

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

освітньо-професійної програми «Технології машинобудування»

на тему: Проектування технологічного процесу виготовлення  
штока 11.547.00.312.003

Здобувача групи ТМз–01с Музалевського Федіра Євгенійовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ Федір МУЗАЛЕВСЬКИЙ

Керівник ст. викл., канд. техн. наук, доцент Анна НЕШТА \_\_\_\_\_

Нормоконтролер доцент, канд. техн. наук, доцент Артем ЄВТУХОВ \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Записка: 68 с., 15 рис., 13 табл., 16 літературних джерел.

Об'єкт роботи – деталь «Шток», яка входить до складу насоса для відкачування шламу НВШ - 25.

Мета роботи – розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення деталі «Шток».

Насоси для відкачування шламу призначені для перекачування призначені для перекачування твердих гідросумішей з фракцією 100...500 мкм і щільністю до 5000 кг/м<sup>3</sup> в системах водовідведення реакторів.

В роботі виконано аналіз службового призначення насоса, вузла та деталі «Шток». Також проаналізовано технічні вимоги, що пред'являються до деталі та виконано аналіз технологічності її конструкції. За допомогою техніко-економічного обґрунтування був обраний раціональний метод отримання заготовки для даних умов виробництва.

На прикладі двох механічних операцій: фрезерно-центрувальної та фрезерної з ЧПК було проаналізовано існуючий технологічний процес виготовлення деталі. Також виконано обґрунтування вибору схеми базування і закріплення заготовки, вибір металорізального обладнання, верстатного пристрою, ріжучого та вимірювального інструмента. Визначено режими обробки. Виконано технічне нормування досліджуваних операцій.

У графічній частині роботи виконані креслення заготовки, верстатного пристрою і маршрутного технологічного процесу механічної обробки заготовки, операційної наладки на горизонтально протяжну операцію. Представлено комплект технологічної документації на картах КТП.

ШТОК, НАСОС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ

## 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 .....	10
3 Визначення типу виробництва та форми його організації .....	12
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	21
5 Вибір способу отримання заготовки і розроблення технічних вимог до неї.....	24
6 Аналіз технологічної операції існуючого чи типового технологічного процесу .....	28
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку .....	28
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки .....	30
6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата .....	33
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів .....	35
6.5 Визначення режимів різання.....	36
6.6. Технічне нормування операції.....	42
7 Проектування верстатного пристрою .....	47
Висновок .....	57
Перелік джерел посилання .....	58
Додаток А. Креслення деталі .....	61
Додаток Б. Результати розрахунку припусків.....	62
Додаток В. Специфікація до верстатного пристрою .....	63
Додаток Г. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях .....	65

					<b>ТМЗ 20320088–00 ПЗ</b>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проектування технологічного процесу виготовлення колеса робочого Н18.36.30.03			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Музалевський</i>						4	68	
<i>Перевір.</i>		<i>Нешта</i>						СумДУ, ТМз-01с		
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>		<i>Євтухов</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Іванов</i>								

## ВСТУП

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.

Основні напрямки розвитку технології машинобудування наступні:

- вдосконалення існуючих та пошук нових високопродуктивних методів об-робки, особливо для оздоблювальних операцій;
- комплексна механізація і автоматизація технологічних процесів на основі застосування автоматичних ліній, верстатів з ЧПУ, засобів активного контролю, прогресивних конструкцій оснастки;
- широке впровадження процесів пластичного деформування;
- створення принципово нових металорізальних верстатів та удосконалення використовуваних у виробництві;
- створення прогресивних інструментів, які використовують останні досягнення в галузі інструментального виробництва.

Деталь «Шток», застосовується у виробі «Насос відкачувальний», який призначений для перекачування шламових сумішей важких металів в енергетичних блоках АЕС, а також чистої води з температурою до 90°C в системах тепло- та водопостачання.

На базі заводського технологічного процесу з середньосерійним типом виробництва складається технологічний процес з використанням високопродуктивного обладнання, таким чином, розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення «Штока» є актуальним завданням.

						ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			5

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

Деталь «Шток», що запропонована для розгляду у дипломному проекті є однією з найважливіших деталей насосу НВШ - 25.

Загальні відомості про виріб:

Агрегати електронасосні шламові НШБ 160, НШЮ 250 призначені для перекачування гідросумішей з дрібною твердою фракцією і щільністю до 200 кг/см<sup>3</sup>. Максимальна твердість зважених часток не більше 3 по шкалі Мооса. Крупність окремих зважених частинок – не більше 20 мм. Температура перекачуємої гідросуміші 4 – 50 С°.

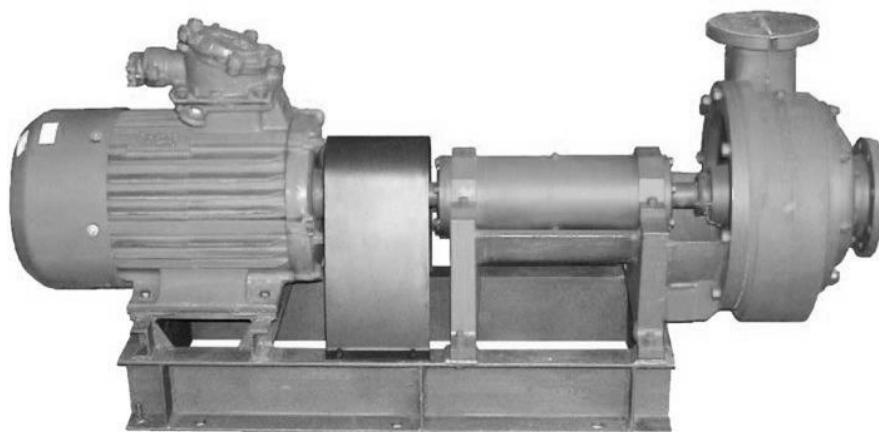


Рисунок 1.1 – Насос.

Насоси і агрегати можуть бути встановлені у вибухобезпечній зоні класу І.

Вид кліматичного виконання:

- для поставки в макрокліматичні райони з помірним кліматом У2;
- для поставки в макрокліматичні райони з сухим і вологим тропічним кліматом – Т1.

Приклад запису при замовленні відцентрового насоса шламового з торце-вим ущільненням: «НШБ 250-35,5 Т У2 ТУ У 29.1-30175077-004:2009»,

де Н – насос;

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ТМЗ 20320088-00 ПЗ

Ш – шламовий; Б – буровий;

25 – подача, м<sup>3</sup>/год; 35,5 – напір, м.

Агрегат на основі насоса складаються з насоса, електродвигуна, сполучної муфти, кожуха та рами.

Насос відцентровий, горизонтальний, консольного типу, одноступінчатий з горизонтальним підведенням і верхнім вертикальним відведенням. Вал насоса встановлений в корпусі на підшипниках кочення:

- передні підшипники – роликові, стримують тільки радіальне навантаження, задні – радіально-упорні, стримують радіально і знакоперемінне за напрямом осьове навантаження, що виникає при різних режимах роботи насоса. Підшипники і масляна ванна захищені від потрапляння в них перекачуємої гідросуміші і пилу гумовими манжетами.

Ущільненням вала насоса слугує набивання. По мірі зношення набивання його підтискають за допомогою натискної втулки.

Ущільнення всмоктувальної сторони – торцеве.

Початковою сировиною для цих оболонок служить гольовий спилок, одержуваний говяжої шкіри, яка пройшла такі технологічні процеси:

Робоче колесо навінчене різью на вал (права різьба). Робоче колеса закритого типу.

Вказівки з установки й експлуатації насоса.

Забороняється експлуатація насоса без попередньої заливки або з зашламованим всмоктувальним патрубком, оскільки це призведе до виходу з ладу торцевого ущільнення в результаті перегріву.

У разі зупинки агрегату на тривалий час (може відбутися засихання розчину всередині насоса) – насос необхідно запустити на воді для промивання внутрішньої порожнини. Встановлення сальникової набивки проводиться в разі виходу з ладу торцевого ущільнення, що дає можливість продовжити роботу насоса до наступного циклу обслуговування і заміни торцевого ущільнення. Перед пуском насосу перевірити вільне обертання вала за напівмуфту.

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМЗ 20320088-00 ПЗ

Пуск насоса при закритій засувці на всмоктуванні, або без заповнення робочою рідиною не допускається. Пуск здійснюється при повністю відкритій засувці на всмоктуючому трубопроводі. Це запобігає перевантаженню електродвигуна. Регулюванням засувки на нагнітальному трубопроводі можна отримати необхідну подачу насоса.

При зупинці агрегату необхідно поступово закрити засувку на нагнітальному трубопроводі, а потім вимкнути електродвигун. Після зупинки видалити з насоса залишок перекачуваних гідросумішей, вивернувши нижню пробку корпусу і промивши внутрішню порожнину насоса водою.

У процесі роботи температура корпусу підшипника не повинна перевищувати 70 С°. Мастило підшипників – масло ИЗОА ГОС 20799-75. Масло заливається через верхній отвір в корпусі підшипників до контрольного отвору. Надмірне заповнення корпусу підшипників маслом, а також його забруднення приводить до нагрівання масла понад допустиму норму.

Мастило додається по мірі необхідності, але не рідше одного разу на тиждень. Повну заміну масла здійснювати через 300 годин роботи насоса в кількості 1,5 л.

Деталь «Шток» має циліндричну форму з двома перепадами діаметру на зовнішніх поверхнях, відношення  $L/D = 157/30$  мм.

Деталь має шпоночний паз 8JS9 призначений для установки шпонки.

Деталь складається з таких конструктивних елементів, як:

- фаски
- пази
- конус.

Умови експлуатації.

Для запобігання зворотного обертання і недопустимого нагріву води при малих подачах насоси повинні забезпечуватися зворотними клапанами з лінією рециркуляції.

										Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМЗ 20320088-00 ПЗ

Деталь «Шток» при роботі в вузлі відчуває циклічні навантаження. Навантаження сприймають поверхні шпонкових пазів, що працюють на зминання та зріз.

Деталь і виріб вцілому експлуатується в помірних умовах в діапазоні температур від -10 до + 40 °С.

Висновок: робота деталі здійснюється в типових статичних умовах навантажень від при перепадах температури без впливу типового робочого середовища. При роботі зазнає навантаження, що розтягують. Дана деталь передбачена типу для роботи в горизонтальному положенні.

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги на виготовлення деталі задаються виходячи з її службового призначення. Аналізуючи робоче креслення, можна зробити висновок, що наявних на ньому проєкцій та перетенів достатньо, розміщені вони згідно з існуючими стандартами. На кресленні зазначені усі потрібно вихідні дані: розміри, їх точність та шорсткість, проставлені технічні вимоги на виготовлення деталі.

Дивлячись на форму деталі, можна зробити висновок, що вона належить до групи циліндричних виробів. Згідно завдання, деталь виготовлено із сталі 45 ДСТУ 1050-2018.

За класифікацією сталь 45 відноситься до конструкційних вуглецевих якісних сталей. Зважаючи на її високу прочність та стійкість до значних перепадів температур, сталь 45 застосовується для виготовлення: вал-шестерні, колінчасті і розподільчі вали, шестерні, шпинделі, бандажі, циліндри, кулачки і інші нормовані та покращуючі поверхні, які піддаються термообробці в деталей від яких потрібна підвищена точність. Також, зі сталі цієї марки виготовляють консолі, вісі, штоки балки та плунжери. Види поставки – сортовий прокат, в тому числі і фасонний. Сталь 45 має хороші механічні властивості для оброблення різанням.

Замінники – сталі марок 40Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР.

Відповідно до стандарту хімічний склад, механічні та технологічні властивості представлені в таблицях.

Матеріал деталі - легована сталь марки 45, властивості яких наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад, % ГОСТ 4543-71

С	Si	Mn	Cr	Ni
			не більше	
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,28-1,1	0,01

Таблиця 2.2 - Механічні властивості

Перетин, мм	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , ( $\delta_H$ )%	$\psi$ , %	НВ
15	520	670	10	45	217

де  $\sigma_T$ , - межа текучості, МПа;

$\sigma_B$  - межа міцності, МПа;

$\delta_5$  ( $\delta_H$ ) - відносне подовження, %;

$\psi$  - відносне звуження, %;

НВ - твердість по Брінеллю.

У першому пункті технічних вимог зазначено, що не вказані відхилення розмірів на кресленні обробляють з точністю 12-го квалітету.

У другому пункті технічних вимог вказано, що розміри зі знаком \* це розміри для довідок, тобто залежать від розмірів і параметрів самого інструменту, а це різного роду радіуси в канавках.

В цілому ж креслення типові виконані з усіма вимогами ЕСКД, за винятком деяких типів неточностей зазначених вище. На кресленні типу досить видів і перерізів для представлення форми деталі як і можливості для її виготовлення, також вказані всі розміри.

Присутність на деталі жорстких допусків форми і розташування поверхонь роблять її нетехнологічною за цим показником. Допуски, що проставлені на кресленні досягаються на чистовій операції.

### 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 – 3;
- штучний час обробки деталі за операціями  $T_{шт}$  – беремо відповідно до норм за базовим технологічним процесом (див. табл. 3.1);
- режим роботи підприємства – у 2 зміни;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання –  $F_d = 4015$  год.

Коефіцієнт закріплення операцій розраховується за формулою:

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

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
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

№ оп.	Найменування операції	$T_{шт, хв}$	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф}$	$O$
1	Фрезерно-центрувальна	3,20	0,02	1	0,02	15,81
2	Токарна з ЧПК	22,5	0,04	1	0,04	40,42
3	Вертикально-фрезерна з ЧПК	11,7	0,01	1	0,01	27,6
Сума:				3		827,93

Кількість робочих на кожній операції обираємо:

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

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:

$$K_{з.о.} = \frac{82,93}{3} = 22,92$$

Таким чином умова ( $20 < K_{з.о.} < 40$ ) виконується, що відповідає дрібносерійному 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.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 93,24 \approx 94 \text{ шт}$$

Аналізуючи програму випуску деталей на рік ( $N_p = 1000$  шт.) визначимо, що тип виробництва – дрібносерійний.

При дрібносерійному виробництві вироби виготовляють періодично повторюваними партіями або серіями, і порівняно великим обсягом випуску ніж в одиничному типі виробництва.

Дрібносерійне виробництво характеризується досить великою номенклатурою виробів, виготовлених невеликими, періодично повторюваними партіями. У дрібносерійному виробництві використовуються універсальні верстати, верстати з ЧПУ, оснащені як універсальними, так і універсально-складальними і спеціальними пристосуваннями, що дозволяє знизити трудомісткість і собівартість виготовлення виробу. Технологічний процес виготовлення виробу, як і в одиничному виробництві, переважно концентрований, тобто, на одному верстаті виконується максимальну кількість операцій. Використовуються робітники високої кваліфікації.

У дрібносерійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, розподілений на окремі операції, які закріплені за окремими верстатами. Верстатний парк повинен бути спеціалізований в такій мірі, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до виробництва іншої, що кілька відрізняється від першої в конструктивному відношенні. Дрібносерійне виробництво є найбільш поширеним видом виробництва [5].

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

## 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.

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

Деталь «Шток» технологічна з точки зору базування і закріплення. Вона є деталлю типу валу - тіло обертання, жорстка по конструкції, що дозволяє закріпити її в патроні верстата працюючому на обхват або в центрах. Всі поверхні доступні для механічної обробки.

Проставлення розмірів правильне, зручне для читання креслення і для їх контролю. Проставлення розмірів технологічне. Це дає можливість поєднати конструкторську і вимірну базу.

Шорсткість поставлена правильно до всіх поверхонь.

Допуски взаємного розташування - допуски торцевого і радіального биття - задані щодо однієї бази (В). Це технологічно, так як дотримується принцип суміщення і сталості баз.

Деталь є взаємозамінною, тобто при її заміні не потрібно пригонка або сортування.

Нетехнологічними елементами є:

- 1) наявність великої кількості зовнішніх і внутрішніх поверхонь з різними діаметрами і конічної поверхні, так як їх обробка збільшує трудомісткість виготовлення деталі;
- 2) обробка великої кількості поверхонь в упор;
- 3) наявність фасок різних розмірів;

						ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			21

4) висока точність поверхонь, так як для отримання такої точності необхідна багаторазова обробка поверхонь;

б) високий клас шорсткості – Ra 1,6, так як для отримання такої чистоти поверхонь необхідно шліфувати поверхню.

- оцінка по технологічності геометричної форми поверхонь.

На деталі все поверхні прості, які можна обробити як стандартним так і нескладним спеціальним інструментом. На кресленні є такі нетехнологічні конструктивні елементи як шпонкові пази різних розмірів.

Отже по геометричним формам поверхонь деталь є технологічною.

- оцінка технологічності по можливості зміни форми деталі, яка дозволяла б вибрати найвигідніший розкрій матеріалу і можливості використання відходів для виготовлення інших деталей.

За цим показником деталь є нетехнологічною, так як абсолютно всі поверхні на деталі обробляються, а отже збільшити кількість поверхонь, які не обробляються або зробити якісь поверхні необроблюваних ми не можемо виходячи зі службового призначення деталі і тих розмірів і тієї точності, які задав конструктор на кресленні.

Заготовку для даної деталі можна отримувати штампуванням. Заготовка має отвір, але використовувати шматок заготовки з отвору неможливо, так як отвір не наскрізний і висвердлити кільцевим свердлом його неможливо. Отже за даним показником деталь нетехнологічна.

- оцінка технологічності конструкції по простановці розмірів.

Базовою інформацією для оцінки технологічності конструкції по даному пункту є креслення деталі. В цілому по простановці розмірів деталь технологічна.

Також на кресленні є точні «класні» розміри: Ø24f7. Цей розмір вимагає мінімум трьох стадій обробки замість однієї - двох, що робить деталь нетехнологічною.

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМЗ 20320088-00 ПЗ

Також на кресленні є допуски розташування, а саме допуски торцевого биття 0,01 мм та співвісності 0,02 мм. Витримування цих допусків також несе додаткову трудомісткість в обробку, що нетехнологічно.

Враховуючи всі ці фактори, можна стверджувати, що технологічність деталі знижена.

В цілому ж конструкція деталі технологічна і більшого вдосконалення, ніж це вже зроблено у кресленні без шкоди для службового призначення деталі і виробу, на даному етапі розвитку науки і техніки запропонувати неможливо.

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23



## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ І РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі. Оптимальний технологічний процес вибирають на основі розрахунку і порівняння, можливих за даних умов варіантів виготовлення деталі, куди входить і вартість вихідної заготовки. Оцінку економічної ефективності нової технології, вибір найбільш економічного варіанта виробництва деталей здійснюють за допомогою порівняльного аналізу вартісних і натуральних техніко-економічних показників.

Проаналізувавши матеріал деталі, тип виробництва, розміри та конфігурацію деталі, можна запропонувати метод отримання заготовки штампуванням на ГKM, як найбільш прогресивний, ніж заводський метод прокату.

Вальцювання (прокатка) – такий вид обробки металів тиском, коли заготовка силами тертя втягується у проміжок між обертальними валками, які її пластично деформують, зменшуючи площу поперечного перерізу і збільшуючи довжину. Вальцювання належить до найпродуктивніших видів обробки завдяки безперервності процесу і великій швидкості руху заготовки між валками. Цим способом обробляють приблизно 90% витоленої на металургійних заводах сталі та понад половину кольорових металів і їх сплавів.

Горизонтально-кувальні машини (ГKM) застосовують у багатьох галузях промисловості при виготовленні різних заготовок, потребують технологічних переходів висадки, прошивання, просічки, перетискання заготовки, видавлювання, згинання і, нарешті, відрізки, тобто відділення штампування від прутка.

Випуск ГKM розпочався з другої половини минулого століття. Широке поширення цих машин в різних галузях промисловості зумовлено такими їх перевагами:

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- високою продуктивністю при виготовленні відносно невеликих партій;
- економічною витратою металу порівняно з штампуванням на молотах;
- високою точністю отримування поковок, що в поєднанні з малими припусками і ухилами забезпечує незначні відходи при подальшій обробці на металорізальних верстатах;
- широкими технологічними можливостями, яким вони близькі до автоматів для гарячого об'ємного штампування;
- можливістю проведення автоматизації штампування при виготовленні великих партій однотипних деталей.

Головним параметром, який характеризує ГKM, є номінальне зусилля на штампувальному повзуні. Основні параметри ГKM регламентуються.

Головна перевага машин з горизонтальною площиною роз'ємів матриць полягає в тому, що при розкритих матрицях зів станини повністю відкритий для руху заготовок по всій довжині матричного блоку, що, безумовно, полегшує і спрощує автоматизацію цих машин, хоча і слід відзначити, що за останні роки є також позитивний досвід з автоматизації ГKM з вертикальною площиною роз'єму матриць..

Визначаємо собівартість заготовки, що виготовляється на ГKM за формулою:

$$S_{\text{заг}} = (S_M * M_3 * K_c * K_B * K_M * K_{\Pi}) - (M_3 - M_D) * S_{\text{відх}} \quad (5.1)$$

де  $S_M$  – базова вартість 1 кг заготовки,  $S_M = 250$  грн./кг;

$S_{\text{відх}}$  – вартість відходів,  $S_{\text{відх}} = 15$  грн/кг;

$K_T$  – коефіцієнт, що залежить від точності;  $K_T = 1,0$ ;

$K_c$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності  $K_c = 0,8$ ;

$K_B$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу  $K_B = 1,1$ ;

$K_M$  – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки,  $K_M = 0,85$ ;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовки,  $K_{\Pi} = 1,0$ ;

Таким чином,

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

$$S_{\text{заг}} = (250 * 3,5 * 1 * 0,8 * 1,1 * 0,85 * 1) - (3,5 - 1) * 15 = 779 \text{ грн.}$$

І для порівняння порахуємо собівартість заготовки, що виготовляється з прокату.

Визначаємо собівартість заготовки з прокату за формулою 5.1, де:

де  $S_M$  – базова вартість 1 кг заготовки,  $S_M = 80$  грн./кг;

$S_{\text{відх}}$  – вартість відходів,  $S_{\text{відх}} = 15$  грн/кг;

$K_T$  – коефіцієнт, що залежить від точності;  $K_T = 1,0$ ;

$K_C$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності  $K_C = 0,8$ ;

$K_B$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу  $K_B = 1,1$ ;

$K_M$  – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки,  $K_M = 0,85$ ;

$K_P$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовки,  $K_P = 1,0$ ;

$$S_{\text{заг}} = (80 * 8 * 1 * 0,8 * 1,1 * 0,85 * 1) - (8 - 1) * 15 = 580 \text{ грн.}$$

Таким чином бачимо, що  $K_{M1} > K_{M2}$ ,  $S_{\text{заг1}} < S_{\text{заг2}}$ .

На підставі отриманих результатів, можна зробити висновок: отримання заготовок з прокату вигідніше, тому що собівартість заготовки нижче, а форма заготовки максимально наближена до форми деталі.

Згідно [10], вибираємо  $\varnothing 32 (+0,2; -0,5)$  мм.

Призначаємо технічні вимоги на виготовлення заготовки:

1. Прокат  $\frac{32 - \text{В ДСТУ 4738 - 2007}}{45 \text{ ДСТУ 1050 - 2016}}$ .
2. Піддати термообробці для зняття внутрішніх напружень.
3. Овальність прокату не повинна перевищувати 75% суми граничних відхилень по діаметру.
4. Кривизна прокату не повинна перевищувати 0,2% довжини.
5. Кривизна різку прутка не повинна перевищувати 0,5 мм.
6. Кривизну прокату вимірюють на ділянці довжиною не менше 0,5 м на відстані не менше 50 мм від кінця прутка.

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7. Діаметр і овальність прокату вимірюють на відстані не менше 50 мм від кінця прутка.

8. \* Розмір для довідок.

3D-модель заготовки з прокату представлена на рис. 5.1.

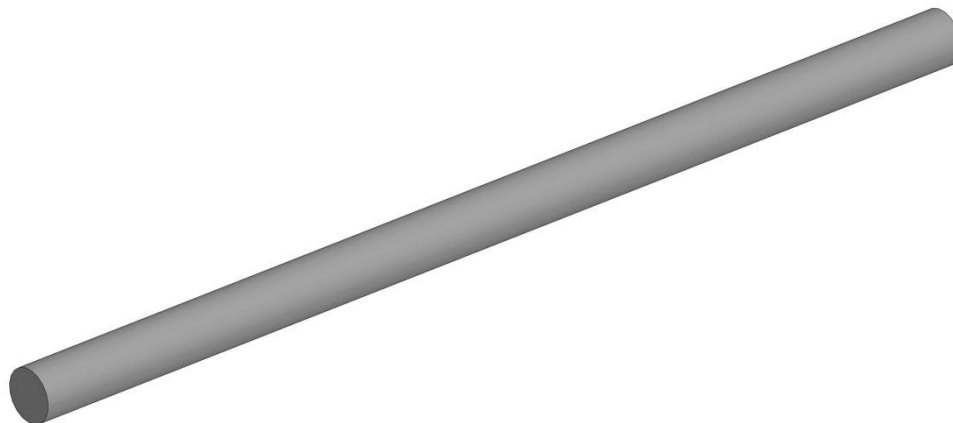


Рисунок 5.1 – 3D-модель заготовки

## 6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

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  $\varnothing 25f7$ .

Розрахункова формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

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

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

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

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

$\varepsilon_i$  – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім  $\rho_{i-1}$ , яка розраховується як  $\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{экс}^2 + \rho_{см}^2} = 1000$  мкм, а  $\rho_{i-1}$  знаходиться в відсотковому відношенні від  $\rho_{заг}$  тоді  $\rho_{чери} = \rho_{заг} k_y$ , де  $k_y = 0,04-0,06$ , в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{чep} = 1000 \cdot 0,06 = 60 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{n/ч} = 1000 \cdot 0,05 = 50 \text{ мкм.}$$

						ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			28

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

Таблиця 6.1 – Вихідні данні

Найменування операції (переходу)	Квалітет точності, ІТ	Параметри шорхності Ra, мкм
1. Заготівельна	$h15_{-1,0}^{+1,8}$	25
2. Точіння напівчистове	$h12_{-0,21}$	6,3
3. Точіння чистове	$h9_{-0,052}$	3,2
4. Точіння тонке	$f7_{-0,050}^{-0,020}$	1,6

Вибираємо елементи припусків по переходах

Обирається висота мікронерівностей Rz і глибина дефектного шару T:

- для заготовки Rz=160 мкм і T=200 мкм;
- на операції точіння напівчистове Rz=125 мкм і T=120 мкм;
- на операції точіння чистове Rz=25 мкм і T=25 мкм;
- на операції точіння тонке Rz=5 мкм і T=5 мкм.

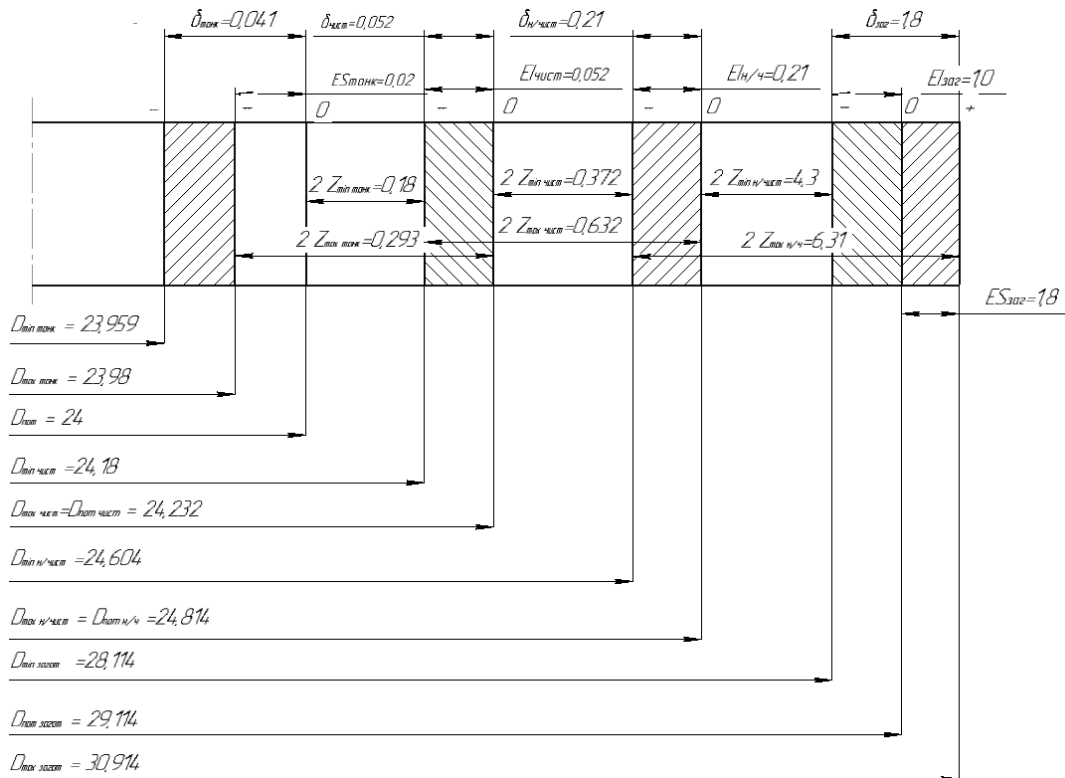


Рисунок 6.1 – Схема розміщення припусків  $\phi 25f7$

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування й закріплення заготовки

Для виконання цього пункту в якості технологічної операції були прийняті операції: фрезерно-центрувальна та верстиковально-фрезерна з ЧПК.

Для двох аналізованих операцій розглянемо дві різних схеми базування для отримання точності лінійних розмірів. Точність діаметральних розмірів буде досягатися за рахунок точності позиціонування робочих елементів верстата.

Схеми базування заготовки на фрезерно-центрувальній операції приведені на рис. 6.2. В обох аналізованих випадках використовуємо призми та при цьому виникають опорна база на торці та подвійна напрямна на зовнішній циліндричній поверхні і по іншому заготовку встановити неможливо.

На даній операції виконується обробка торців деталі та центрових отворів з одного установа. Тому дана операція складається - з одного установа - однієї позиції - двох технологічних переходів: 1) фрезерування торців; 2) зацентровка торців.

Як варіанти базування можна запропонувати два варіанти: заготовка встановлюється на призми і притискається двома прихватами (рис.6.2) та заготовка встановлюється на самоцентрувальні призми (рис.6.3).

Розглянемо перший варіант

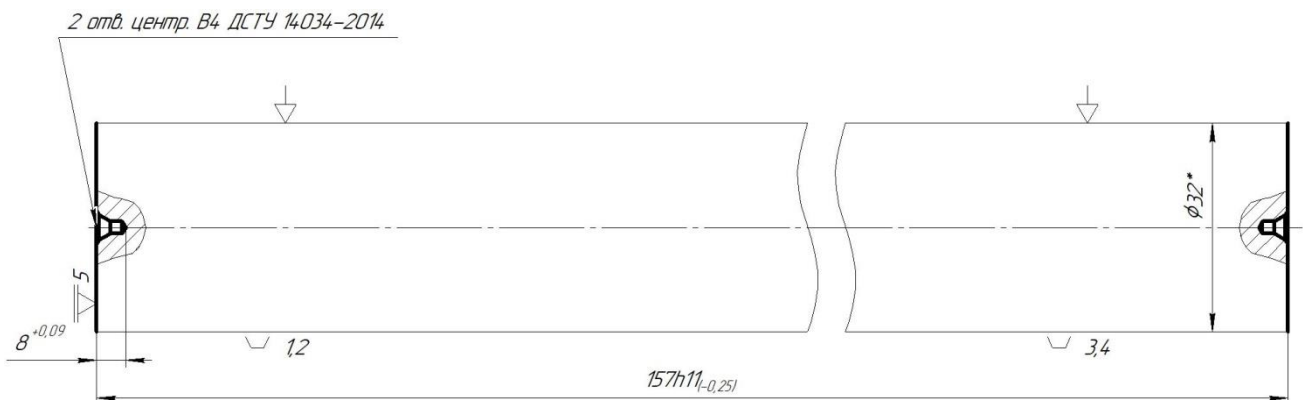


Рисунок 6.2 - Схема установки заготовки на призми з притиском прихватами

Похибки базування, на виконавчі розміри даної операції:

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

- лінійні розміри: для розміру  $L = 157 \text{ h}11 (-0,78)$  мм дорівнює нулю  $\varepsilon_6 = 0$  тому, що він виходять методом автоматичної настройки інструменту на розмір;

- для глибини центрових отворів дорівнює нулю  $\varepsilon_6 = 0$  тому вже оброблені торці вала є настроювальної базою;

- в радіальному напрямку - ексцентриситет розташування центрових отворів В4 [5]:

$$e = 0,5Td \frac{1}{\sin \alpha/2}, \quad (6.4)$$

де  $Td$  – допуск на діаметр установочної поверхні,

$$Td = es - ei = 0,4 + 1,4 = 1,8 \text{ мм};$$

$\alpha$  – кут призми,  $\alpha = 90^\circ$ .

Тоді

$$e = 0,5 \cdot 1,8 \frac{1}{\sin 45^\circ} = 1,18 \text{ мм}.$$

Розглянемо другий варіант

Заготовка встановлюється на самоцентрувальні призми. Дана схема базування (рис.6.2) реалізує такі ж бази як і в першому випадку. Похибки базування, на виконавчі розміри даної операції:

- лінійні розміри - така ж як і в першому випадку;

- в радіальному напрямку - ексцентриситет розташування центрових отворів В4 [5]  $e = 0$ , тому що призми самоцентрувальні.

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31



Виходячи з цього прийнявши до уваги вище наведені розрахунки доцільно застосувати другий варіант базування, тому що при такій схемі немає похибки ексцентриситету розташування центрових отвори.

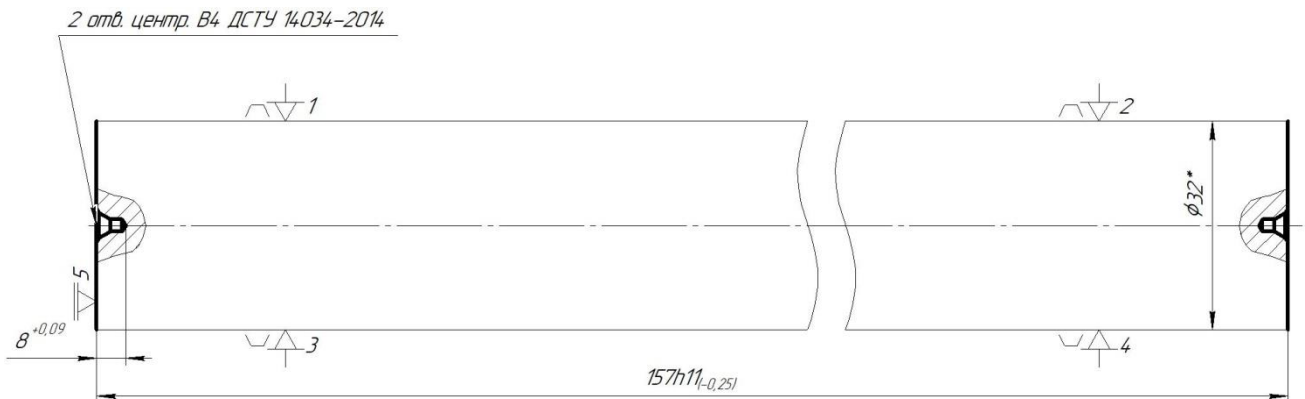


Рисунок 6.3 - Схема установки заготовки в самоцентрувальні призми

Операція вертикально-фрезерна з ЧПК.

На даній аналізованій операції обробляються шпонкові пази. Ширина пазу забезпечується інструментом, а положення його відносно торця базуванням, тому необхідно поррахувати похибку базування на дану операцію за двома варіантами (рис. 6.4, 6.5).

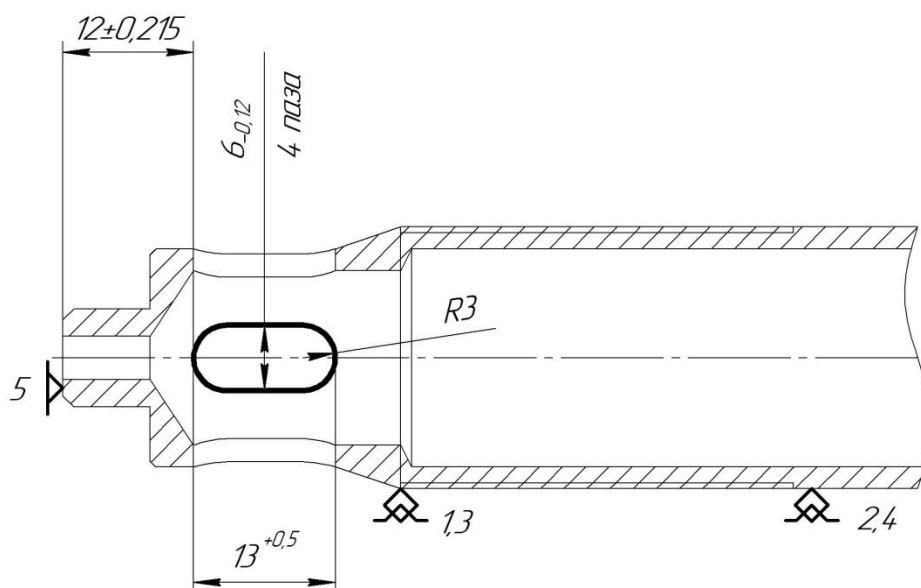


Рисунок 6.4 – Схема базування варіант 1

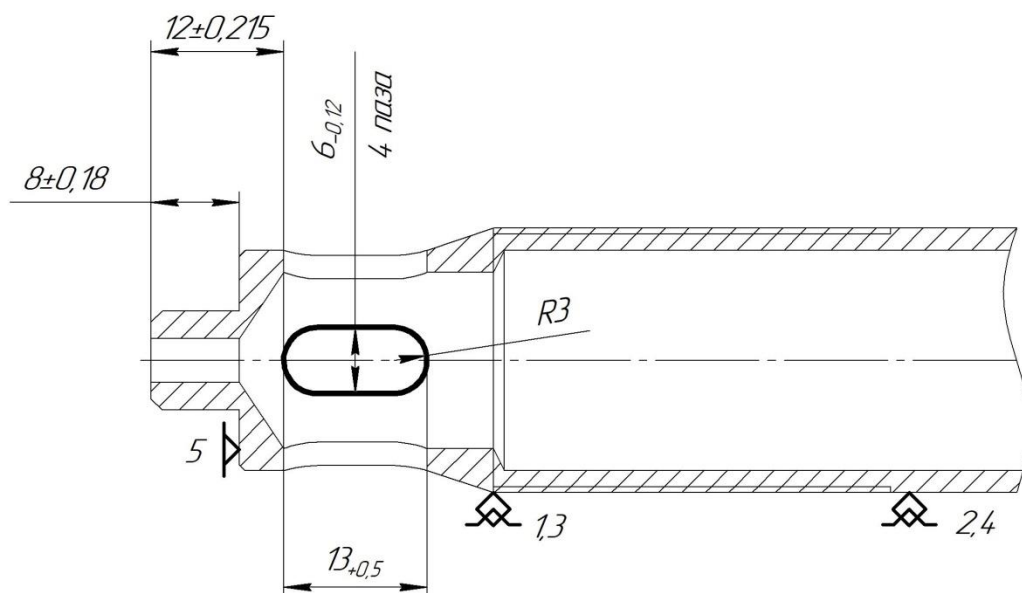


Рисунок 6.5 – Схема базування варіант 2

У даному випадку точність лінійних розмірів визначається похибкою базування тому розглянемо похибку на найбільш точний лінійний розмір 13 мм:

- за варіантом 1:  $\varepsilon_{0,13} = 0,43 < T_{13} = 0,5$  мм, - браку не виникатиме;
- за варіантом 2:  $\varepsilon_{0,13} = 0,43 + 0,36 = 0,79 > T_{13} = 0,5$  мм, - брак може виникати.

Отже приймаємо варіант базування 1 з упором в лівий торець.

У даних варіантах:

- 0,43 мм та 0,36 мм – похибка на довжину деталі;
- 0,5 мм – допуск на розмір 13 мм.

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Металорізальний верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

#### Фрезерно-центрувальна операція

Так як тип виробництва дрібносерійний, деталь типу тіла обертання з точністю оброблених поверхонь на даній операції не більше IT12, якістю Ra не більше 3,2 мкм, методи обробки поверхонь - фрезерування і свердління, для

						ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			33

обробки необхідно чотири ріжучих інструменту - тому приймаємо фрезерно-центрувальний напівавтомат моделі MP-75M [8].

Дане обладнання було вибрано з урахуванням наступних показників:

- габарити робочого простору: дане обладнання дозволяє обробляти заготовки діаметром - до 150 мм, і довжиною - до 2500 мм, що дозволить встановити заготовку, найбільший хід головки фрези - 250 мм, що дозволить обробити торцеві поверхні заготовки вала;

- встановлену кількість інструментів: верстат дозволяє встановити дві торцеві фрези і два центрових свердла, чого необхідно і достатньо для здійснення обробки з одного установа і однієї позиції всіх поверхонь.

Технічна характеристика верстата:

а) діаметр оброблюваної заготовки, мм - 25-150

б) довжина оброблюваної заготовки, мм - 100-2000

в) число швидкостей фрезерних шпинделів - 6

г) частота обертання фрезерних шпинделів, об / хв. - 125-725

д) найбільший хід фрезерної головки, мм - 250

е) робочі подачі фрезерної головки з б / с регулюванням, мм / хв - 20-400

ж) кінець фрезерного шпинделя ISO 50

л) потужність всіх електродвигунів, кВт - 30

м) габаритні розміри верстата, мм - 4000 × 1700.

Для операції фрезерної з ЧПК пропонуємо використовувати металорізальний верстат моделі FADAL 2216FX.

Верстати типу FADAL 2216FX призначені для ведення чорнової та чистової обробки плоских циліндричних, кільцевих поверхонь торцевими, кінцевими та спеціальними фрезами, а також свердління отворів та нарізання різей мітчиками.

Технічна характеристика верстата:

Розміри робочої поверхні столу, мм 850x650;

Виліт шпинделя, мм 100

Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу, мм 800

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Найбільша маса оброблюваного виробу, кг 500

Найбільше переміщення столу:

- Поздовжнє, мм 680

- Поперечне, мм 540

Частота обертання шпинделя (безступінчасте через 1), об / хв 1 - 8000

Подача:

- Шпинделя, мм / хв 1 - 4000

- Стола, мм / хв 1 - 4000

Дискретність відліку координат по осях, мм 0,001

Точність установки координат, мм 0,001

Число Т-подібних пазів 5

Ширина паза, мм 18

Конус шпинделя ISO40

Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт 8,5

Габаритні розміри, мм 2270x2100x2310

Маса, кг 3300.

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Вибір оснащення та інструментів на фрезерно-центрувальну операцію.

Оскільки оброблювана заготовка виготовлена зі сталі 45, то в якості матеріалу для ріжучої частини приймемо твердий сплав для фрез і швидкорізальної сталі для осьового інструменту, які за більшістю критеріїв підходить і для обробки цього матеріалу.

Для фрезерування торців вала:

- дві фрези торцеві з механічним кріпленням багатогранних пластин з твердого сплаву Т15К6, з числом зубів  $z = 8$  і  $\text{Ø}100$  2110-0315;

- для установки фрез в шпиндель верстата - необхідно дві оправки для насадних торцевих фрез 6222-0138 по ДСТУ 26538-2005;

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

- для свердління центрових отворів - два свердла центровочних комбінованих з швидкорізальної сталі Р6М5 Ø4 2117-0172 по ДСТУ 14952-2015;

- для установки в верстат свердел - необхідно два патрона цангових 191-113-050 по ДСТУ 25557-2012.

Вибір контрольно-вимірювального інструмента

Для дрібносерійного виробництва характерне застосування універсальних вимірювальних інструментів [12]. На даній операції необхідно перевірити шорсткість оброблених поверхонь згідно ескізу, перевірити лінійні і діаметральні розміри. Для контролю цих параметрів вибираємо такі контрольно-вимірювальні інструменти:

- штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ДСТУ 166-2009;

- шаблон спеціальний для контролю отворів.

Вибір оснащення та інструментів на вертикально-фрезерну з ЧПК операцію.

Для установки і закріплення деталі на операції доцільно буде використати спеціальний пристрій, у вигляді патрону, що дозволить підвищити доступність до поверхонь та режими різання.

У якості різального інструменту приймаємо фреза кінцева Ø6 0823-1287 ДСТУ 17026-2011 з твердого сплаву ВК8, що для сучасного верстата допоможе збільшити швидкість різання і продуктивність, що в кінцевому результаті вийде дешевше.

Для контролю ширини і розташування пазів приймається штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ДСТУ 166-2009. Контроль шорсткості поверхонь можна виконати за допомогою зразків шорсткості згідно з ДСТУ 9378-93.

## 6.5 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання виконуємо на фрезерно-центрувальну операцію для одного - першого переходу розрахунково-аналітичним методом, а для другого переходу - табличним методом.

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Перехід 1 - фрезерування торців вала (рис. 6.2) Ø32 мм з глибиною різання  $t = 2,5$  мм. Ширина фрезерування буде дорівнює діаметру заготовки

$$B = 32 \text{ мм.}$$

Вибираємо подачу на зуб фрези по [5]:  $S_z = 0,1$  мм / зуб.

Розраховуємо швидкість різання за емпіричною формулою згідно [5], м / хв:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_v, \quad (6.2)$$

де  $T$  - середнє значення періоду стійкості інструменту, хв; згідно [5]:

$$T = 240 \text{ хв.}$$

Коефіцієнти для даної формули рівні згідно [5]:  $C_v = 332$ ,  $q = 0,2$ ,  $x = 0,1$ ,  $y = 0,4$ ,  $u = 0,2$ ,  $p = 0$ ,  $m = 0,2$ .

$K_v$  - загальний поправочний коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою:

$$K_v = K_{Mv} K_{Iv} K_{IV}, \quad (6.3)$$

де  $K_{mv}$  - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу і визначається за формулою згідно [5]:

$$K_{Mv} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v}, \quad (6.4)$$

де  $\sigma_b = 580$  МПа - межа міцності оброблюваного матеріалу, сталь 45;

$K_\Gamma$  - характеризує групу стали по оброблюваності,  $K_\Gamma = 0,95$ , сталь хромиста;

$n_v$  - показник ступеня,  $n_v = 1$ .

Отже:

$$K_{Mv} = 0,95 \cdot \left( \frac{750}{580} \right)^{1,0} = 1,27;$$

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$K_{пв}$  - враховує стан поверхні заготовки,  $K_{пв} = 0,9$ , прокат з коркою [5];

$K_{ив}$  - враховує матеріал інструменту,  $K_{ив} = 0,8$ , Т15К6 [5].

Таким чином:

$$K_v = 1,27 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,05.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{310 \cdot 100^{0,2}}{212^{0,2} \cdot 2,5^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 98^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 1,05 = 128 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об / хв:

$$n_{\delta} = \frac{1000V}{\pi D}. \quad (6.4)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 128}{\pi \cdot 100} = 582 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя, тобто приймаємо:  $n = 550$  об / хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання, м / хв:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}. \quad (6.5)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 550}{1000} = 116 \text{ м/хв.}$$

Визначимо хвилинну подачу по формулі, мм / хв:

$$S_M = S_z n. \quad (6.6)$$

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$S_M = 0,1 \cdot 10 \cdot 580 = 580 \text{ мм/хв.}$$

Розрахуємо силу різання. Основною складовою сили різання є тангенціальна складова, значення якої знаходимо за формулою згідно [5]:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{IP} \cdot \quad (6.7)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються згідно [5]:  $C_p = 425$ ,  $x = 1,1$ ;  $y = 0,75$ ;  $u = 1,1$ ;  $q = 1,3$ ;  $w = 0,2$ .

Поправочний коефіцієнт  $K_{MP}$  враховує вплив якості оброблюваного матеріалу визначаємо за формулою [5]:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (6.8)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{580}{750} \right)^{0,75} = 0,78$$

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = \frac{10 \cdot 425 \cdot 2,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 100^{1,1} \cdot 10}{100^{1,3} \cdot 580^{0,2}} \cdot 0,78 = 2375 \text{ Н.}$$

Визначаємо крутний момент на шпинделі за формулою [5], Нм:

$$M_{\text{эд}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} \cdot \quad (6.9)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{2375 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 1189 \text{ Н·м.}$$

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Основний час роботи верстата на переході визначаємо за формулою, хв:

$$T_i = \frac{L}{S_i} i, \quad (6.10)$$

де  $L$  - довжина шляху інструменту, що враховує довжину врізання;

$S_m$  - хвилинна подача, мм / хв;

$i$  - кількість проходів.

Тоді:

$$T_{o.фр} = \frac{32 + 100}{580} \cdot 1 = 0,27 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання наведені в таблиці.

Таблиця 6.1 - Режими обробки на переході операції фрезерно-центрувальна

Номер і текст переходу	Параметр режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв
	t, мм	S, мм/хв	n, об/хв	V, м/хв	i		
1 Фрезерувати торці	2,5	580	580	116	1	132	0,27
2 Центрувати торці	2	20	500	21,2	1	8	0,38

Операція вертикально-фрезерна з ЧПК.

Вихідні дані: на вертикально-фрезерному верстаті проводиться фрезерування пазів шириною 6 мм.

Розрахунок режимів різання при фрезеруванні паза аналітичним методом.

Глибина різання  $t = 1$  мм.

Ширина фрезерування  $B = 6$  мм.

Подача при фрезеруванні:

$S_z = 0,02$  мм/зуб – таблична подача на зуб при чорновій стадії обробки, що залежить від групи матеріалу, діаметра фрези і глибини різання [4];

Оборотна подача:

$$S_o = S_z \cdot z, \quad (6.12)$$

Отже,

$$S_0 = 0,02 \cdot 4 = 0,08 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання при фрезеруванні:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V, \quad (6.13)$$

Обираємо коефіцієнти швидкості різання за рекомендаціями і вказівками [5]:

$$C_V = 95; q = 0,2; y = 0,3; x = 0,06; u = 0,3; p = 0,1; m = 0,27; T = 180 \text{ хв};$$

$K_V$  – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки, що за формулою 6.4, аналогічний як і на фрезерно центрувальній операції.

$$K_V = 1,16 \cdot 1 \cdot 1 = 1,16.$$

Визначаємо швидкість різання за формулою 6.13:

$$V = \frac{95 \cdot 6^{0,2}}{180^{0,27} \cdot 1^{0,06} \cdot 0,02^{0,3} \cdot 6^{0,3} \cdot 4^{0,1}} \cdot 1,16 = 53,8 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя для забезпечення допустимої швидкості різання за формулою 6.9:

$$n = \frac{1000 \cdot 53,8}{3,14 \cdot 6} = 3520 \text{ об/хв.}$$

Подачу  $S = 0,08$  мм/об і частоту обертання шпинделя  $n = 3520$  об/хв не округляем до паспортних даних.

Визначаємо силу різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (6.15)$$

Обираємо коефіцієнти сили різання за рекомендаціями і вказівками [5]:

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$C_p = 102; q = 0,86; y = 0,6; x = 0,75; u = 1; w = 0,1;$$

Визначаємо силу різання за формулою 6.15:

$$P_z = \frac{10 \cdot 102 \cdot 1^{0,75} \cdot 0,02^{0,6} \cdot 6^{1,4}}{6^{0,86} \cdot 3520^{0,1}} \cdot 1,1 = 312 \text{ Н.}$$

Визначаємо основний час  $T_o$  за формулою 6.7:

$$T_o = \frac{13 \cdot 4}{3520 \cdot 0,08} = 0,85 \text{ хв.}$$

Довжина робочого ходу інструмента:  $L = 13 \text{ мм.}$

Таблиця 6.2 - Режими різання на переходи операції

Номер і текст переходу	Параметр режимів обробки					L, мм	T <sub>o</sub> , хв
	t, мм	S, мм/зуб	n, об/хв	V, м/хв	i		
Фрезерувати 4 пази 6 мм	1	0,02	3520	53,8	4	13	3,4

### 6.6. Технічне нормування операції

Технічне нормування операцій здійснюємо по вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу [7].

Визначаємо допоміжний час, для операції, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (6.16)$$

де  $T_{уст} = 1,5 \text{ хв}$  - час на установку і зняття заготовки [5];

$T_{уп} = 1,2$  - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 0,7 \text{ хв}$  - час на вимірювання [5].

$$T_d = 1,5 + 1,2 + 0,7 = 3,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \quad (6.17)$$

$$T_{оп} = 0,63 + 3,4 = 4,03 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{доп} = T_{оп} 4\% = 4,03 \cdot 0,04 = 0,16 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{в}. \quad (6.18)$$

$$T_{шт} = 4,03 + 0,16 = 4,19 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{пз}/N, \quad (6.19)$$

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

$N = 94$  шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 4,19 + 30/94 = 4,47 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, для операції вертикально-фрезерна з ЧПК, за формулою:

де  $T_{уст} = 1,1$  хв - час на установку і зняття заготовки (на один установ) [5];

$T_{уп} = 1,8$  - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 1,5$  хв - час на вимірювання [5].

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

$$T_d = 1,1 + 1,8 + 1,5 = 4,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = 3,4 + 4,4 = 7,8 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{доп} = T_{оп} \cdot 4\% = 7,8 \cdot 0,04 = 0,29 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = 7,8 + 0,29 = 8,09 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

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

$N = 94$  шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 8,09 + 30/94 = 8,34 \text{ хв.}$$

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

## 7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Проектування верстатного пристрою на фрезерно-центрувальну операцію.

В даний час заготовка обробляється на універсальному обладнанні в призмах з ручним зажимом прихватами. Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить знизити трудомісткість, підвищити якість параметрів операції. Ескіз на дану операцію наведений у попередньому пункті (рис. 6.2).

Точність розмірів оброблюваних поверхонь.

Довжина  $157\ h11(-0,78)$  – лінійний розмір, що повинен бути оброблений з точністю IT11,  $T = 780$  мкм. Відхилення на нього задано конструктором у відповідності зі стандартом, так як на даного роду розмірів відхилення задаються у тіло деталі, тому усе вірно.

Точність форми оброблюваних поверхонь

На кресленні не позначені допуски форми, тому приймаємо їх рівними 60% від допуску на розмір, який зумовлює цю поверхню.

Відхилення від площинності торців вала приймаємо в межах допуску на розмір 157, і він становить 60% від поля допуску

$T_{-, \square} = 0,6 \cdot 780 = 421$  мкм згідно [10] допуск дорівнює 0,421 мм.

По таблиці [10] визначаємо відносну геометричну точність. Для 14 квалітету - 15 ступінь точності.

Порівнюємо отримане значення відхилення від площинності з табличним значенням по [10]. Табличне значення дорівнює 0,4 мм.

Точність розташування оброблюваних поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір.

Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, має значення 3,2 мкм за критерієм Ra, що регламентує шорсткість на кожну з поверхонь.

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Уточнимо точності параметри поверхонь, що можуть бути базовими.

Точність розмірів базових поверхонь.

Номинальний діаметр проката  $\varnothing 32(+0,4;-1,7)$  – зовнішня циліндрична поверхня, що відповідає точності IT16,  $\varnothing 32^{+0,4}_{-1,7}$ ,  $T\varnothing 32 = 2100$  мкм.

Точність форми базових поверхонь.

Відхилення циліндричних поверхонь  $\varnothing 32$  характеризуються відхиленням від циліндричності і круглості. Оскільки циліндричність і круглість не обумовлені, приймаємо допуск на них в межах 30% від допуску на діаметри, тобто допуск циліндричності і круглості для розміру  $\varnothing 32$  становить 0,61 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення від циліндричності і круглості для розміру  $\varnothing 32$  становить  $T = 0,6$  мм, що відповідає 12 ступеню точності [10].

Точність розташування базових поверхонь.

На кресленні не позначені допуски розташування, тому приймаємо їх рівними 0,6 допуску на розмір, тобто допуск радіального биття для розміру  $\varnothing 32$  становить 0,82 мм. Скорегувавши за довідником отримаємо, що відхилення по радіальному биттю для розміру  $\varnothing 32$  становить  $T = 0,8$  мм, що відповідає 15 ступеню точності [10].

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні заготовки (проката) та відповідає за критерієм Ra 50 мкм, що є достатнім досягнення необхідної точності на даній операції.

У проектуваному пристосуванні планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме такими або в межах  $\pm 50$  мм розмірів з вказаними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристосування повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Складання переліку реалізованих функцій

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

3. Базування пристосування на верстаті.
4. Закріплення пристосування на верстаті.
5. Підведення і відведення енергоносія.
6. Освіта вихідної сили для закріплення.
7. Управління енергоносієм.
8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).
9. Обробка поверхонь згідно ескізу.
10. Створення безпечних умов праці.

Розробка та обґрунтування схеми базування виконано у розділі 6.2.

Остаточний аналіз структури зв'язків зробимо, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків, використовуючи систему координат на рис. 7.1.

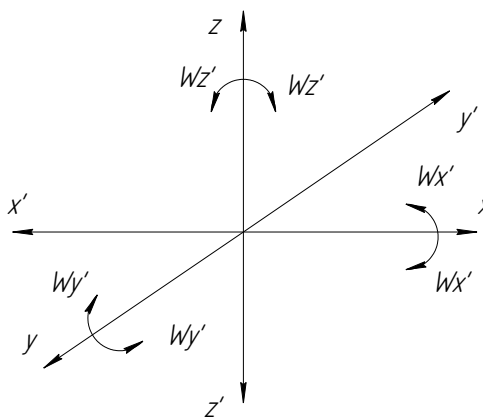


Рисунок 7.1 - Система координат

Таблиця 7.1 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		X	X'	Y	Y'	Z	Z'	$\omega_x$	$\omega_x'$	$\omega_y$	$\omega_y'$	$\omega_z$	$\omega_z'$
Спосіб реалізації	Реакція	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R	R	R

З таблиці 7.1 видно, що на заготовку накладено 10 односторонніх зв'язків, причому усі повні, що обумовлено відсутністю зазору між деталлю і пристроєм.



Щоб система стала врівноваженою під час обробки, необхідно позбавити заготовку можливості переміщатися по координаті Z.

Побудова функціональної структури і загальної компоновки пристрою.

З набору функцій, наведених у п.5, виділимо ті, які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. 3,4 Функції впливають на підготовчо-заключний час; 9 функція прямого впливу на штучний час не робить.

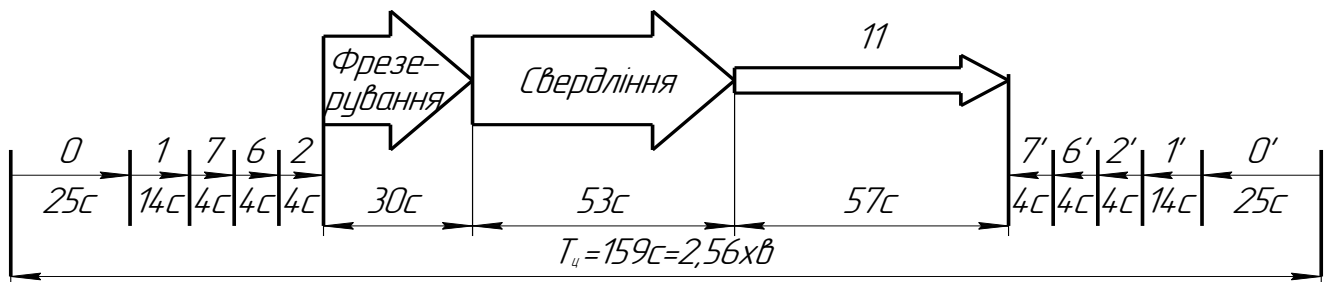


Рисунок 7.2 - Схема послідовної реалізації функцій

Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації (рис. 7.2).

Функціональна структура пристосування представлена на рис. 7.4.

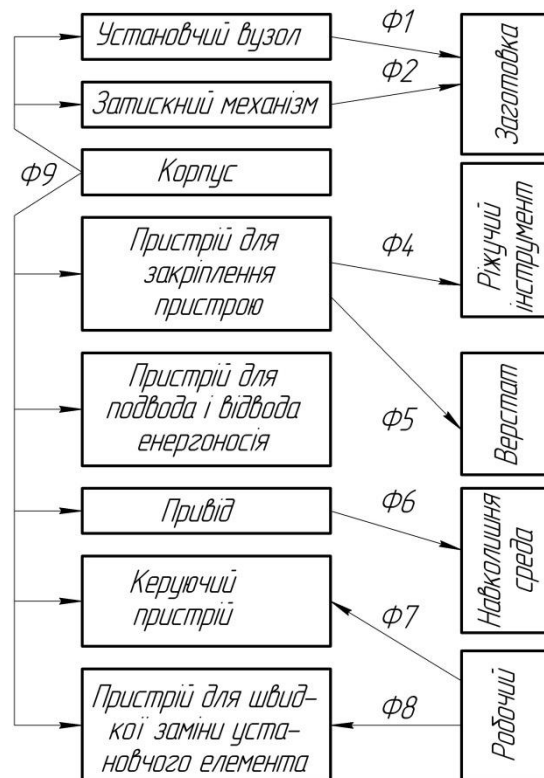


Рисунок 7.3 - Функціональна структура пристрою

Розробка і обґрунтування схеми закріплення. Аналіз взаємодії силових полів з позицій врівноваженості системи: ріжучий інструмент - заготовка - пристрій – верстат.

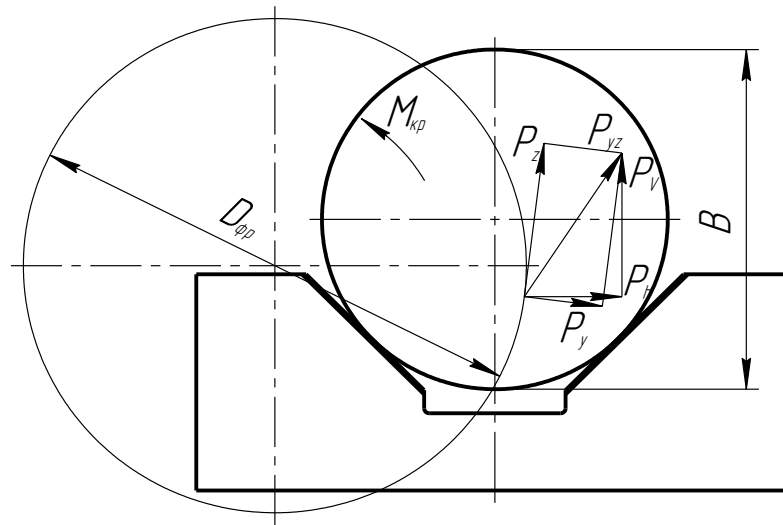


Рисунок 7.4 – Структура поля збурюючих сил

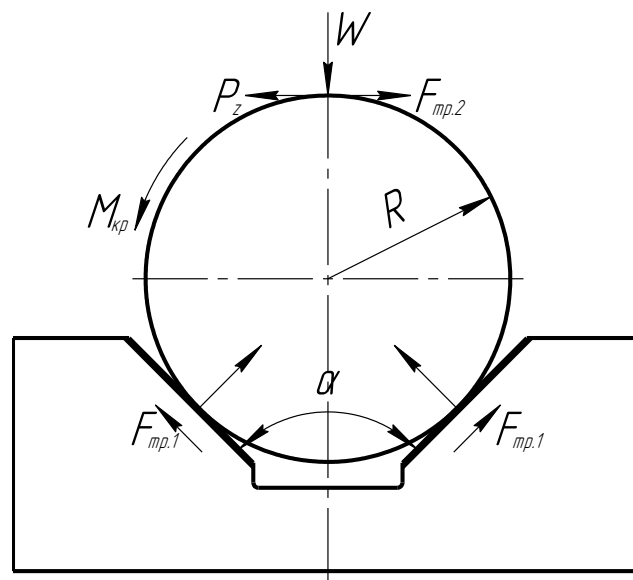
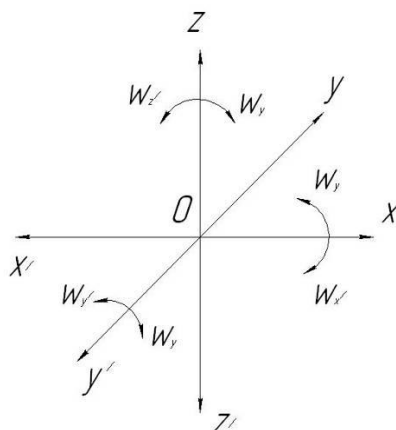


Рисунок 7.5 – Структура поля зрівноважувальних сил

Силкові потоки, що виникають при обробці, створюють напруження згину на всій довжині вала.

Однак достатня маса заготовки і висока її характеристика жорсткості, за рахунок застосування настановних елементів гасять ці напруги і не викликають

деформацій, які деформують заготовку. В таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів.



Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спосіб Реаліза- ції	Реакція			R	R		R			R	R	R	R
	Сила закріплення					W							
	Сила тертя	F(W)	F(W)					F(W)	F(W)				

### Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо коефіцієнт запасу за формулою з [12]:

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

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

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

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

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні ( $k_3 = 1$ );

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

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

$k_6$  - коефіцієнт враховує моменти, що прагнуть повернути заготовку;

За формулою 7.1:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,324$$

Режими різання розраховані у пункті 6.5, сила різання складає 1287 Н.

Складемо рівняння моментів сил і визначимо силу закріплення  $W$ .

$$W = \frac{KP_z}{f_2 + \frac{f_1}{\sin \alpha/2}} \quad (7.2)$$

Коефіцієнт тертя згідно [12] :  $f_1 = 0,25$ ;

$f_2$  – коефіцієнт тертя між заготовкою і зажимними механізмами,  $f_2 = 0,7$ .

$$W = \frac{3,324 \cdot 1287}{0,7 + \frac{0,25}{\sin 45^\circ}} = 4579 \text{ Н.}$$

Згідно силі закріплення 4579 Н, визначимо силу, що виникає на штоку пневмоциліндра за формулою:

$$Q = \frac{W}{1,5} = \frac{4579}{1,5} = 3187 \text{ Н}$$

Так як деталь досить довга, тому раціонально застосувати два пневмоциліндри, що будуть безпосередньо діяти на шийки деталі.

Іншим способом силу на штоку пневмоциліндра визначаємо за формулою:

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \eta$$

Тоді площа поршня дорівнюватиме:  $D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}}$

де  $D$  - діаметр поршня;

$P = 0,4$  МПа – тиск у мережі;

$\eta = 0,8$  - КПД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3187}{\pi \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,075 = 75 \text{ мм.}$$

Вибираємо діаметр найближчого більшого стандартного поршня:  $D=80$  мм.

Робимо перерахунок сили, що виникає на штоку та сили закріплення.

Сила, що виникає на штоку:

$$Q = \frac{\pi \cdot (80 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 3241 \text{ Н.}$$

Сила закріплення:

$$W = 1,5 \cdot Q = 1,5 \cdot 3241 = 4723 \text{ Н.}$$

Точнісні розрахунки пристрою.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків обробляє деталі. При обробці заданої деталі на операції до розрахунковим параметрам слід віднести жорсткий допуск на кресленні  $157_{-0,78}$  мм.

Деталь базується на даній операції по поверхні  $\varnothing 32$  тобто можна говорити про те що технологічна та вимірювальна бази збігаються.

Визначимо допустиму похибку на паралельність за формулою [14]:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (7.7)$$

										Лист
										54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТМЗ 20320088-00 ПЗ					

де  $T$  - допуск розміру  $T_{157} = 0,78 \text{ мм} = 780 \text{ мкм}$ ;

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує можливе відступ від нормального розподілу окремих складових, приймаємо  $K_T = 1,2$ ;

$K_{T1}$  - коефіцієнт, який враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, що приймається до уваги, коли похибки базування не дорівнюють нулю, в даному випадку  $K_{T1} = 0,85$ ;

$\varepsilon_{\delta}$  - похибка базування заготовки,  $\varepsilon_{\delta} = 0,25 \text{ мм} = 250 \text{ мкм}$  (визначена раніше).

$\varepsilon_z$  - похибка закріплення заготовки, тому привід механізований і похибка закріплення буде постійною, то враховуємо її один раз при налаштуванні верстата, приймаємо  $= 0$ ;

$\varepsilon_y$  - похибка установки пристрою на верстаті, враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстата (шпонками). Але величина зазору на похибку отримуваних розмірів не впливає, так як вони вимірюються в різних напрямках.

$\varepsilon_n$  - похибка перекосу інструменту. Обробка вестиметься фрезами, що не мають перекосу. Тобто похибка перекосу  $= 0$ .

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

$K_{T2}$  - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [14]  $K_{T2} = 0,6$ ;

$w$  - середня економічна точність обробки, по [14] при фрезеруванні площин середня економічна точність - 11 квалітет. Отже в розрахунках приймаємо допуск по 11-му квалітету тобто  $w = 150 \text{ мкм}$ ;

$\varepsilon_{noz}$  - похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата МР-75  $= 5 \text{ мкм}$ .

Виконуємо розрахунок допустимої похибки пристосування, яку не можна перевищити при виготовленні його деталей і їх складанні.

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$\varepsilon_{np} = 780 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 250^2 + 0^2 + 200^2 + (0,6 \cdot 150)^2 + 5^2} = 81 \text{ мкм}$$

За [11] приймаємо допуск площинності настановних елементів пристосування  $T=80$  мкм

Отже, на кресленні пристосування проставляємо допуск площинності настановних елементів рівний 0,08 мм.

Специфікація на верстатний пристрій наведена в додатку В.

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

## ВИСНОВОК

В даній роботі був виконаний аналіз службового призначення насоса, вузла та деталі «Шток». Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі. При аналізі технічних вимог описані властивості сталі 45, а також були проаналізовані вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам.

Визначено тип виробництва - дрібносерійний та надані організаційні умови роботи.

Зроблений вибір методу отримання заготовки – прокат, як найбільш економічно вигідний в даних виробничих умовах.

Проведений аналіз технологічних операцій та запропоновано прогресивний технологічний процес. Для аналізу було взято операції фрезерно-центрувальна та вертикально-фрезерна із ЧПК. У порівнянні з базовим технологічним процесом вертикально-фрезерна операція здійснюється на верстаті з ЧПК, а замість торцювання і подальшого центрування отворів на універсальному токарному верстаті, що може давати відхилення від співвісності застосовано напівавтомат фрезерно-центрувальний.

Для аналізованих операцій були вибрані необхідні ріжучі та вимірювальні інструменти.

У розділі «Охорона праці» були розглянуті питання небезпечних зон устаткування, а також класифікація та призначення засобів захисту.

Також виконано комплект карт КТП і креслення маршрутного технологічного процесу на обрані операції та карта налагодження і верстатний пристрій на вертикально-фрезерну з ЧПК операцію.

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ТМЗ 20320088-00 ПЗ



## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бойко, Ю. І. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.

2. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.

3. Мазур, М. П. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.

4. Петров, О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.

5. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.

6. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102с.

7. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 156 с.

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

8. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення важелів та вилок : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ , 2013. – 56 с.

9. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення валів : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 198 с.

10. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 148 с.

11. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення зубчастих коліс : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» / укладачі : Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 136 с.

12. Паливода, Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

13. Приходько, В. П. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. П. Приходько ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с.

14. Паливода Ю. Є. Розмірні ланцюги : навчально-методичний посібник / укладачі : Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.

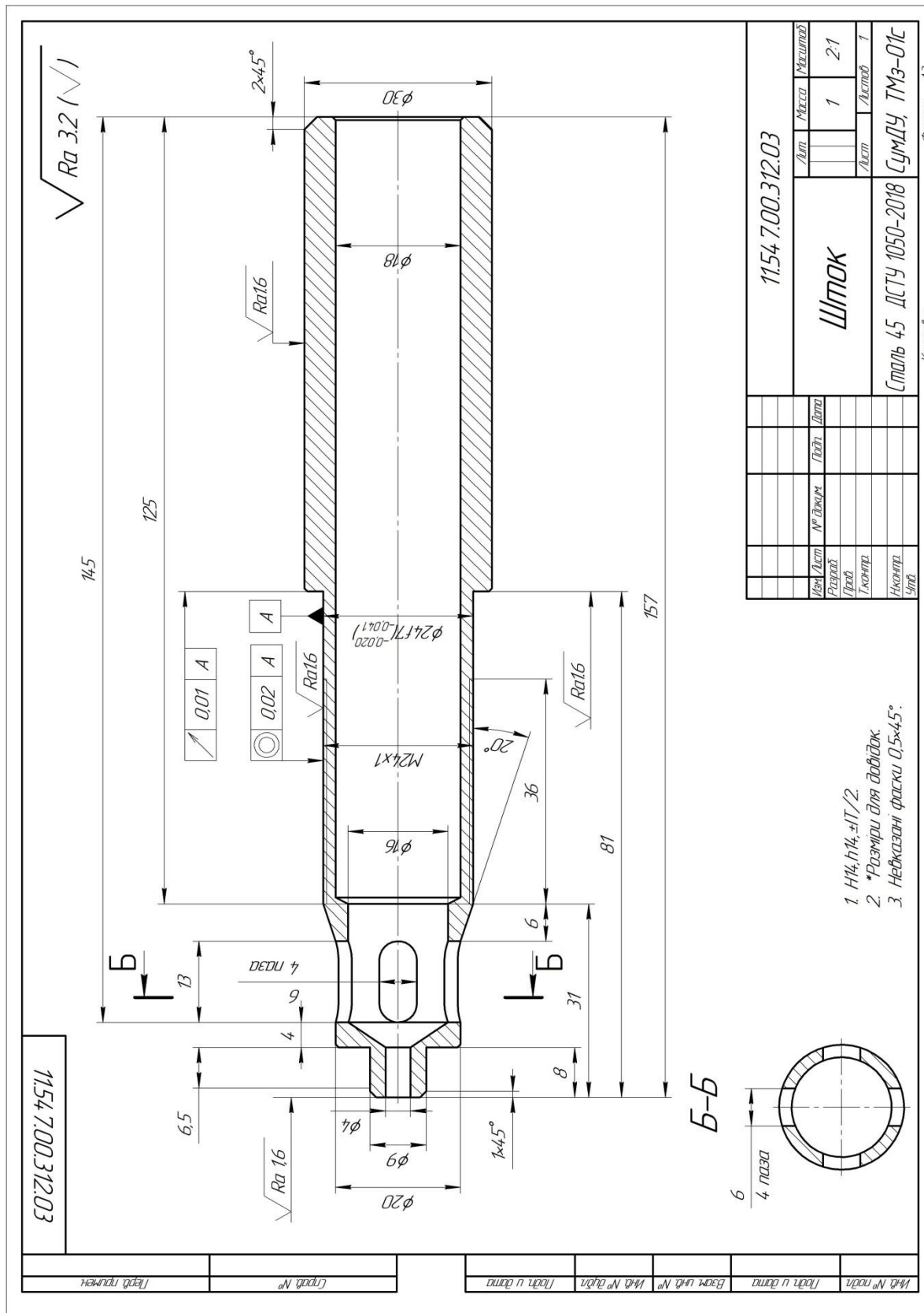
15. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних

апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.

16. 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.

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

**ДОДАТОК А**  
**КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ**



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМЗ 20320088-00 ПЗ

Лист

61

## ДОДАТОК Б

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

#### РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Программа - 'prip' ver.7.1

СумГУ. Вычислительный центр факультета ТЕСЕТ

11.05.2024

Расчет выполнен для Музалевський Ф. группа - ТМз-01с

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

обрабатываемая поверхность - наружная цилиндрическая  $\phi$  25 0  
-0.022

Наименование перехода или операции маршрута обработки поверхности	Обозначение точности	Пределные отклонения, мм	Элементы припуска, мкм				
			шероховатость Rz (i-1)	дефект слой h (i-1)	простр отклон p (i-1)	погрешность базир ЕБ (i)	загр. Ез (i)
Поковка ковкой	ГОСТ 7062-90	+0.400 -1.700	-	-	-	-	-
Chernovay	квалитет 14 0 -0.870	0 -0.870	250	1000	2119	500	500
Polychistovay	квалитет 11 0 -0.220	0 -0.220	125	240	127	200	100
Chistovay	квалитет 8 0 -0.054	0 -0.054	20	125	105	0	0
Shlifovanie	квалитет 6 0 -0.022	0 -0.022	10	25	25	0	0

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА :

Расчетные значения			Принятые значения, мм							
припуск, мкм		расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм			
мини	расч.				мини-мальный	макси-мальный	миним	расч.	макс.	
-	-	27.84	30	30	+0.400 -1.700	28.3	30.4	-	-	-
968	1968	26.925	27	27	0 -0.870	27.13	27	1400	1340	1430
145	1875	25.62	25.7	25.7	0 -0.220	26.48	26.7	270	900	1055
150	855	25.16	25.2	25.2	0 -0.054	25.857	25.957	145	170	373
106	655	25	25	25	0 -0.022	24.978	25.0	106	128	182

К О Н Е Ц   Р А С Ч Е Т А

					ТМЗ 20320088-00 ПЗ	Лист 62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**ДОДАТОК В**  
**СПЕЦИФІКАЦІЯ ДО ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ**

Перев. примеч.	Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
					<i>Документация</i>		
Справ. №	A1			<i>ТМЗ 20320088-07-00.00. СБ</i>	<i>Складальне креслення</i>		
					<i>Сборочные единицы</i>		
	Б/Ч	1		<i>ТМЗ 20320088-07-01.00</i>	<i>Пневмоприхват</i>	2	
Полн. и дата					<i>Детали</i>		
	Б/Ч	2		<i>ТМЗ 20320088-07-00.02</i>	<i>Кутник</i>	2	
	Б/Ч	3		<i>ТМЗ 20320088-07-00.03</i>	<i>Основа</i>	1	
	Б/Ч	4		<i>ТМЗ 20320088-07-00.04</i>	<i>Кільце</i>	2	
	Б/Ч	5		<i>ТМЗ 20320088-07-00.05</i>	<i>Хомутик</i>	8	
	Б/Ч	6		<i>ТМЗ 20320088-07-00.06</i>	<i>Штуцер</i>	1	
	Б/Ч	7		<i>ТМЗ 20320088-07-00.07</i>	<i>Плита</i>	1	
					<i>Стандартные изделия</i>		
	Б/Ч	8			<i>Шпанка 20 х 12 х 63 ГОСТ 23360-78</i>	2	
	Б/Ч	9			<i>Пневморозподільник 08-11 ДСТУ 18467-2015</i>	2	
	<b>ТМЗ 20320088-07-00.00.</b>						
Инв. № табл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разрад.	Музалевський				Лист	Лист
	Пров.	Нешта				1 2	
	Реценз.					СумДУ, гр.ТМЗ-01с	
	Нконтр.	Евтухов				Копіював	
	Чтв.	Іванов				Формат А4	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	кол	Примечание
Б/4		10		Гвинт М5х30 ДСТУ 1491-2010	1	
Б/4		11		Гайка М3 ДСТУ 5927-2010	8	
Б/4		12		Шайба 3 ДСТУ 11371-98	8	
Б/4		13		Гвинт М3х10 ДСТУ 1491-2010	8	
Б/4		14		Гвинт М16х80 ДСТУ 1491-2010	4	
Б/4		15		Призма 7033-0040 ДСТУ 12195-2016	2	
Б/4		16		Штифт 12х80 ДСТУ 3128-2010	4	
Б/4		17		Болт 7002-0771 ДСТУ 9048-2019	2	
Б/4		18		Рим-болт М16.19 ДСТУ 4751-2010	2	
				<i>Прочие изделия</i>		
Б/4		19		Рукав 6х12-10ТЧ38.105.1049-76	2	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № подл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТМЗ 20320088-07-00.00.	Лист
						2

Копировал

Формат А4

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ТМЗ 20320088-00 ПЗ

Лист

64

## ДОДАТОК Г

### 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 проектними документами, правилами та інструкціями, виконання яких забезпечує безпечні умови праці і регламентує поведінку працюючого.

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
										65
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 проєктуванні 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
										66
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

- максимальне зниження небезпек і шкідливостей на робочих місцях, тобто високий рівень захисту;
- облік індивідуальних особливостей устаткування, інструменту, пристроїв або технологічних процесів;
- надійність, міцність, зручність обслуговування машин і механізмів в цілому, включаючи засоби захисту, врахування рекомендацій технічної естетики.

Захисні пристрої – засоби захисту, що перешкоджають попаданню людини в небезпечну зону. Захисні пристрої: стаціонарні (незнімні); рухомі (знімні), переносні. Застосовуються для ізоляції систем привода машин, зон обробки деталей, зон інтенсивного випромінювання, виділення шкідливих ечовин. Конструктивно вирішення цього питання залежить від різновиду устаткування, місця роботи працівника, специфіки шкідливих виробничих факторів, що супроводжують технологічний процес.

Стаціонарні огорожі демонтуються лише періодично (зміна робочого інструменту, мастило, перевірка контрольних вимірювань і т.д.). Вони виконуються так, що пропускають оброблювану деталь, але не пропускають руки робочого. Такі огорожі можуть бути повними, коли локалізується небезпечна зона разом із машиною, або частковою, коли ізолюється лише небезпечна частина машини. Прикладом повної огорожі є огорожі розподільчих пристроїв електрообладнання, вентиляторів, корпусу електродвигунів, насосів.

Рухома огорожа закриває доступ в робочу зону при настанні небезпечного моменту (особливо поширено у верстатобудуванні).

Переносні огорожі використовуються при ремонтних і налагоджувальних роботах для захисту від випадкових дотиків до струмопровідних частин, а також від механічних травм і опіків. Крім того, їх застосовують на постійних робочих місцях зварювачів.

Огорожі виконуються у вигляді зварних і литих кожухів, ґрат, сіток, щитків, екранів, вірьовок з прапорцями і т.д.

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
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Трубопроводи фарбують в наступні кольори: вода - зелений; пара - червоний; повітря - синій; горючі і негорючі гази - жовтий; кислоти - оранжевий; луж - фіолетовий, горючі рідини - коричневий; інші речовини - сірий.

Електричні дроти по приналежності виконують з ізоляцією наступних кольорів:

- чорний - для провідників в силових ланцюгах;
- червоний - для провідників в ланцюгах управління, вимірювання і сигналізації змінного струму;
- синій - для провідників в ланцюгах управління, вимірювання і сигналізації постійного струму;
- зелено-жовтий (двобарвний) - для провідників в ланцюгах заземлення;
- блакитний - для провідників, сполучених з нульовим дротом і не призначених для заземлення.

Знаки безпеки широко застосовуються практично у всіх сферах діяльності, на транспорті, наприклад:

- що забороняють (не включати - працюють люди; наскрізний проїзд заборонений);
- застережливі (стій - напруга; не влізай - уб'є; небезпечний поворот);
- що вирішують (працювати тут);
- вказівні (заземлено).

До засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) відносяться: ізолюючі костюми; засоби захисту органів дихання (респіратори, марлеві пов'язки, протигази і ін.); спецодяг (костюми, фуфайки, халати і ін.); спецвзуття (черевики, чоботи і ін.); засоби захисту голови (каски, шапки і ін.); засоби захисту особи, очей, органів слуху; захисні дерматичні засоби.

										Лист
										70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						