю складових форм та сумішей, великі припуски спрощують конфігурацію заготовки, але підвищують собівартість деталі.

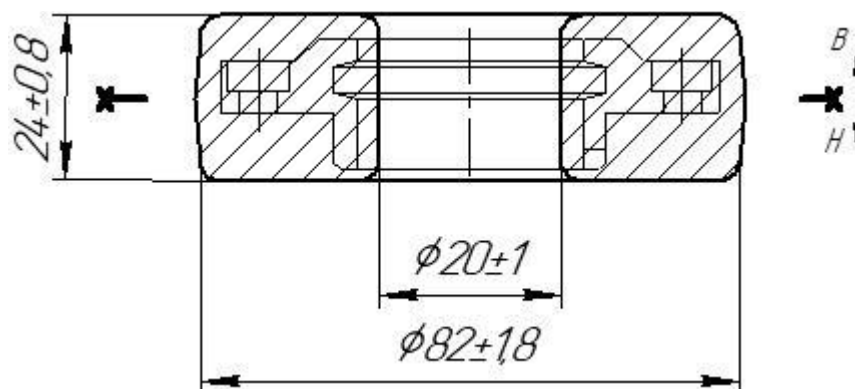


Рисунок 5.1 – Ескіз заводської заготовки Кришки підшипника

Номер групи вилівка за масою – 4 [12];

Номер групи вилівка за серійністю – 3 [12];

Номер групи вилівка за складністю – 2 [12].

Припуски і граничні відхилення на розміри деталі призначаються за методикою [12]:

- на зовнішній діаметр 66 мм припуск і граничне відхилення –  $13 \pm 1,8$  мм;
- на внутрішній діаметр 30 мм припуск і граничне відхилення –  $5 \pm 1$  мм;
- на висоту кришки 18 мм припуск і граничне відхилення –  $6 \pm 0,8$  мм.

Маса заготовки визначається за формулою:

$$m_з = \rho \cdot V, \quad (5.1)$$

де:  $\rho$  – густина чавуну,  $\rho = 7400$  кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм заготовки, м<sup>3</sup>.

Об'єм заготовки визначається як сума об'ємів геометричного тіла, складових деталей:

$$V = \frac{\pi \cdot D'^2}{4} \cdot H' - \frac{\pi \cdot d'^2}{4} \cdot H',$$

(5.2)

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,076^2}{4} \cdot 0,02 = 0,0054 \text{ м}^3$$

Тоді маса заготовки рівна:

$$m_з = 7790 \cdot 0,0054 = 0,28 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання заготовки визначається за формулою:

$$K_з = \frac{m_д}{m_з} \quad (5.3)$$

$$K_з = \frac{0,15}{0,28} = 0,53$$

Визначимо собівартості отримання ливарних заготовок методами лиття в піщано-глинисті форми та лиття в кокіль. Відповідно до методики [12] собівартість заготовок визначаємо за формулою:

$$S_{заг} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_M \cdot k_n \cdot k_{II} - Q - q \cdot \frac{S_{вдк}}{1000}, \quad (5.4)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 т заготовок, грн;

$k_m$  – коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки;

$k_c$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки;

$k_e$  – коефіцієнт, що залежить від маси поковки;

$k_M$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу поковки;

$k_n$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМ 17510036-00 ПЗ

$Q$  – маса поковки, кг;

$q$  – маса готової деталі, кг;

$S_{вдх}$  – ціна 1 т відходів, грн.

Для лиття в піщано-глинисті форми:  $Q = 0,28$  кг,  $q = 0,15$  кг,  $C = 42800$  грн.,  $K_T = 1,0$ ,  $K_C = 1,0$ ,  $K_B = 0,73$ ,  $K_M = 1,0$ ,  $K_P = 0,8$ ,  $S_{отх} = 2800$  грн.

Тоді  $S_{п.-г.ф} = 715$  грн.

За формулою 5.4 знаходимл собівартість заготовки, отриманої литтям в кокіль.

Для лиття в кокіль:  $Q = 0,185$  кг,  $q = 0,15$  кг,  $C = 42800$  грн.,  $K_T = 0,9$ ,  $K_C = 1,0$ ,  $K_B = 0,85$ ,  $K_M = 1,0$ ,  $K_P = 0,8$ ,  $S_{отх} = 2800$  грн.

Тоді  $S_k = 522$  грн.

Аналіз методів отримання заготовки віддає перевагу заготовці: лиття в кокіль.

Таблиця 5.1 – Розміри заготовки, отриманої литтям в кокіль

№ поверхні	Номинальний розмір деталі	Допуск розміру форми розміщення елементів	Загальний допуск	Вид механічної обробки	Половина загального допуску	припусків Величина припуску	Остаточний розмір		
1	Ø66	1,4	0,2	1,6	напівчистова	0,8	5	2,6	Ø70,6 ±0,8
2	Ø36	1,2	0,2	1,4	чистова	0,7	4	2,0	Ø40± 0,7
3	Ø30	1,2	0,2	3,2	чистова	1,6	4	2,6	Ø24,8 ±1,6
4	18	0,8	0,2	1,0	чорнова напівчистова	0,5	4	1,4	20,8± 0,5
5	10	0,8	0,2	1,0	напівчистова	0,5	4	1,4	8,6± 0,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 17510036-00 ПЗ

Лист

28

## 6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати праці, витрата матеріалу та інші виробничі витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Для отримання деталей більш високої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачати виробничі похибки, що характеризують відхилення розмірів, геометричні відхилення форми поверхні, мікронерівності, відхилення розташування поверхонь. Всі ці відхилення повинні знаходитися в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки.

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання  $\varnothing 36g6$ . Маршрут обробки даної поверхні вибирається за [13] і зводиться в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Маршрут обробки поверхні  $\varnothing 36g6$  мм

Назва стадії	Квалітет	Допустимі відхилення розмірів
Заготівельна	II	+0,8 -0,8
Точіння чорнове	h14	0 -0,62
Точіння напівчистове	h9	0 -0,062
Точіння чистове	g6	-0,009 -0,025

Обробка поверхонь ведеться на токарному верстаті з ЧПК модель СKE6136Z при цьому закріплення ведеться в трьохкулачковому патроні. Величина мінімального припуску при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск) визначається за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \quad (6.1)$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота мікронерівностей профілю на попередньому переході (операції), мкм;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (операції), мкм;

$\rho_{i-1}$  – сумарні значення просторових відхилень форми на попередньому переході (операції), мкм;

$\varepsilon_{yi}$  – похибка установки заготовки на виконуваному переході (операції), мкм.

Висота мікронерівностей  $Rz$  і глибина дефектного шару  $h$  вибираються за таблицями [11]:

Для заготовки:  $Rz = 320$  мкм;  $h = 350$  мкм;

По переходах:

а) точіння чорнове:  $Rz = 50$  мкм;  $h = 50$  мкм;

б) чистове точіння:  $Rz = 25$  мкм;  $h = 25$  мкм.

в) шліфування:  $Rz = 5$  мкм;  $h = 5$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень форми заготовки при обробці в центрах зовнішніх поверхонь визначається за формулою:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{км}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} \quad (6.2)$$

де  $\rho_{\text{км}}$  – місцева кривизна заготовки, мкм;

$\rho_{\text{ц}}$  – похибка зацентрування ливарної заготовки, мкм.

Місцева кривизна заготовки при установці визначається за формулою:

$$\rho_{\text{км}} = \Delta_{\text{к}} \cdot L_{\text{к}} \quad (6.3)$$

де  $\Delta_{\text{к}}$  – допустима питома кривизна ливарних заготовок за [11]:  $\Delta_{\text{к}}=1$  мкм/мм;

$L_{\text{к}}$  – відстань від перетину, для якого визначається кривизна  $L_{\text{к}}=26$  мм.

$$\rho_{\text{км}} = 1 \cdot 96 = 96 \text{ мкм}$$

Похибка  $\rho_{\text{ц}}$  визначається за формулою:

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \cdot \overline{\delta^2 + 1} \quad (6.4)$$

де  $\delta$  – допуск на діаметр базової поверхні заготовки, використаної при зацентруванні,  $\delta=3600$  мкм (див. п.1.4).

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25 \cdot \overline{3600^2 + 1} = 900 \text{ мкм.}$$

Підставивши розраховані значення в формулу (1.11), отримуємо:

$$\rho_{\text{зар}} = \overline{900^2 + 96^2} = 905 \text{ мкм.}$$

Величина значення просторових відхилень форми заготовки після виконання переходу (операції) визначається за формулою:

$$\rho_i = \rho_{\text{зар}} \times K_y \quad (6.5)$$

де  $K_y$  – коефіцієнт уточнення.

Коефіцієнт уточнення:

- для точіння чорнового:  $K_y = 0,06$ ;

- для точіння чистового:  $K_y = 0,04$ ;

Тоді сумарні значення просторових відхилень форми по переходах рівні:

$$\rho_{\text{чорн}} = 905 \times 0,060 = 50 \text{ мкм;}$$

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$\rho_{\text{ч}} = 905 \times 0,040 = 40 \text{ мкм.}$$

Необхідне положення заготовки в робочій зоні верстата досягається в процесі її встановлення. Процес установки містить базування і закріплення. Відхилення положення заготовки, що виникає при базуванні називається похибкою базування, а при закріпленні – похибкою закріплення.

Обробка відбувається в патроні, тому похибка установки  $\varepsilon_y$  для всіх переходів відсутня  $\varepsilon_y = 0$ .

Елементи припуску заносяться до таблиці 6.2.

Підставивши вибрані ( $Rz$ ,  $h$  і  $\rho$ ) значення в формулу визначаються мінімальні припуски на відповідних переходах:

$$2Z_{\text{min чорн}} = 2(320+350+905)=3,210 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{min напчист}} = 2(50+50+50)=0,30 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\text{min чист.т}} = 2(25+25+40)=0,18 \text{ мм.}$$

Допуск заготовки  $\delta_{\text{заг}}$  визначений і дорівнює  $\delta_{\text{заг}}=4,0$  мм ( $ES=2,4$  мм;  $EI=1,2$  мм).

Допуски по переходам:

- для точіння чорнового:  $\delta_{\text{чорн}}=0,62$  мм ( $ES=0$  мм;  $EI=-0,62$ );
- для точіння напівчистового:  $\delta_{\text{напівчист}}=0,062$  мм ( $ES=0$  мм;  $EI=-0,062$ );
- для точіння чистового:  $\delta_{\text{чист}}=0,034$  мм ( $ES=-0,009$  мм;  $EI=-0,025$ );

Розміри поверхні після чистового точіння визначаються за формулами:

$$d_{\text{max чист.т}} = d_{\text{ном чист.т}} - ES_{\text{чист.т}} \quad (6.7)$$

$$d_{\text{max чист.т}} = 36 - 0,009 = 35,91 \text{ мм}$$

$$d_{\text{min чист.т}} = d_{\text{ном чист.т}} - EI_{\text{чист.т}} \quad (6.8)$$

$$d_{\text{min чист.т}} = 36,0 - 0,025 = 35,975 \text{ мм.}$$

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Номінальний і максимальний припуски на чистове точіння визначаються за формулами:

$$2Z_{\text{ном чист.т}} = 2Z_{\text{мін чист.т}} + \delta_{\text{чист}} - e_{\text{счист}} \quad (6.9)$$

$$2Z_{\text{ном чист.т}} = 0,180 + 0,062 - 0,034 = 0,208 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{мак чист.т}} = 2Z_{\text{мін чист.т}} + \delta_{\text{напчист}} + \delta_{\text{чист.т}} \quad (6.10)$$

$$2Z_{\text{мак чист.т}} = 0,180 + 0,062 + 0,034 = 0,276 \text{ мм.}$$

Розміри поверхні після точіння напівчистового визначаються за формулами:

$$d_{\text{мін напчист}} = d_{\text{мак чист.т}} + 2Z_{\text{мін чист.т}} \quad (6.11)$$

$$d_{\text{мін напчист}} = 35,91 + 0,18 = 36,09 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{мак напчист}} = d_{\text{мін напчист}} + \delta_{\text{напчист}} \quad (6.12)$$

$$d_{\text{мак напчист}} = 36,09 + 0,062 = 36,152 \text{ мм.}$$

Номінальний і максимальний припуски на точіння напівчистове визначаються за формулами:

$$2Z_{\text{ном напчист}} = 2Z_{\text{мін напчист}} + \delta_{\text{чорн}} \quad (6.13)$$

$$2Z_{\text{ном напчист}} = 0,30 + 0,62 = 0,92 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\text{мак напчист}} = 2Z_{\text{ном напчист}} + \delta_{\text{напчист}} \quad (6.14)$$

$$2Z_{\text{мак напчист}} = 0,92 + 0,062 = 0,982 \text{ мм.}$$

Розміри поверхні після точіння чорнового визначаються за формулами:

$$d_{\text{мін чорн}} = d_{\text{ном напчист=мак напчист}} + 2Z_{\text{мін напчист}} \quad (6.15)$$

$$d_{\text{мін чорн}} = 36,152 + 0,30 = 36,452 \text{ мм,}$$

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30



$$d_{\max \text{ чорн}=\text{ном чорн}} = d_{\min \text{ чорн}} + \delta_{\text{чорн}}, \quad (6.16)$$

$$d_{\max \text{ чорн}=\text{ном чорн}} = 36,452 + 0,62 = 37,072 \text{ мм.}$$

Номінальний і максимальний припуски на точіння чорнове визначаються за формулами:

$$2Z_{\text{ном чорн}} = 2Z_{\min \text{ чорн}} + ei_{\text{заг}} \quad (6.17)$$

$$2Z_{\text{ном чорн}} = 3,21 + 0,8 = 4,41 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{ чорн}} = 2Z_{\text{ном чорн}} + \delta_{\text{чорн}} + es_{\text{заг}} \quad (6.18)$$

$$2Z_{\max \text{ чорн}} = 3,21 + 0,62 + 0,8 = 4,63 \text{ мм.}$$

Розміри поверхні заготовки визначаються за формулами:

$$d_{\min \text{ заг}} = d_{\text{ном чорн}} + 2Z_{\min \text{ чорн}} \quad (6.19)$$

$$d_{\min \text{ заг}} = 37,072 + 4,63 = 41,702 \text{ мм.}$$

Приймаємо мінімальний діаметр заготовки 42 мм.

$$d_{\text{ном заг}} = d_{\min \text{ заг}} + ei_{\text{заг}} \quad (6.20)$$

$$d_{\text{ном заг}} = 42 + 0,8 = 42,8 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{ заг}} = d_{\text{ном заг}} + es_{\text{заг}} \quad (6.21)$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 42,8 + 0,8 = 43,6 \text{ мм.}$$

Розраховані значення номінальних і максимальних припусків і проміжних розмірів зводяться до таблиці 6.2.

Розрахунок загального припуску на обробку поверхні проводиться за формулою:

$$2Z_{\text{ном, заг.}} = 2Z_{\text{ном, м.п.}} \quad (6.22)$$

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

де  $2Z_{\text{НОМ.М.П.}}$  – сума номінальних міжопераційних припусків, мм.

$$2Z_{\text{НОМ.М.П.}} = 4,41 + 1,17 + 0,231 = 5,811 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $2Z_{\text{НОМ.М.П.}} = 6 \text{ мм.}$

Таблиця 6.2 – Вихідні та розрахункові дані на заданий розмір

Технологічні операції (переходи)	Елементи припуску, мкм				Розрахунок припусків, мм			Розрахунок розмірів, мм		
	$Rz_{i-1}$	$h_{i-1}$	$\rho_{i-1}$	$\epsilon_{yi}$	$2Z_{\text{min}}$	$2Z_{\text{НОМ}}$	$2Z_{\text{max}}$	$d_{\text{min}}$	$d_{\text{НОМ}}$	$d_{\text{max}}$
Заготівельна	320	350	905	-	-	-	-	41,702	42,8	43,6
Точіння чорнове	50	50	50	-	3,21	4,41	4,63	36,152	37,072	37,072
Точіння напівчистове	25	25	25	-	0,3	0,2	0,982	36,09	36,157	36,157
Точіння чистове	25	25	-		0,18	0,208	0,276	35,75	36,0	35,01

Ескіз заготовки представлений на рисунку 6.1. Схема розташування припусків і допусків для зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 36g6$  (-0,009;-0,025) мм приведена в додатку А пояснювальної записки.

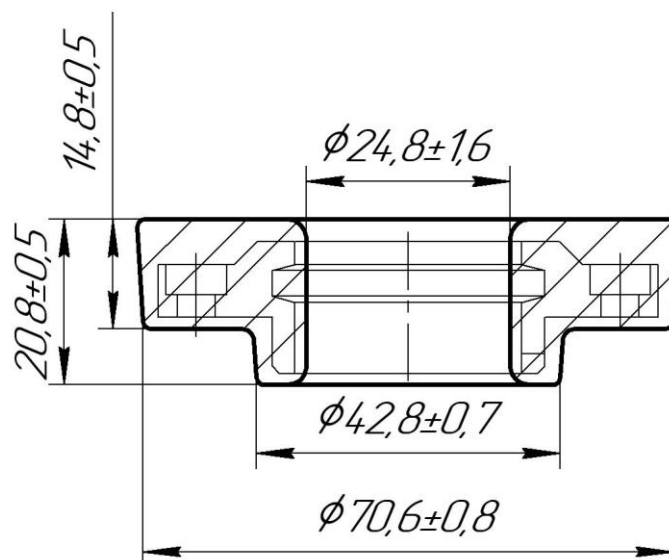


Рисунок 6.1 – Ескіз заготовки

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки

Для розгляду цього питання в якості технологічної операції були прийняті операції – 020 токарна з ЧПК і 035 вертикально-свердлильна з ЧПК.

На операції 020 обробляються поверхні, виділені на рисунку 6.2.

Похибка базування є результатом неспівпадіння технологічної та вимірювальної баз. Тому, при виборі баз необхідно:

- 1) в якості технологічної бази брати поверхню, яка одночасно була б і вимірювальною;
- 2) необхідно дотримуватись принципу постійності баз;
- 3) якщо за умовами обробки не вдається витримати принцип постійності баз, то в якості нової бази приймають оброблену поверхню, яка по можливості є найбільш точною та забезпечує жорсткість встановлення заготовки.

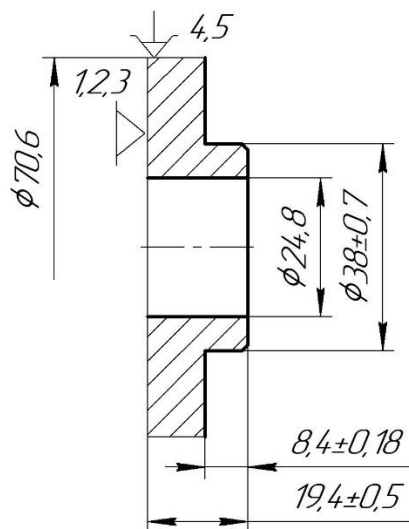


Рисунок 6.2 – Операційний ескіз (операція 020)

Деталь базується і закріплюється в трьохкулачковому патроні. В цілому деталь позбавлена п'яти ступенів свободи. Мають місце дві технологічні бази:

- встановлювальна, торець деталі, позбавляє деталь трьох ступенів свободи: переміщення уздовж осі Z і обертань довкола осей X і Y;
- подвійна опорна, зовнішня циліндрична поверхня  $\phi 70,6$  мм, позбавляє

деталь двох ступенів свободи: переміщень уздовж осей X і Y.

Приклад базування приведений на рисунку 6.2, також додано таблицю відповідності 6.3 та матрицю зв'язків 6.4.

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назва бази
1, 2, 3	I, II, III	ВБ
4, 5	IV, V	ПОБ

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування баз
<i>l</i>	1	1	0	ПОБ
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	1	ВБ
<i>α</i>	1	1	0	
$\Sigma$	2	2	1	5 ступенів

Вибір методу установки і закріплення заготовки на верстаті визначається конфігурацією заготовки, серійністю виготовлення і прийнятими методами обробки. Методи установки і закріплення заготовки на столі верстата істотно впливають на точність, якість оброблюваних поверхонь і на загальну тривалість обробки.

Однією з основних похибок, що викликають брак, є похибка установки заготовки на верстата:

Розглянемо варіанти схем базування на вертикально-сверлильній операції з ЧПК 035. На даній операції сверляться отвори  $\varnothing 5$ , показаний ескіз на рисунку 6.4.

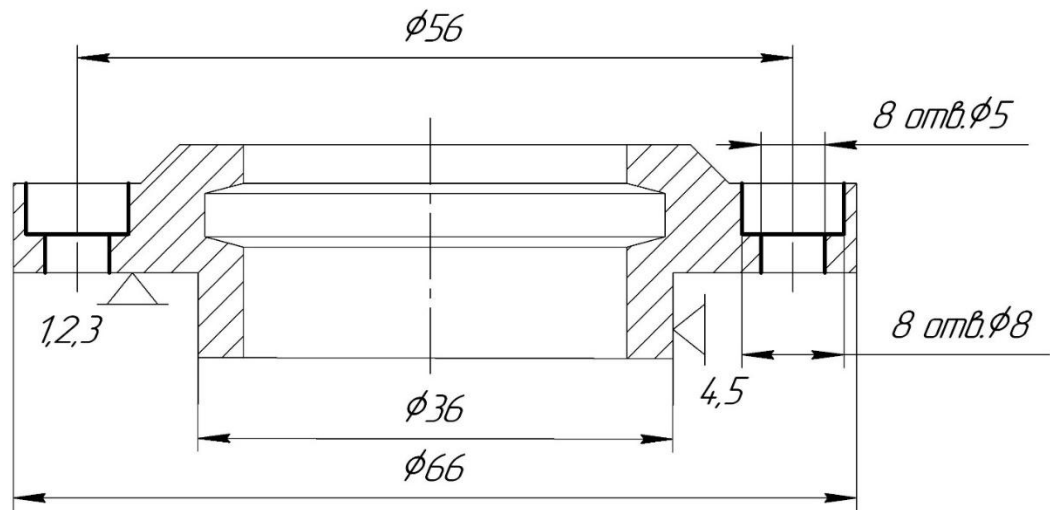


Рисунок 6.4 – Операційний ескіз (операція 035)

Проаналізувавши поверхні, обирається спосіб базування в трьохкулачковому патроні, тому що відсутні інші альтернативні рішення. Зазначені поверхні є доступними, не заважають доступу різального інструменту до оброблюваних поверхонь, забезпечують обробку деталі на інших операціях без зміни баз (принцип постійності баз).

На даній операції заготовка позбавляється 5 ступенів вільності. При цьому виникають дві бази:

- встановлювальна, торець деталі, позбавляє деталь трьох ступенів свободи: переміщення уздовж осі Z і обертань довкола осей X і Y;
- подвійна опорна, внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 36$  мм, позбавляє деталь двох ступенів свободи: переміщень уздовж осей X і Y.

Приклад базування приведений на рисунку 6.2, також додано таблицю відповідності 6.5 та матрицю зв'язків 6.6.

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назва бази
1, 2, 3	I, II, III	ВБ
4, 5	IV, V	ПОБ

Таблиця 6.6 – Матриця зв'язків

	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Найменування баз</b>
<i>l</i>	1	1	0	ПОБ
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	1	ВБ
<i>α</i>	1	1	0	
$\Sigma$	2	2	1	5 ступенів

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції (на операції проводиться точіння зовнішніх поверхонь і точіння канавок) прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Для виконання операції 020 токарної з ЧПК вибираємо токарний верстат з ЧПК мод. СKE6136Z. Система ЧПК: «WL4T».

Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Технічна характеристика верстата мод. СKE6136Z

<b>Характеристика</b>	<b>Величина</b>
Максимальний діаметр встановлюваного виробу, мм	360
Ширина напрямних, мм	300
Максимальна оброблювана довжина, мм	750
Діаметр виробу над супортом, мм	180
Поперечні переміщення, мм	205
Поздовжні переміщення, мм	620
Конус шпинделя	A2-6/D6
Діаметр патрона, мм	200
Конус отвору шпинделя	M6
Діапазон швидкостей шпинделя, об/хв	20-650
Частотно-регульований привід, об/хв	75-2500
Ступені швидкості шпинделя	2 діапазона



Таблиця 6.8 – Технічна характеристика верстата 2P135Ф2

Характеристика	Значення
<b>Основні параметри верстата</b>	
Найбільший діаметр свердління в сталі 45, мм	35
Найбільший діаметр нарізання різі в сталі 45, мм	M24
Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до поверхні стола, мм	40..600
Відстань від осі вертикального шпинделя до прямої стійки (виліт), мм	450
Найбільший діаметр фрези, мм	100
Найбільша глибина фрезерування, мм	2
Найбільша ширина фрезерування, мм	60
Поздовжнє переміщення столу по напрямних салазок (вісь X), мм	630
Поперечне переміщення салазок по напрямних станини за програмою (вісь Y), мм	360
Найбільше переміщення шпиндельної бабки за програмою (вісь Z), мм	560
<b>Супорт. Шпиндельна бабка. Шпиндель</b>	
Частота обертання шпинделя, об/хв	45..2000 31..1400
Кількість швидкостей шпинделя	12
Швидкість швидкого переміщення супорта (шпиндельної бабки), м/хв	4
Кількість подач супорта по осі Z, мм	18
Подачі супорта, мм	10..500
Найбільший допустимий крутний момент, Н·м	200
Конус шпинделя	
<b>Робочий стол</b>	
Розміри робочої поверхні стола, мм	400 x 710
Максимальне навантаження на стіл (по центру), кг	
Число Т-образних пазів Розміри Т-образних пазів	3
Швидкість швидкого переміщення столу і салазок, м/хв	7
Швидкість подачі столу і салазок при фрезеруванні,	0,22

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

ТМ 17510036-00 ПЗ

Лист

38



м/хв	
------	--

Продовження таблиці 6.8

Характеристика	Значення
Мінімальна швидкість переміщення стола, м/хв	0,05
Точність позиціонування столу і салазок на довжині ходу, мм	0,05
<b>Система ЧПК 2ПЗ2-3</b>	
Число керованих координат	3
Число одночасно керованих координат	2
Дискретність завдання переміщення столу, салазок і супорта, мм	0,01
<b>Електрообладнання, привід</b>	
Електродвигун приводу головного руху, кВт	3,7
Електродвигун приводу переміщення шпindelної бабки (супорта), кВт	1,3
Електродвигун приводу переміщення салазок і столу, кВт	1,1
Електродвигун приводу обертання револьверної головки, кВт	0,75
Електронасос охолоджуючої рідини Х14-22М, кВт	0,125
<b>Розміри верстата</b>	
Габарити верстата, мм	1800 x 2170 x 2700
Маса верстату, кг	5390

#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

На операцію 020 токарна з ЧПК і операцію 035 вертикально-свердлильну з ЧПК вибираємо верстатні пристрої, металорізальні та вимірювальні інструменти.

Для установки і закріплення Кришки підшипника в трьохкулачковому самоцентруючому токарному патроні D=200мм, виконання 1. Позначення: Патрон 7100-0007 ГОСТ 2675-80.

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Передача крутного моменту здійснюється за рахунок сил тертя, що виникають при закріпленні заготовки.

Для обробки зовнішніх поверхонь використовуємо різець токарний прохідний з механічним кріпленням підтисканням важелем через отвір твёрдосплавної непереточуваної ромбічної пластинки з ріжучою кромкою 8 мм і кутом в плані  $95^\circ$ , задній кут пластинки  $0^\circ$ , правий, перерізом  $H \times B = 20 \times 20$  мм, довжиною 75 мм. Позначення: Різець PCLNR 2020 K8 BK6. Для обробки внутрішньої циліндричної поверхні використовуємо розточний відігнутий правий токарний різець з механічним кріпленням твёрдосплавної непереточуваної пластини. Позначення державки – A12S-SVUBR 2HP-EB1, позначення пластини – VBMT 11 03 02-MF 1025 BK6.

Для контролю розмірів використовуємо штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-89.

На операцію 035 вертикально-свердлильну з ЧПК вибираємо верстатні пристрої, металорізальні та вимірювальні інструменти.

Для установки і закріплення Кришки підшипника використовуємо спеціальний пристрій.

Для свердління наскрізних отворів  $\varnothing 5$  мм вибираємо свердло SD203A-0500-020-06R1-P, матеріал K1 (SECO Tools).

Для цековки отворів  $\varnothing 8$  мм на глибину 4 мм вибираємо циліндричну цековку 2350-0654 ГОСТ 26258-87.

Допоміжний інструмент: патрон свердлильний 10-B10 ГОСТ 8522—79.

Для контролю розмірів використовуємо штангенциркуль ШЦ-I-50-0,1 ГОСТ 166-89 та гладкий калібр-пробку 8133-0910 ГОСТ 14810-89.

Зведемо до таблиці 6.9 верстатний пристрій, ріжучий, вимірювальний та допоміжний інструмент, який використовується при механічній обробці на операціях 020, 035.

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Таблиця 6.9 – Ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовується при обробці на операціях 020 і 035

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Верстатний пристрій	Вимірювальний інструмент
Обточування зовнішніх та внутрішніх поверхонь	Різець PCLNR 2020 K8 BK6 Різець A12S-SVUBR 2HP-EB1 VBMT 11 03 02-MF 1025	-	Патрон 7100-0007 ГОСТ 2675-80	Штангенциркуль ШЦ-I-150-0,1 ГОСТ 166-89
Свердління отворів Цекування	Свердло SD203A-0500-020-06R1-P Цековка 2350-0654 ГОСТ 26258-87	Патрон свердлильний 10-B10 ГОСТ 8522—79	Пристрій спеціальний	Штангенциркуль ШЦ-I-50-0,1 ГОСТ 166-89 Гладкий калібр-пробка 8133-0910 ГОСТ 14810-89

### 6.5 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операцій 020 токарна з ЧПК і 035 вертикально-свердлильна з ЧПК. Розрахунково-аналітичним методом розрахуємо режим різання для зовнішнього точіння поверхні Ø125e8, для інших переходів режим різання призначимо за табличним методом [13-14].

Вихідні дані: діаметр поверхні – 38 мм, матеріал заготовки – СЧ18-36 ГОСТ 1412-70; матеріал ріжучої частини різця BK6, ЗОР – емульсія, заготовка – лиття в кокіль.

Визначимо глибину різання [12]:

$$t = \frac{D_z - D_{06r}}{2} \quad (6.23)$$

де  $D_z$  – діаметр в стані заготовки;

$D_{обт}$  – діаметр після точіння.

$$t = \frac{40-38}{2} = 1 \text{ мм}$$

Визначимо подачу [16]:

$$S = 0,25 \text{ мм/об}$$

Стійкість інструменту  $T = 60$  хв. Визначимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v \quad (6.24)$$

де  $C_v=292$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,20$ ;  $m=0,20$  – коефіцієнти та показники у формулі швидкості різання [12].

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, котрий враховує фактичні умови різання, визначається за формулою:

$$K_v = K_M \cdot K_t \cdot K_n \quad (6.25)$$

де  $K_M = 0,8$  – поправочний коефіцієнт, на оброблюваний матеріал [12];

$K_t = 1,05$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал [12];

$K_n = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [12].

$$K_v = 0,8 \cdot 1,05 \cdot 1,0 = 0,84$$

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,84 = 143,3 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.26)$$

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$n = \frac{1000 \cdot 143,3}{3,14 \cdot 40} = 1148,88 \text{ об/хв.}$$

Скорегуємо частоту обертання відповідно до паспорту верстата  $n = 1200$  об/хв.

Визначимо фактичну швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.27)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1200}{1000} = 150,72 \text{ м/хв.}$$

Визначимо силу різання за формулою:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (6.28)$$

де  $C_p = 92$ ,  $x = 1,0$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = 0$  – коефіцієнти та показники в формулі [12];

$K_p$  – поправочний коефіцієнт, який враховує умови різання [12], розраховується за формулою:

$$K_p = K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda \cdot K_r \quad (6.29)$$

де  $K_m = 0,83$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$K_\varphi = 0,94$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на силові залежності;

$K_\gamma = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута на силові залежності;

$K_\lambda = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза на силові залежності;

$K_r = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив радіуса при вершині на силові залежності.

$$K_p = 0,83 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,78.$$

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Враховуючи поправочні коефіцієнти отримуємо:

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 150,72^0 \cdot 0,78 = 253,7 \text{ Н}$$

Визначимо потужність необхідну для обробки за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (6.30)$$

$$N = \frac{253,7 \cdot 150,72}{1020 \cdot 60} = 0,62 \text{ кВт}$$

За паспортними даними верстата мод. СКЕ6136Z: потужність електродвигуна  $N_{\text{ел}} = 5,5$  кВт; ККД верстата  $\eta = 0,8$ . Потужність шпинделя верстата визначається за формулою:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{ел}} \cdot \eta \quad (6.31)$$

$$N_{\text{шп}} = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ кВт}$$

Розрахункове значення потужності не перевищує допустимого ( $0,62 \text{ кВт} < 4,4 \text{ кВт}$ ), отже обробка на верстаті мод. СКЕ6136Z буде забезпечена.

Визначимо основний час за формулою:

$$T_o = \frac{L_p + l_1^* + l_1^{**}}{S \cdot n} \quad (6.32)$$

де  $l_1^* = \text{ctg} \varphi \cdot t = \text{ctg} 60^\circ \cdot 0,5 = 0,29$  мм – величина врізання різця;

$l_1^{**} = 2$  мм – виліт перебігу.

$$T_o = \frac{10 + 0,29 + 2}{0,25 \cdot 1200} = 0,048 \text{ хв.}$$

Розглянемо обробку інших поверхонь. На переходи даної операції здійснюємо вибір режимів різання табличним методом за допомогою каталогів [17, 18]. Обрані режими заносимо до таблиці 6.10.

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Таблиця 6.10 – Режими різання визначені за табличним методом для токарної операції 020

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	<i>i</i>	<i>t</i> , мм	<i>S</i> , м/об	<i>V</i> , м/хв	<i>n</i> , об/хв	<i>L</i> , мм	<i>T<sub>о</sub></i> , хв
Поверхня Ø38	1	1,0	0,25	150,72	1200	12,29	0,048
Горець Ø38/Ø24,8	1	1,0	0,25	148,11	1200	9	0,03
Горець Ø70/Ø38	1	2,0	0,25	152,5	1200	18	0,07
Поверхня Ø24,8	1	1,0	0,25	102,5	1200	22	0,11
Всього	-	-	-	-	-	-	0,258

Розрахунок режиму різання будемо проводити для операції 035 вертикально-свердлильна з ЧПК. Аналітичним методом розрахуємо режим різання для свердління та цекування восьми отворів Ø5 мм та Ø8 мм.

Вихідні дані: діаметр поверхні – 5 мм, матеріал заготовки – СЧ18-36 ГОСТ 1412-70; свердло SD203A-0500-020-06R1-P; матеріал ріжучої частини різця ВК6, заготовка – лиття в кокіль.

Глибина різання при сверлінні:

$$t=d/2=5/2=2,5 \text{ мм}$$

Подача при наскрізному свердлінні в сірому чавуні  $S_{\text{табл.}}=0,2$  мм/об.

Період стійкості свердла при обробці отворів в заготовці з чавуну рекомендується  $T = 30$  хв [18].

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^{m \cdot S^y}} \cdot K_V \quad (6.33)$$

де  $K_V$  – коефіцієнт, що залежить від умов свердління;

$$C_V = 34,2$$

$$q = 0,45$$

$$m = 0,2$$

$$y = 0,3$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{tV}$$

$$K_V = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

Тоді швидкість різання за формулою 6.33 становить:

$$V = \frac{34,2 \cdot 5^{0,45}}{30^{0,2} \cdot 0,2^{0,3}} \cdot 1,0 = 37,9 \text{ мм/об}$$

Частота обертання свердла, відповідна знайденій швидкості головного руху різання визначається за формулою:

$$n_{\text{фр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{св}}}{\pi \cdot D_{\text{св}}} \quad (6.34)$$

$$n_{\text{фр}} = \frac{1000 \cdot 37,9}{3,14 \cdot 5} = 2214,01 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання  $n = 2000$  об/хв.

Дійсна швидкість головного руху різання визначається за формулою:

$$V_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{св}} \cdot n_{\text{св}}}{1000} \quad (6.35)$$

$$V_{\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 2000}{1000} = 31,4 \text{ м/хв}$$

Знаходимо потужність, затрачену на свердління за [18].

Потужність різання, з урахуванням поправочного коефіцієнта визначається за формулою:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \text{ кВт.} \quad (6.36)$$

де  $M_{\text{кр}}$  – крутний момент, Н·м.

$$M_{\text{кр}} = 10C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p,$$

де  $C_M = 0,012$ ;  $q = 2,2$ ;  $y = 0,8$ ;  $K_p = 1,0$  – поправочні коефіцієнти, що враховують матеріал свердла, заготовки, умови оброблення.

Тоді крутний момент буде становити:

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46



$$M_{кр} = 10 \cdot 0,012 \cdot 5^{2,2} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,0 = 1,14 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тоді потужність різання за формулою 6.36:

$$N = \frac{1,14 \cdot 2000}{9750} = 0,23 \text{ кВт}$$

За паспортними даними верстата: потужність електродвигуна  $N = 6,5 \text{ кВт}$ ; ККД верстата  $\eta = 0,8$ . Потужність шпинделя верстата визначається за формулою (6.31):

$$N_{шп} = 6,5 \cdot 0,8 = 5,2 \text{ кВт.}$$

Розрахункове значення потужності не перевищує допустимого ( $0,23 \text{ кВт} < 5,2 \text{ кВт}$ ), отже обробка на верстаті буде забезпечена.

Основний час визначається за формулою:

$$T_o = \frac{(B+l+l_1) \cdot}{n \cdot S} \quad (6.37)$$

де  $B$  – глибина свердління, мм.

Тоді, основний технологічний час при фрезеруванні:

$$T_o = \frac{(6+9)}{2000 \cdot 0,2} = 0,0375 \text{ хв.}$$

Зводимо розрахунки у таблицю 6.11

Таблиця 6.11 – Режими різання визначені за табличним методом для операції 035

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	$i$	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$V$ , м/хв	$n$ , об/хв	$L$ , мм	$T_o$ , хв
Свердління отворів $\varnothing 5$	1	2,5	0,2	31,4	2000	15	0,0375
Цекування отв. $\varnothing 8$	1	1,5	0,2	30,6	2000	9	0,0262
Всього							0,0637
Всього на 8 отв.							0,57

## 6.6. Технічне нормування операції

В основі розрахунків продуктивності праці лежить технічне нормування операцій. З цією метою розраховують технічні норми штучно-калькуляційного часу, так як раніше було визначено тип виробництва – середньосерійне.

Технічне нормування будемо проводити для операції 020 токарна з ЧПК. Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу [19].

Дані щодо режимів різання та основного часу обираємо з таблиць 6.10 та 6.11.

Основний час:  $T_o = 0,26$  хв.

Визначаємо допоміжний час, для операцій 020 і 035, за формулою:

$$T_d = T_{вст} + T_{кв} + T_{вим} \quad (6.39)$$

де  $T_{вст} = 1,2$  хв – час на установку і зняття заготовки [13];

$T_{кв} = 0,42$  хв – допоміжний час, пов'язаний з керуванням верстата [13];

$T_{вим} = 0,86$  хв – час на вимірювання [13].

$$T_d = 1,2 + 0,42 + 0,86 = 2,48 \text{ хв} \quad (6.40)$$

Оперативний час розраховуємо за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_d \quad (6.41)$$

$$T_{оп} = 0,26 + 2,48 = 2,74 \text{ хв}$$

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

$$T_{дод} = T_{оп} \cdot 0,08 \quad (6.42)$$

$$T_{дод} = 2,74 \cdot 0,08 = 0,22 \text{ хв.}$$

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Розраховуємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{дод} \quad (6.44)$$

$$T_{шт} = 2,74 + 0,22 = 2,96 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шк-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{N} \quad (6.45)$$

де  $T_{п-з}$  – підготовчо-заклучний час, що складається з часу:

- 1) на отримання креслення і наряду,  $T = 4$  хв;
- 2) на ознайомлення з роботою та кресленням,  $T = 2$  хв;
- 3) інструктаж майстра,  $T = 2$  хв;
- 4) отримання основного та допоміжного інструменту, верстатного пристрою та заготовки,  $T = 9$  хв.
- 5) час на встановлення вихідних режимів роботи станка,  $T = 0,15$  хв;
- 6) час налаштування пристрою для подачі ЗОР:  $0,20$  хв.

$$T_{п-з} = 4 + 2 + 2 + 9 + 0,15 + 0,2 = 17,35 \text{ хв}$$

$N = 50$  шт. – кількість деталей у партії

$$T_{шк-к} = 2,6 + \frac{17,35}{50} = 2,95 \text{ хв.}$$

Операція 030 вертикально-свердлильна з ЧПК

Дані щодо режимів різання та основного часу обираємо з таблиці 6.11.

Основний час  $T_0 = 0,57$  хв.

Нормування операції 035 проводимо згідно формул для операції свердлильна з ЧПК.

Визначаємо допоміжний час за формулою:

$$T_{д} = T_{вст} + T_{кв} + T_{вим}, \quad (6.46)$$

									Лист
									49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

де  $T_{\text{вст}} = 1,54$  хв – час на установку і зняття заготовки [13];

$T_{\text{кв}} = 1,18$  хв – допоміжний час, пов'язаний з керуванням верстата [13];

$T_{\text{вим}} = 0,95$  хв – час на вимірювання [13].

$$T_{\text{д}} = 1,54 + 1,18 + 0,95 = 3,67 \text{ хв}$$

Сума основного і допоміжного часу становить час оперативної роботи  $T_{\text{оп}}$  за формулою:

$$T_{\text{оп}} = 0,57 + 3,67 = 4,24 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою:

$$T_{\text{дод}} = 4,24 \cdot 0,08 = 0,74 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = 9,23 + 0,74 = 4,98 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шк-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N}$$

де  $T_{\text{п-з}}$  – підготовчо-заклучний час, що складається з часу:

- 1) на отримання креслення і наряду,  $T = 6$  хв;
- 2) на ознайомлення з роботою та кресленням,  $T = 2$  хв;
- 3) на інструктаж майстра,  $T = 2$  хв;
- 4) на отримання інструменту, верстатного пристрою та заготовки  $T = 8$  хв.

$$T_{\text{п-з}} = 6+2+2+8=18 \text{ хв}$$

$N = 50$  шт. – кількість деталей у партії

$$T_{\text{шк-к}} = 4,98 + \frac{18}{50} = 5,34 \text{ хв.}$$

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

## 7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

В проєкті розробляється пристрій для обробки деталі – «Кришка підшипника» на операції 035 вертикально-свердлильній з ЧПК.

Впровадження розроблюваного пристрою дасть можливість встановлювати деталь на операції без попередньої вивірки, за рахунок використання спеціального установчого елемента – оправки-стакану Ø36Н7. Торець оправки дозволить при базуванні деталі на ньому отримувати однакові лінійні розміри на усіх деталях партії без здійснення операції прив'язки інструментів для кожної деталі.

Жорсткість пристрою дозволить використовувати максимальну потужність верстата. Жорсткість пристрою повинна забезпечуватись шляхом розрахунків на міцність конкретних елементів конструкції, де виникають найбільші напруження, та збільшувати розміри цих елементів, таким чином зменшуючи напруження у них, та як наслідок підвищуючи жорсткість усього пристрою.

Можливість швидкого затиску та розтиску деталі досягається за рахунок використання силових приводів пневматичної дії. Для цього у конструкції верстатного пристрою необхідно передбачити наявність пневмокамери або пневмоциліндру. Швидкість затиску та розтиску деталі дозволить зменшити допоміжний час на операції. Також слід передбачити швидкозмінну шайбу у конструкції.

Конструкція пристрою забезпечуватиме зручність та безпеку в роботі. Для цього при проєктуванні кожного з елементів верстатного пристрою необхідно прагнути до збільшення кількості округлень та зменшення кількості гострих граней та кутів, при контакті з якими можуть виникнути травми.

Матеріали деяких деталей пристрою.

Матеріали деталей та елементів верстатного пристрою деталей призначаємо таким чином, щоб забезпечити вимогам механічних навантажень, які будуть на них діяти та відсутності хімічних реакцій між цими елементами, середовищем та деталями.

						ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			55

Всі матеріали для виготовлення деталей пристрою мають бути зносостійким та міцними і не в якому разі - крихкими.

Тому для деталей, що будуть рухомими між собою обираємо сталь яка має поверхнєве зміцнення, що збільшить термін служби деталі, а також при цьому деталь буде мати в'язку структуру, що при ударах краще сприймає динамічні навантаження ніж деталь, що має об'ємне загартування.

Матеріали корпусних деталей обираємо з точки зору найменшої собівартості конструкції пристрою при забезпеченні ним необхідної точності. Тобто, якщо конструкція корпусу складна то обираємо у якості матеріалу чавун, так як він має гарні ливарні властивості, а якщо форма корпусу проста, то обираємо сталь, що гарно піддається зварюванню. Зварна конструкція буде дешевшою, адже непотрібно виготовляти спеціальні ливарні форми.

Базування заготовки в розробляемому пристрої. Визначення похибки базування.

Даний пристрій застосовується для установки і закріплення групи деталей, близьких за конструктивно-технологічним розмірах, способів обробки і за спільністю настановних поверхонь.

При базуванні деталі в пристрої на вертикально-свердлильній операції (рис. 1.21) деталь позбавляється 5 ступенів волі. мають місце дві технологічні бази: установча, що виникає на торці деталі (позбавляє 3-х ступенів волі), та подвійна опорна база, що виникає на зовнішній циліндричній поверхні  $\varnothing 36g6$  (позбавляє 2-х ступенів волі).

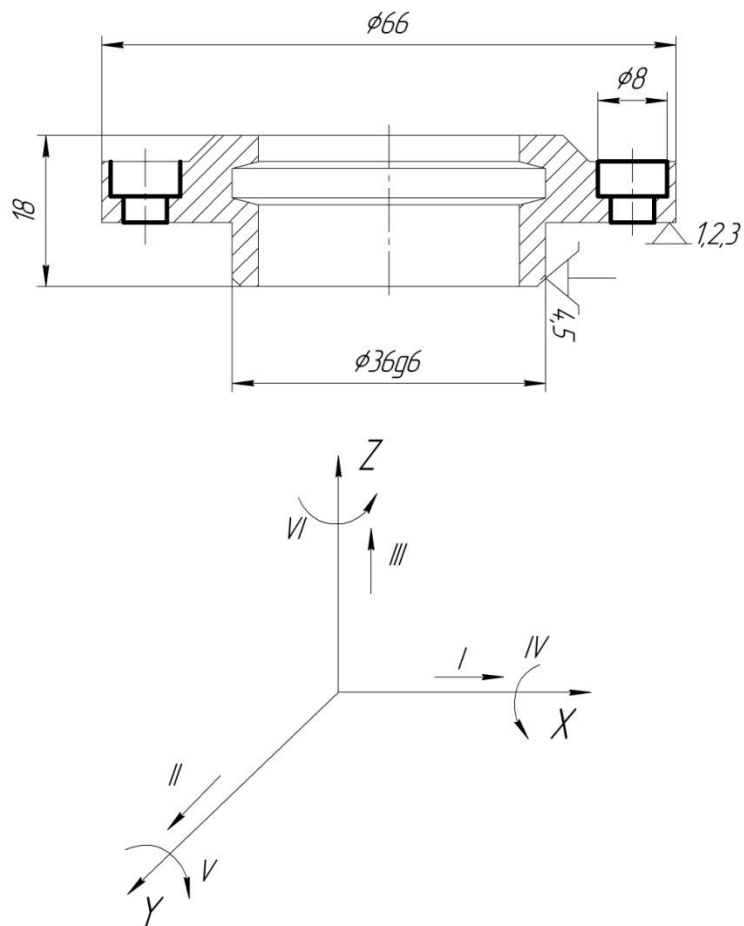


Рисунок 7.1 – Схема базування заготовки в пристрої

Зв'язки, забезпечувані базами, та позбавлені ступені волі наведені в таблиці.

Таблиця 7.1 – Зв'язки, забезпечувані базами

База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
УБ	1,2,3	III, IV, V
ПОБ	4,5	I, II

Таблиця 7.2 – Матриця зв'язків.

	X	Y	Z	
УБ	0	0	1	↔
	1	1	0	○
ПОБ	1	1	0	↔
	0	0	0	○





Фактична похибка перевищує допустиму, але так як дана схема базування є зручною та надійною у технологічному процесі зменшимо допуск на розмір 18 мм та будемо виготовляти його за 11 квалітетом з допуском 0,25 мм, що не є проблемою для верстату з ЧПК та не призведе до втрати продуктивності, адже дана поверхня вимагає обробки з шорсткістю Ra1,6, що і так вимагає чистової стадії обробки. Таким чином після зміни допуску на розмір 18 мм отримуємо

$$\epsilon_{\delta} = T_{18} = 0,25 < T_5 = 0,3,$$

Для забезпечення перпендикулярності вісі деталі при встановленні у пристрій призначимо допуск торцевого биття поверхні оправки відносно її циліндричної поверхні 0,01 мм, що треба врахувати при виготовленні пристрою.

Розрахуємо похибку базування на розміри пазів у радіальному напрямку.

Фактична похибка буде визначатись зазором між деталлю та оправкою.

$$\epsilon_{\delta} = \frac{H12 + h7}{2} = \frac{0,3 + 0,03}{2} = 0,165 \text{ мм.}$$

Допустима похибка  $\epsilon_{\text{дон}} = 0,3$  мм.

З умови базування:

$\epsilon_{\text{дон}} \geq \epsilon_{\delta}$ ,  $0,3 \geq 0,165$  – умова виконується, звідси виходить, що при обробці пазів при даному базуванні буде досягнута необхідна точність.

Розрахунок сил затиску заготовки.

При проектуванні верстатного пристрою необхідно особливу увагу приділити вибору затискних пристроїв і розрахунку сили затиску оброблюваних заготовок. Сила затиску повинна забезпечити надійне закріплення заготовок у пристрої і не допускати зсуву, повороту або вібрацій заготовки при обробці.

Розрахуємо силу затиску заготовки, яка необхідна для обробки деталі на операції. Для цього накреслимо схему дії сил різання та сил затиску, що діють на заготовку в процесі обробки (рис. 7.3).

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Найбільша сила буде діяти при обробці тому визначимо тангенціальну складову сили різання, тобто силу  $P_z$  і радіальну складову  $P_y$ , користуючись літературою [18]. Сила  $P_x$  значно менша за інші дві складових результуючої сили, та діє лише в процесі врізання під кутом при заході у паз, тому нею можна знехтувати, оскільки її буде сприймати основа пристрою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^X \cdot S_Z^Y \cdot B_r \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (\text{Н}) \quad (7.1)$$

де  $C_P = 12,5$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$t = 2,5$  мм – глибина різання;

$S_o = 0,2$  мм/зуб – подача;

$D = 5$  мм – діаметр свердла;

$n = 2000$  об/хв – частота обертання;

$K_{MP} = 1$  – коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу;

$x = 0,9$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$y = 0,8$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$q = 0,73$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$w = -0,13$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$n = 1$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки.

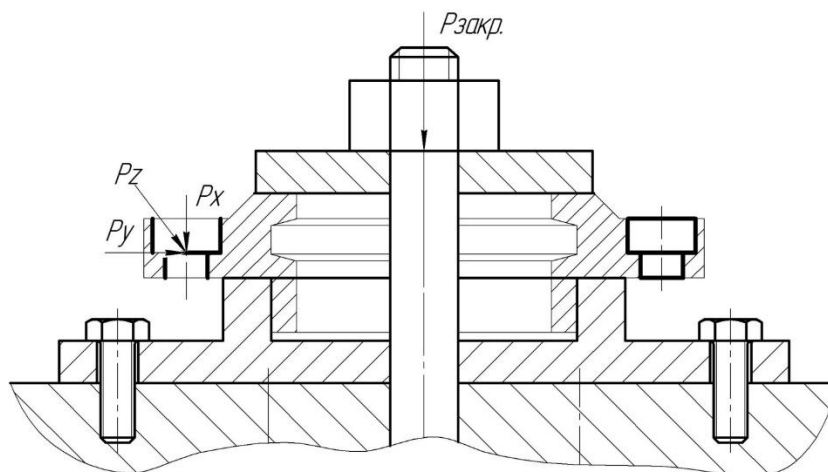


Рисунок 7.3 – Схема сил, що діють на заготовку

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 17510036-00 ПЗ

Лист

60

З урахуванням цих величин розрахувати силу різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 10^{0,9} \cdot 0,01^{0,8} \cdot 5^1 \cdot 4}{10^{0,73} \cdot 3057^{-0,13}} \cdot 1 = 264 \text{ (Н)}$$

Радіальна складова:

$$P_Y = 0,5 \cdot P_Z \text{ (Н)} \quad (7.2)$$

$$P_Y = 0,5 \cdot 264 = 132 \text{ Н}$$

Складаю рівняння рівноваги. Для цього до заготовки прикладаються сили, що врівноважують сили різання:

$$P_Z - F_{TP} = 0 \quad (7.3)$$

де  $F_{TP}$  – сила тертя, що врівноважує  $P_Z$ .

$$F_{TP} = N \cdot f \quad (7.4)$$

де  $N$  – сила реакції опори, що виникає внаслідок притискаючої сили  $Q$ ;  
 $f$  – коефіцієнт тертя;  $f=0,25$  [1].

$$P_Z = N \cdot f \text{ (Н)} \quad (7.5)$$

З формули (7.5) знаходжу:

$$N = \frac{P_Z}{f} \text{ (Н)} \quad (7.6)$$

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$\text{тобто } N = \frac{264}{0,25} = 1056 \text{ (Н)}$$

$$|\overline{N}| = |\overline{Q}| \quad (7.7)$$

$$\text{тобто } N = Q = 1056 \text{ (Н)}$$

Таким чином необхідна сила затиску заготовки  $Q = 1056$  (Н).

Визначаємо коефіцієнт запасу  $K$ :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (7.8)$$

де  $K_0=1,5$  - постійний коефіцієнт запасу при всіх випадках обробки;

$K_1=1,0$  -коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки-оброблене або необроблене;

$K_2=1,3$  -коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні різального інструменту;

$K_3=1,0$ -коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при обробці переривистих поверхонь на деталі;

$K_4=1,0$  -коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, що розвивається приводом пристрою;

$K_5=1,0$  -коефіцієнт,що враховує зручне розташування рукоятки для ручних пристроїв затискних;

$K_6 =1,5$  - коефіцієнт, який враховується при наявності моментів, які прагнуть повернути оброблювану деталь навколо її осі.

За формулою 7.8:

$$K=1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5=2,925$$

При цьому сила на штоку приводу з коефіцієнтом запасу дорівнюватиме:

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$Q = 1056 \cdot 2,925 = 3089 \text{ Н.}$$

Вибір і розрахунок силового приводу.

В нашому випадку у якості пневмоприводу обираємо пневмокамеру, адже нам не потрібен великий хід штока при закріпленні, а враховуючи її довговічність, надійність, простоту виготовлення та дешевизну вона має суттєві переваги над пневмоциліндром у даному випадку.

Дійсна сила на поршні розраховується за формулою:

$$W = \frac{\pi (D + d)^2}{16} \cdot p \quad (7.9)$$

де:  $p$  – розрахунковий тиск,  $p=0,4$  МПа;

$D$  – діаметр пневмокамери;

$d$  – діаметр штока, 10 мм;

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{16Q}{\pi \cdot p}} \quad (7.10)$$

$$D = \sqrt{16^2 + \frac{16 \cdot 3089}{3,14 \cdot 0,4}} = 154(\text{мм})$$

Приймаю  $D=160$  мм по ГОСТ 9887-70.

Товщину діафрагми  $h_D$  вибирають залежно від її діаметра  $D_D : h_D = 4 \dots 8$  мм, приймаю товщину 4 мм.

Дійсна сила на штоку розраховується за формулою:

$$W = \frac{3,14}{16} (160^2 + 10^2) \cdot 0,4 = 3184(\text{Н})$$

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМ 17510036-00 ПЗ				

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, отже, пристрій забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

В даному пристрої використана стандартна пневмокамера, в якій діаметр дорівнює 160 мм, діаметр штока - 10 мм.

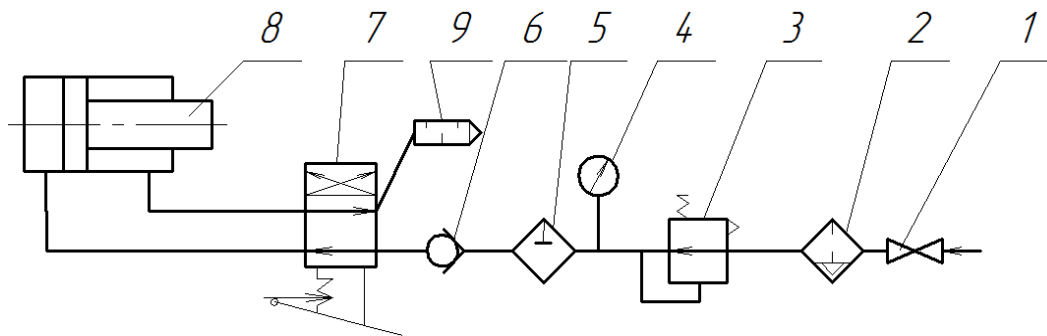


Рисунок 7.4 – Схема підключення до пневмомережі

1. Кран – вентиль
2. Фільтр вологовідділювач
3. Редукційний пневмоклапан
4. Манометр
5. Маслорозпилювач
6. Зворотній клапан
7. Пневморозподільювач
8. Пневмокамера
9. Пневмоглушник

Схема підводу повітря у пневмокамеру наведена на рисунку 7.5.

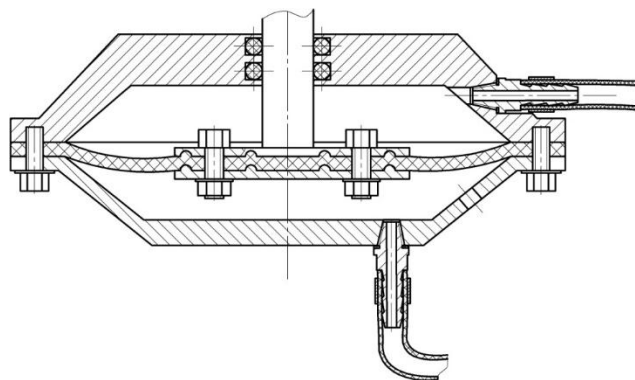


Рисунок 7.5 – Схема підводу повітря у пневмокамеру

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТМ 17510036-00 ПЗ

Лист

64

### Розрахунок деталі на міцність

Розраховуємо на міцність різьбу М8х1,25 на рим – болтах (це найменший діаметр різі, що допускається ГОСТ), так як вони сприймають значні навантаження при підйомі пристрою. Завідомо приймаю, що буде використовуватися 2 рим-болти. Вага пристрою приблизно 30 кг що дорівнює 300 Н, тобто на один рим-болт буде припадати навантаження 150Н.

Розраховую необхідну площину різі, для одного ремонтного болта.

Для того, щоб різьба на рим-болті не була зірвана, необхідно виконати умови, щоб діаметр різьби болта був не менше допустимого діаметру по міцності:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p] \quad (7.11)$$

Межа текучості для Сталі 40 дорівнює  $\delta_T = 300$  МПа.

$$[\delta]_p = 0,4\delta_T \quad (7.12)$$

$$[\delta]_p = 0,4 \times 300 = 120 \text{ МПа}$$

Небезпечним є перетин, ослаблене нарізкою різьби (рис. 7.6). Розрахунковий діаметр різьби визначається за формулою:

$$d_p = d - 0,94p \quad (7.13)$$

де:  $d$  – зовнішній діаметр різьби, мм;

$p$  – крок різьби, мм.

$$d_p = 8 - 0,94 \times 1,25 = 6,85 \text{ мм}$$

$$\sigma_p = \frac{4N}{\pi d_p^2} \quad (7.14)$$

де  $N$  – максимальна осьова сила, що діє на розтягнення

						ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			65

По формулі:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 150}{3,14 \cdot (6,85)^2} = 28,3 \text{ МПа}$$

Умова  $\sigma_p \leq [\sigma]_p$  виконується ( $28,3 \text{ МПа} < 120 \text{ МПа}$ ) отже рим-болти витримують навантаження на розрив при підйомі пристрою.

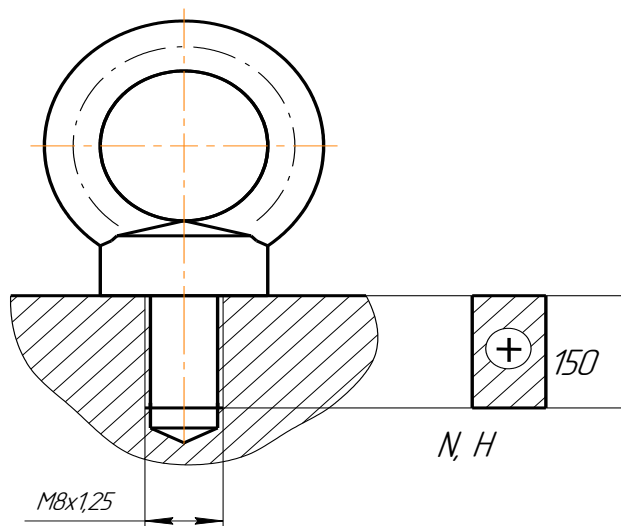


Рисунок 7.6 – Епюра навантажень рим-болта М8х1,25

Складання та експлуатація пристрою.

Пристрій в зборі має задовольняти технічним вимогам креслення загального вигляду і забезпечувати якісну обробку заготовки по заданих розмірах.

Складання пристрою. Всі деталі та вузли пристрою піддають візуальному контролю, виявлені дефекти усунути.

1. До столу верстата по шпонкам 19 встановлюється корпус 2 з пневмокамерою та штоком 6.

2. До корпусу пригвинчується стакан 3.

3. Після цього встановлюється швидкозмінна шайба 7.

4. Шайба пригвинчується гайкою 8.

5. Після цього приєднуються метало рукави 12 за допомогою хомутів 11.

Експлуатація пристрою.

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17510036-00 ПЗ



1. Встановити і закріпити пристрій на верстаті.
2. Підготувати базові поверхні до установки заготовки.
3. Встановити заготовку на стакан до упора в торець.
4. Встановити швидкозмінну шайбу.
5. Повернути рукоятку пневморозподільника у положення «Відкрито».
6. Виконати обробку деталі.
7. В процесі експлуатації пристрою виконувати пункти 1 - 7 технічних вимог.

Пристрій зберігати на дерев'яній основі. Вплив атмосферних опадів і агресивних середовищ неприпустимо).

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

## ВИСНОВОК

В даній роботі був виконаний аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі, розроблений технологічний процес обробки деталі «Кришка підшипника», який входить до складу складальних одиниць черв'ячного редуктора Ч-63. Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі. Був визначений тип виробництва – середньосерійний. В якості заготовки була прийнято лиття в кокіль. Виконано аналіз існуючого типового технологічного процесу, обґрунтовано вибір металорізального верстата, вибір верстатних пристроїв металорізального та вимірювальних інструментів на операціях 020 токарна з ЧПК і 035 вертикально-свердлильна з ЧПК. Були проведені розрахунки режимів різання для даних операцій та норми часу за табличним методом. Спроектовано верстатний пристрій на операцію 035 вертикально-свердлильна з ЧПК, розроблено та обґрунтовано схему закріплення та тип силоутворюючого механізму, проаналізувано структуру полів збурюючих та зрівноважуючих сил, зробили опис пристрою та принцип його роботи.

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до виконання розділу «Аналіз службового призначення виробів та технічних вимог до них» в обов'язковому домашньому завданні, випускній роботі бакалавра, курсовому проєкті зі спеціальності та дипломному проєкті для студентів спеціальностей: 7.090202, 6.090202, 6.090203, 6.090204, 6.090209, 6.090220, 6.090515, 6.090520 усіх форм навчання / укладачі: О.О. Топоров, О. У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2000. – 30 с.

2. Марочник сталей і сплавів. 2-е вид., Доп. і випр. / А.С. Зубченко, М.М. Колосков, Ю.В. Каширський та ін. За заг. ред. А.С. Зубченко - М.: Машинобудування, 2003. 784 с.: іл.

3. Методичні вказівки до практичних робіт із курсів «Теоретичні основи технології виготовлення та складання машин» та «Технологія машинобудування» для студентів напряму 6.0902 «Інженерна механіка» усіх форм навчання / укладачі: В. Г. Євтухов, О. У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2004. – 76 с.

4. Ишуткин В.И. Технологическая надежность системы СПИД. – М.:Машиностроение, 1973. – 186 с.

5. Маталин А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 496 с.

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

7. ГОСТ 2.305-2008 ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения.

8. ГОСТ 2.307-68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

9. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб.пособие/ П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач; под общ. Ред. В. М. Плескача. – К.: Выща шк., 1991. – 247 с.

10. ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и ковальские напуски».

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

11. Довідник технолога - машинобудівника. У 2-х т. Т. 1 / За ред. А.Г. Косилової і Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., Перероб. і доп. - М.: Машинобудування, 1985. 656 с., іл.

12. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.

13. Загальномашинобудівні нормативи режимів різання для технічного нормування робіт виконуваних на металорізальних верстатах з ЧПК. - Ч.1. Токарні, карусельні, токарно-револьверні, алмазно-розточні, свердлильні, довбальні і фрезерні верстати. – Москва: Машинобудування, 1974. – 416 с.

14. Барановський Ю.В. Режимы різання металів. Довідник. Вид. 3-е, пререраб. і доп. М.: Машинобудування. 1972. - 408 с., іл.

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

16. Кирилюк Ю.Е. Допуски и посадки: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1989. 135., 3 ил., 26 табл.

17. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник-Л.: Машиностроение, Ленингр. отд - ние, 1983.- 464 с.

18. Станочные приспособления : справочник : в 2 т. / под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. – Москва : Машиностроение, 1984. – Т. 1. – 592 с.

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

20. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

										Лист
										70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМ 17510036-00 ПЗ







## ДОДАТОК В

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Небезпечні зони устаткування. Класифікація та призначення засобів захисту

Створення безпечних умов праці на виробництві було і залишається одним з головних пріоритетів. Найбільшою цінністю держави є людина – це означає, що для кожного конкретного працівника повинні бути створені безпечні умови на виробництві.

Безпека праці являє собою сукупність вимог, встановлених законодавчими актами, нормативно-технічними та проєктними документами, правилами та інструкціями, виконання яких забезпечує безпечні умови праці і регламентує поведінку працюючого. [20]

Безпечні умови праці – це стан умов праці, при яких вплив на працюючого небезпечних і шкідливих виробничих факторів виключено або вплив шкідливих виробничих факторів не перевищує гранично допустимих значень.

В разі появи небезпеки є можливість завдати шкоду здоров'ю людини, тому потрібно робити всі необхідні заходи, спрямовані на її ліквідацію. В літературі можна зустріти такі визначення поняття «небезпека»:

– небезпека – це негативна властивість живої та неживої матерії, що здатна спричинити шкоду самій матерії: людям, природному середовищу, матеріальним цінностям;

– небезпека – це умова чи ситуація, яка існує в наколишньому середовищі і здатна призвести до небажаного вивільнення енергії, що може спричинити фізичну шкоду, поранення та/чи пошкодження.

Безпека людини – це поняття, що відображає саму суть людського життя, її ментальні, соціальні і духовні надбання. Безпека людини є невід'ємною складовою характеристики стратегічного напрямку людства, що визначений ООН

									Лист
									74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					



як «сталий людський розвиток», такий розвиток, який веде не тільки до економічного, а й до соціального, культурного, духовного зростання, що сприяє гуманізації менталітету громадян і збагаченню позитивного загальнолюдського досвіду.

Небезпечна зона – це простір, в якому діють постійно або виникають періодично чинники, небезпечні для життя і здоров'я людини. Небезпека локалізована навколо рухомих елементів: ріжучого інструменту, оброблюваних деталей, планшайби, зубчастих, ремінних та ланцюгових передач, робочих столів верстатів, конвеєрів, що переміщуються підйомно-транспортних машин, вантажів і т.д. Особлива небезпека створюється у випадках, коли можливе захоплення одягу або волосся працюючого рухомими частинами обладнання.

Наявність небезпечної зони може бути обумовлено небезпекою поразки електричним струмом, впливу теплових, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, шуму, вібрації, ультразвуку, шкідливих парів і газів, пилу, можливістю травмування відлітаючими частинками матеріалу заготовки та інструменту при обробці, вильотом оброблюваної деталі з-за поганого її закріплення або поломки.

Розміри небезпечної зони в просторі можуть бути постійними (зона між ременем і шківом, зона між вальцями і т.д.) і змінними, (поле прокатних станів, зона різання при зміні режиму та характеру обробки, зміна різального інструменту і т. д.).

При проектуванні технологічного устаткування і при його експлуатації необхідно передбачати застосування пристроїв, що або виключають можливість контакту людини з небезпечною зоною, або знижують небезпеку контакту.

Засоби захисту працюючих за характером їх застосування поділяються на дві категорії: колективні, індивідуальні.

Засоби колективного захисту в залежності від призначення поділяються на такі класи:

									Лист
									75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

– нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць;

– нормалізації освітлення виробничих приміщень та робочих місць;

– засоби захисту від іонізуючих випромінювань, інфрачервоних випромінювань, ультрафіолетових випромінювань, електромагнітних випромінювань, магнітних і електричних полів, випромінювання оптичних квантових генераторів, шуму, вібрації, ультразвуку, ураження електричним струмом, електростатичних зарядів, від підвищених і знижених температур поверхонь обладнання, матеріалів, виробів, заготовок, від підвищених і знижених температур повітря робочої зони, від впливу механічних, хімічних, біологічних чинників.

Засоби індивідуального захисту в залежності від призначення поділяються на такі класи: ізолюючі костюми, засоби захисту органів дихання, спеціальний одяг, спеціальне взуття, засоби захисту рук, голови, обличчя, очей, органів слуху, засоби захисту від падіння і інші аналогічні засоби, захисні дерматологічні засоби.

Всі вживані у виробництві захисні пристрої можна розділити на наступні основні групи:

– охоронні;

– запобіжні;

– блокуючі;

– сигналізуючі;

– системи дистанційного керування; спеціальні пристрої (вентиляція, освітлення, глушники шуму, заземлення);

– індивідуальні захисні засоби (ЗІЗ).

Загальні вимоги до засобів захисту:

– створення оптимальних умов для трудової діяльності

					ТМ 17510036-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76



Запобіжні захисні засоби застосовуються для автоматичного відключення агрегатів і машин при відхиленні якого-небудь параметра за межі допустимих значень. На установках, що працюють під тиском більше атмосферного, використовуються запобіжні клапани важеля, пружинного і мембранного типу. У разі утворення вибуху, пожежонебезпечних сумішей, при концентраціях 5-50% від вибухонебезпечної, спрацьовує аварійна вентиляція. При підвищеному тиску в ресиверах застосовують теплові реле, що вимикають двигун при збільшенні температури зріджуваного повітря понад припустимого значення.

У електромагнітних плитах для закріплення оброблюваного матеріалу, підйому і перенесення різних виробів слід передбачити запасну проводку від запасного джерела живлення, обмежувачі руху, кінцеві вимикачі, гальмівні і утримуючі пристрої і т.д. Введення слабкої ланки полягає у внесенні до конструкції технологічного устаткування деталей і вузлів, розрахованих на руйнування (або неспрацьовування) при перевантаженнях (штифти, що зрізають, шпонки, фрикційні муфти, плавкі запобіжники в електроустановках, розривні мембрани і т.д.).

Блокуючі пристрої виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону або усувають небезпечний чинник на час перебування людини в цій зоні (механічні, електричні, фотоелектричні, радіаційні, гідравлічні, пневматичні, комбіновані).

Сигналізуючі пристрої - це засоби інформації про роботу технологічного устаткування, а також про небезпечні і шкідливі чинники, які при цьому виникають. За призначенням системи сигналізації діляться на оперативні; попереджуючі; пізнавальні. За способом інформації: звукові; візуальні; комбіновані; одоризаційні (по запаху, в газовому господарстві).

До сигналізуючих пристроїв візуальної інформації можна віднести опізнавальне забарвлення трубопроводів, електропроводів і знаки безпеки.

										Лист
										78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

