

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра комп'ютерної механіки імені Володимира Марцинковського

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

**Розробка технологічного процесу виготовлення подушки
гідроп'яти насоса ЦНСг 13-70**

Виконав: студент 4 курсу групи КМ–81-0

Малюта М.Ю.

Рівень підготовки: бакалавр

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

ОПП: Комп'ютерний інжиніринг в
механіці

Керівник: ст. викл. Стрелец В.В.

Рецензент: зав. кафедри Загорулько А.В.

Суми – 2022

Реферат

Записка: 100 стор., 15 рис., 22 табл., 16 додатків, 18 джерел.

Мета роботи: Розробити технологічний процес для виготовлення подушки гідроп'яти.

Об'єкт дослідження: Подушка гідроп'яти.

Предмет дослідження: Вертикально-свердлувальна, вертикально-фрезерна операції.

Методи дослідження: Зниження собівартості деталі та час її виготовлення з-за рахунок використання нового верстату, зменшення кількості операцій, зменшення кількості робітників, потрібних для праці.

Суперечність, що вирішується у роботі: Відсутність ефективного способу виготовлення подушки гідроп'яти та значна затрата коштів та часу на її виготовлення.

Гіпотеза: Аналіз кількості відмов інструменту дозволяє визначити доцільність тих чи інших конструктивних і технологічних заходів по підвищенню якості інструменту, а також прогнозувати їх ефективність.

Зміст

	с.
Вступ.....	8
1 Конструкційний аналіз.....	9
1.1 Короткий опис виробу.....	9
1.2 Короткий опис деталі.....	21
2 Технологічний аналіз.....	27
2.1 Визначення і характеристика заданого типу виробництва.....	27
2.2 Вибір і техніко-економічні підтвердження методу отримання заготовки.....	28
3 Розробка маршрутного технологічного процесу механічної обробки.....	33
3.1 Пропоновані методи забезпечення технічних вимог у процесі обробки.....	35
3.2 Аналіз базового технологічного процесу	38
3.3 Короткий опис запропонованого технологічного процесу по операціям.....	43
3.4 Вибір режимів різання та нормування операцій технологічного процесу.....	53
4 Проектування спеціального оснащення.....	58
4.1 Проектування ріжучого інструменту.....	58
4.2 Проектування верстатного пристрою.....	61
4.2.1 Аналіз схеми базування заготовки.....	63
4.2.2 Аналіз схеми закріплення заготовки.....	66
4.2.3 Вибір механізованого приводу. Розрахунок приводу.....	69
4.2.4 Розрахунок верстатного пристрою на точність.....	71
4.2.5 Будова та принцип дії верстатного пристрою.....	75
4.3 Проектування вимірювального інструменту.....	74
5 Дослідницька частина.....	76
6 Література.....	82
7 Графічна частина.....	84

Додаток А – Креслення «Подушка гідроп’яти».....	84
Додаток Б – Креслення «Заготовка-штампована».....	85
Додаток В – Креслення «Припуски та допуски».....	86
Додаток Г – Креслення «Маршрутний техпроцес».....	87
Додаток Д – Креслення «Маршрутна карта, перша сторінка».....	88
Додаток Е – Креслення «Маршрутна карта, друга сторінка».....	89
Додаток Є – Креслення «Маршрутна карта, третя сторінка».....	90
Додаток Ж – Креслення «Маршрутна карта, четверта сторінка».....	91
Додаток З – Креслення «Маршрутна карта, п’ята сторінка».....	92
Додаток И – Креслення «Верстатній пристрій».....	93
Додаток І – Креслення «Різець».....	94
Додаток Ї – Креслення «РТК свердлувальної операції».....	95
Додаток Й – Креслення «РТК токарної операції».....	96
Додаток К – Креслення «РТК фрезерної операції».....	97
Додаток Л – Креслення «Калібр-пробка не прохідна».....	98
Додаток М – Креслення «Калібр-пробка прохідна».....	99

Вступ

У сучасному машинобудуванні особливу роль відводять створенню та впровадженню нової техніки в усіх галузях, прискоренню науково-технічного прогресу країни.

У зв'язку з гнучким використанням та створенням виробничих комплексів механічної обробки різанням особливе значення набувають верстати з ЧПУ. Застосування верстатів з ЧПУ натомість універсального обладнання має суттєві особливості, і створює певну перевагу

- продуктивність верстата підвищується в 1,5 - 5 разів у порівнянні з аналогічними верстатами, але з ручним управлінням;

- поєднується гнучкість універсального обладнання з точністю і продуктивністю верстата-автомата, що і дозволяє вирішувати питання комплексної автоматизації одиничного і серійного виробництва;

- якісно переозброюється машинобудування на базі сучасної електроніки та обчислювальної техніки,

- знижується потреба у кваліфікованих робочих кадрах, а підготовка виробництва переноситься в сферу інженерної праці;

- скорочується час пригоночних робіт у процесі складання, тому що деталі, виготовлені за однією програмою, є взаємозамінними;

- скорочуються терміни підготовки і переходу на виготовлення нових деталей, завдяки централізованому запису програм і простішій універсальній технологічній оснастці,

- знижується тривалість циклу виготовлення деталей та зменшується запас незавершеного виробництва;

Темою проекту є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі.

На базі заводського технологічного процесу з типом виробництва складається технологічний процес з використанням високопродуктивного обладнання, кількість основних і допоміжних виробничих робіт, фахівців і керівників, а так само розраховується собівартість виготовлення деталей. Короткий опис корпусу сальника, його призначення, умови роботи та вимоги до нього викладені в наступних пунктах.

1 Конструкційний аналіз

1.1 Короткий опис виробу

Деталь «Подушка гідроп'яти», застосовується у виробі «Насос ЦНС (г) 13-70», який призначений для експлуатації в вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщеннях, де:

ЦНС-відцентровий насос секційний;

г-для гарячої води;

13-подача в номінальному режимі, м³/год;

70-напір в номінальному режимі, м.

Призначення та область використання.

Насоси відцентрові секційні типу ЦНС (г) призначені для перекачування технічної води температурою від плюс 45°C (318 К), до плюс 105°C (378 К), що містять твердих включень по масі не більше 0,1%, розміром не більше 0,1 мм, мікротвердість не більше 1,47 ГПа (147 кгс/мм). Насоси (агрегати) виготовляються в кліматичному виконанні УХЛ для експлуатації для експлуатації в приміщеннях категорії розміщення 4 по ГОСТ 15150.

Експлуатація.

Виходячи з практики, теорії та відгуків, відцентрові насоси мають властивість ламатися або вимагають ремонту в наступних випадках. Втрата герметизації при виході з експлуатації ущільнення. При виявленні такого дефекту необхідно зупинити пристрій та виконати заміну ущільнення. Можлива поломка при слабкому тиску рідини або її недостатності до необхідного рівня.

Можлива поломка підшипника на двигуні конструкції. Це призводить до погіршення мастила, після чого мастило забруднюється і втрачає охолоджувальні та мастильні функції. Часто виникає сильний сторонній звук. При дефектному складанні корпусу агрегату, у процесі його використання, з'являться сторонні звуки та вібрація. Допускається експлуатувати вироби в умовах УЗ при нижньому значенні температури навколишнього повітря вище +1 °С.

Плюси і мінуси.

До переваг даного типового класу насосних агрегатів належать. Створення насосних установок ЦНС відбувається за допомогою високотехнологічного моделювання за допомогою комп'ютера. Використання таких технологій впливає на зменшення віброактивності та наводить характеристики у повну оптимізацію. Виконання практично всіх моделей із міцної сталі дозволяє уникнути ремонтної ситуації при впливі на насос механічно. Завдяки високій продуктивності агрегат виконує всі покладені на нього завдання. Збільшенню продуктивності сприяють спеціальні наплавлення, які також збільшують антикорозійні властивості.

Стійкі до зношування наплавлення також встановлюють на ущільнювальні компоненти. Це позитивно впливає на термін служби агрегату і зменшує ймовірність несподіваного ремонту.

До мінусів цих пристроїв відносяться. Обов'язкове наповнення насоса водою перед запуском. Для невеликих продуктивностей ЦНС обмежуються у роботі через низький ККД. В основному низький ККД мають невеликі пристрої, також на це впливає складність виготовлення відцентрових агрегатів з вузькими каналами.

Насоси ЦНС: принцип роботи.

Будь-яка відцентрова конструкція ґрунтується за принципом взаємодії лопатей диска, що обертається і перекачується водою. Диск, що обертається, штовхає рідину до вихідного отвору. Порожнина, що звільнилася, заповнюється рідиною знову. Вона потрапляє в установку та труби всасування під тиском. Після виходу води з установки вона проходить через апаратні канали і потрапляє під тиском на колеса. Після чого вода потрапляє у трубопровід нагнітання.

Під час роботи насоса посилюється тиск рідини. Це зусилля тягне ротор у бік всмоктування. Для запобігання цьому фактору в апараті встановлюється розвантажувальний елемент. Цей елемент складається з кільця валу, втулок. Обертання ротора здійснюється електромотором. Електродвигун вмонтований у корпус насоса через муфту типу втулки. Ротор повинен обертатися за годинниковою стрілкою щодо самого насоса (вид з боку двигуна).

Комплектація насосів ЦНС.

Відцентрові секційні насоси, залежно від моделі та замовника, укомплектовуються різними приладами та арматурою. Для вимірювань з всмоктувальної сторони насоса розрядження встановлюється вакуумметр. Його зазвичай розташовують між засувкою та корпусом на трубопроводі. Механічна засувка. Зворотний клапан для приймання рідини, який має сітку. Це необхідно для запобігання догляду рідини з патрубку, що всмоктує, і корпусу рідини. Захисна сітка необхідна для запобігання потраплянню дрібних твердих частинок усередину. Для виміру напору на напірному патрубку встановлюється манометр. На напірному трубопроводі встановлюється засувка. Основним її призначенням є контроль пуску та зупинки насоса, регулювання напору води. У пару до манометра, на напірному патрубку встановлюється запобіжний клапан. Він захищає трубопровід та корпус від виникнення гідравлічного удару.

Облаштування насосів ЦНС.

Будова багатоступінчастого насоса ЦНС влаштована так, що його корпус має окремі секції, кількість яких завжди на одну одиницю менша, ніж кількість робочих коліс. Це пов'язано з тим, що одне з робочих коліс розташоване у передній кришці. Завдяки такій конструкції корпусу насоса можна як збільшувати, так і зменшувати напір, при тій же подачі. Розрахувати натиск можна склавши натиски, які створює кожне робоче колесо.

Виробник для виготовлення основних деталей використовує такі матеріали:

- чавун СЧ20;
- сталь 35Л;
- сталь 40Х.

Для ущільнення валу від протікання використовують сальники. Якщо необхідно, на замовлення, можна встановлювати торцеве ущільнення. Для електроприводу насоса використовується електродвигун АІР загальнопромислового виконання.

Виходячи з конструктивних особливостей, корпус має таку будову:

- задній та передній тримач;
- кришок для систем, що нагнітають і всмоктують, в цих кришках розташована мастило;
- корпусів та кришок напрямних апаратів, для їх з'єднання використовуються стягуючі булави.

На вал ротора встановлені втулка, гідроп'ятний диск, напівмуфта, елементи регулювання та робочі колеса (сорочка вала). Для їх фіксації та стяжки застосовуються спеціальні гайки. Асинхронний електродвигун надає руху такому обладнанню через муфту. У корпусі передбачена порожнина, що охолоджує, за допомогою якої відбувається охолодження підшипників. Для стабільної довготривалої роботи чавунний відцентровий ЦНС насос необхідно підживлювати напором 2-6 метрів. Без такого напору відбуватиметься швидке руйнування цих насосів за рахунок кавітації. Якщо температура води збільшилася понад +45°C, необхідно пропорційно збільшити напір.

Як і все у цьому світі, конструкція цих насосів має свої недоліки. Через те, що при роботі вони можуть показати не ті властивості, які вважаються розрахунковими, складно вибрати пристрій, що підходить для свого призначення. Неправильна експлуатація та неправильний вибір параметрів майбутнього насоса можуть вплинути на вихід його з експлуатації.

Про це свідчить:

- малий тиск у рідині;
- вібрація і шум більше за потрібний рівень.

Загальні робочі параметри.

- подача рідини в діапазоні: від 30 до 1000 м³/год;
- напір рідини: до 2300 м;
- ККД насоса: до 83%;
- максимальний тиск, що виникає у корпусі становить 270 кгс/см².

Гідроп'ята.

Гідроп'ята відноситься до пристроїв для розвантаження роторів відцентрових секційних багатоступінчастих насосів від осьових зусиль. Розвантажувальний пристрій включає корпус, вал із закріпленими на ньому робочими колесами та гідроп'ятою з кільцем та кільце розвантаження, розміщене в корпусі. Зовнішня частина кільця гідроп'яти виконана складовою з вставкою з неметалевого матеріалу (наприклад, гуми) у вигляді кільця-вставки, закріпленої всередині кільця гідроп'яти в місці можливого контакту з виступом кільця розвантаження. Винахід дозволяє знизити зношування елементів розвантажувального пристрою секційних відцентрових насосів і зменшити витрати на обслуговування насосів, пов'язані з ремонтом розвантажувальних пристроїв, а також збільшити міжремонтний цикл роботи обладнання.

Особливістю роботи відцентрового насоса є наявність осьового зусилля, що діє на вал робочого колеса та направлено у бік патрубку, що всмоктує.

Осьове зусилля, особливо багато ступінчастих секційних насосів, досягає великих величин і сильно навантажує підшипники, може призводити до зміщення всього ротора насоса в бік всмоктуючого патрубка і зносу передніх дисків робочих коліс. Для зниження осьових зусиль у відцентрових насосах використовують різні способи та прийоми. Вибір способу розвантаження залежить від конструкції відцентрового насоса.

Зокрема, для врівноваження осьового зусилля, що діє на ротор у бік всмоктування, багатоступінчастих секційних насосах застосовується гідравлічний розвантажувальний пристрій. Гідравлічний розвантажувальний пристрій автоматично забезпечує рівновагу ротора за всіх режимах роботи насосів. Принцип його дії полягає в наступному: при роботі насоса частина води, що перекачується, з задньої пазухи останнього колеса надходить у щілину між дистанційною втулкою і втулкою розвантаження і далі в розвантажувальну камеру; тиск води на кільце та диск гідроп'яти змушує зміщуватися прикріплений до неї ротор у бік нагнітання. При переміщенні ротора у бік нагнітання зазор між кільцями гідроп'яти та розвантаження збільшується, і тиск у розвантажувальній камері падає доти, доки зусилля, створюване ним, не врівноважується осьовим зусиллям, що діє у бік всмоктування. Збільшення осьового зусилля внаслідок зміни режиму або зносу ущільнювальних кілець призводить до зміщення ротора у бік всмоктування, зменшення зазору між кільцями розвантаження та гідроп'яти, збільшення тиску в камері розвантаження та врівноваження у новому положенні.

Зі зносом кілець гідроп'яти та розвантажувального пристрою ротор насоса поступово зміщується у бік всмоктування. Гранично допустима величина виходу контрольної ризику на валу насоса з-під кришки підшипника (сигналізує величину зносу) становить - 3 мм. При такому зміщенні ротора необхідно повернути його в нормальне положення, знімаючи для цього регулювальні кільця або замінюючи зношені деталі (кільця розвантаження та гідроп'яти).

Для цього необхідна зупинка насоса та його часткове розбирання (з боку розвантажувального пристрою).

Досвід експлуатації багатоступінчастих відцентрових насосів типу ЦНС, особливо при відкачуванні ними забруднених шахтних вод з наявністю абразивних частинок, показує, що заміну кілець розвантаження та гідроп'яти доводиться проводити раз на місяць.

Для підвищення зносостійкості кільце пропонувалося виготовляти їх з легуваних сталей, термообробляти, наносити на зношувальну поверхню зносостійкі покриття. Зазначені заходи виявлялися дорогими і не мали значного ефекту.

Найбільш близьким до винаходу є розвантажувальний пристрій відцентрового багатоступінчастого насоса, що включає корпус, вал із закріпленими на ньому робочими колесами та гідроп'ятою з кільцем та кільце розвантаження, розміщене в корпусі.

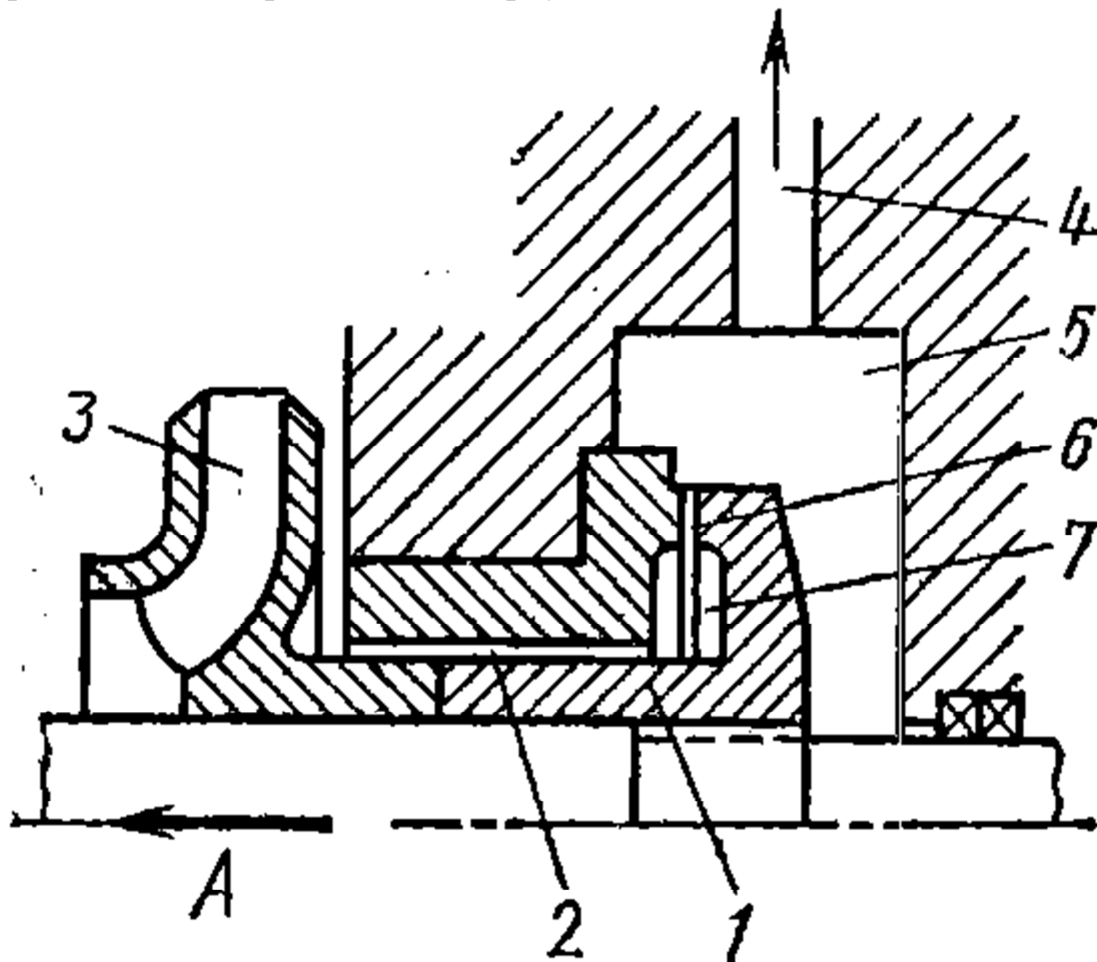


Рисунок 1 - Схема гідроп'яти.

Диск гідравлічної п'яти 1 (рис. 1) закріплюють на валу насоса з напірної сторони за останнім робочим колесом 3. Рідина з робочого колеса 3 надходить через кільцевий зазор 2 проміжну камеру 7. Потім вона проходить через торцевий зазор 6 в розвантажувальну камеру 5, сполученою трубкою 4 з підведенням першого ступеня насоса.

Повний перепад тиску на п'яті є різницею між тиском нагнітання і тиском в камері за гідроп'ятою, яка зазвичай з'єднується обвідною трубою з вхідним патрубком насоса. Частина загального перепаду тиску дроселюється на торцевому дроселі, провідність якого залежить від осьового зміщення ротора.

Наприклад, якщо під дією надмірної осьової сили ротор зміститься вліво, то зазор в торцевому дроселі зменшиться, що в свою чергу викликає зростання тиску в камері гідроп'яти до рівня, що забезпечує відновлення рівноваги ротора. Крім осьового врівноваження ротора, гідроп'ята виконує додаткову функцію розвантаження кінцевого ущільнення насоса з боку нагнітання високого тиску. Поряд із гідроп'ятою, у деяких конструкціях осьове зусилля врівноважують за допомогою розвантажувального барабана. Основною перевагою розвантажувального барабана є менша небезпека дотику обертових і нерухомих деталей порівняно з гідроп'ятою. До недоліків відноситься неповне врівноваження осьового зусилля у всьому діапазоні роботи, збільшення осьових розмірів габаритних насоса, менша економічність.

У розвантажувальному пристрої на п'яті та підп'ятнику сформовані поверхні обертання, що стикаються також, як і поверхні щілинного торцевого ущільнення між собою при повному зближенні п'яти з підп'ятником. Ці поверхні відокремлені від ущільнюючих кільцевим каналом, який повідомлено з центральним районом каналами. Для забезпечення мастила та охолодження додаткових поверхонь частина каналів або всі можуть бути виконані відкритими щодо цих поверхонь. Поперечні перерізи відкритих каналів виконані такими, що звужуються до поверхні. При достатніх поперечних перерізах каналів розміщення в розвантажувальній камері додаткових опорних поверхонь не призведе до зниження вантажопідйомності пристрою під час роботи в гідростатичному режимі, але підвищить надійність та довговічність пристрою при роботі в режимі ковзання за рахунок збільшення площі контакту.

Розвантажувальний пристрій відцентрового насоса для врівноваження осьової сили, що містить гідроп'яту, скріплену з валом, і встановлений в корпусі підп'ятник, що утворюють своїми торцями щілинне торцеве ущільнення у вигляді поверхонь обертання, що стикаються при повному зближенні п'яти з підп'ятником і за допомогою торцевої щілини - із зоною низького, що відрізняється тим, що в розвантажувальній камері на п'яті і підп'ятнику сформовані поверхні обертання, також стикаються при повному зближенні гідроп'яти з підп'ятником і відокремлені від поверхонь щілинного ущільнення кільцевим каналом, повідомленим каналами.

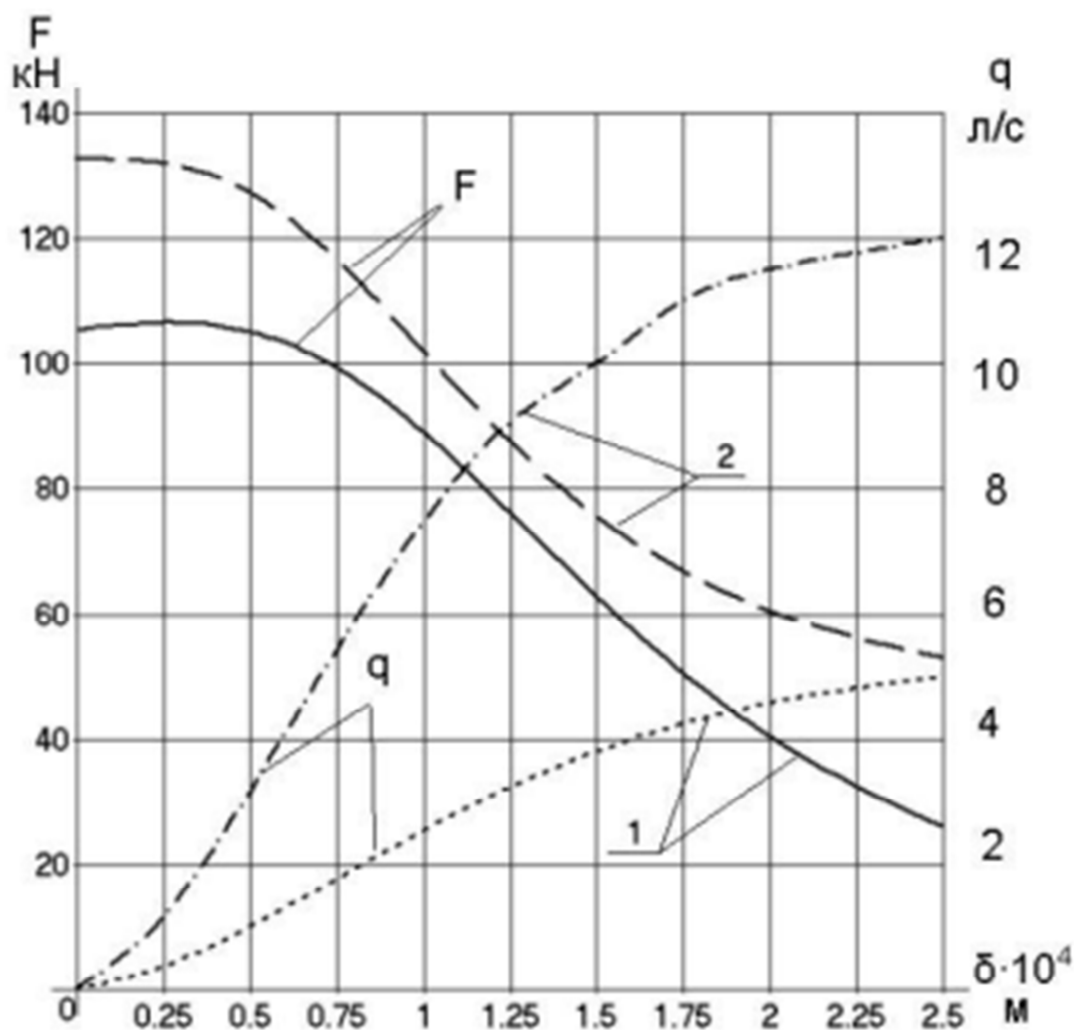


Рисунок 2 – Статична характеристика гідроп'яти
(1 – запропонована методика розрахунку, 2 – відома методика)

Існуючі методики розрахунку, як і пропонована, засновані на визначенні розмірів циліндричного та торцевого дроселів вузла розвантаження з умови надійної роботи, що забезпечує відсутність контакту робочих поверхонь торцевої пари, при мінімальних протіканнях. Протікання на гідроп'яті обумовлюють об'ємні втрати, величина яких оцінюється об'ємним ККД. Наслідуючи баланс енергії втрати в лопатевому насосі поділяються на гідравлічні, об'ємні та механічні. Гідравлічні втрати, втрати в проточної частини насоса, зведені до мінімуму. Об'ємні та механічні втрати на вузлі розвантаження, у загальному балансі втрат, мають суттєве значення. Їхня втрата іноді доходить до 10% потужності насоса. Тому розробка методики розрахунку гідроп'яти з умови мінімуму втрат енергії при прийнятій жорсткості статичної характеристики вузла розвантаження, представляє актуальне завдання, вирішення якого наведено у даній роботі.

Вважаючи зазори циліндричного та торцевого дроселів, з умови технологічності, відомими, геометрія гідроп'яти визначається трьома геометричними параметрами, радіусом втулки, внутрішнім та зовнішнім радіусами диска гідроп'яти. В основі методики розрахунку покладено рівняння рівноваги ротора

$$T_{z1} \cdot i + F_{z1} = 0, \quad \text{при } F_{z1} = F_z |_{\delta=\delta_n}; \quad \text{з рівняння рівноваги ротора}$$

$$m \cdot T_{z1} \cdot i + F_{z2} = 0, \quad \text{при } F_{z2} = F_z |_{\delta \approx 0}, \quad \text{де } m = \frac{T_{z0}}{T_{z1}} \quad \text{коефіцієнт,}$$

встановлює необхідну величину статичної жорсткості показники гідроп'яти. Замикаючим приймається рівняння втрат енергії (потужності) на гідроп'яті

$$N_{\text{п'яте}} = N_{\text{мех}} + N_{\text{об}}, \quad \text{що представляє } \Phi(N_{\text{п'яте}}, r_0, r_1, r_2) = 0 \quad \text{при умові}$$

$$N_{\text{п'яте}} = N_{\text{п'яте min}}$$

Прогин вала.

Основною причиною прогину вала є радіальна сила. Це гідравлічна сила у площині робітника колеса, що виникає від змінної дії робочого колеса та корпусу насоса (або напрямного колеса). Вона змінюється за величиною та напрямком у залежності від витрати насоса та впливає на вал та підшипники.

Виробник насоса може впливати на характер радіальної сили шляхом зміни форми корпусу. Це гарантує, з одного боку, дотримання вимог специфікацій (наприклад, API 610 або ISO) щодо максимального прогину вала і, з іншого боку, означає забезпечення економічної компоновки валів, особливо ущільнень і підшипників валів.

Радіальна сила F_R може бути розрахована за допомогою виразу:

$$F_R = K \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot D_2 \cdot b_2, \quad \text{де}$$

F_R - радіальна сила;

K - коефіцієнт радіальної сили на рис. 3;

ρ - щільність середовища, що перекачується;

g - прискорення вільного падіння;

H - напір;

D_2 - зовнішній діаметр робочого колеса;

b_2 - ширина виходу робочого колеса.

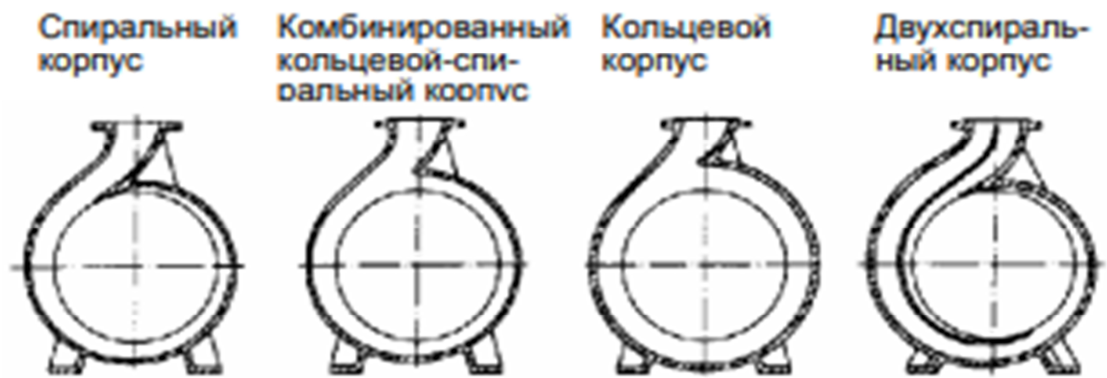
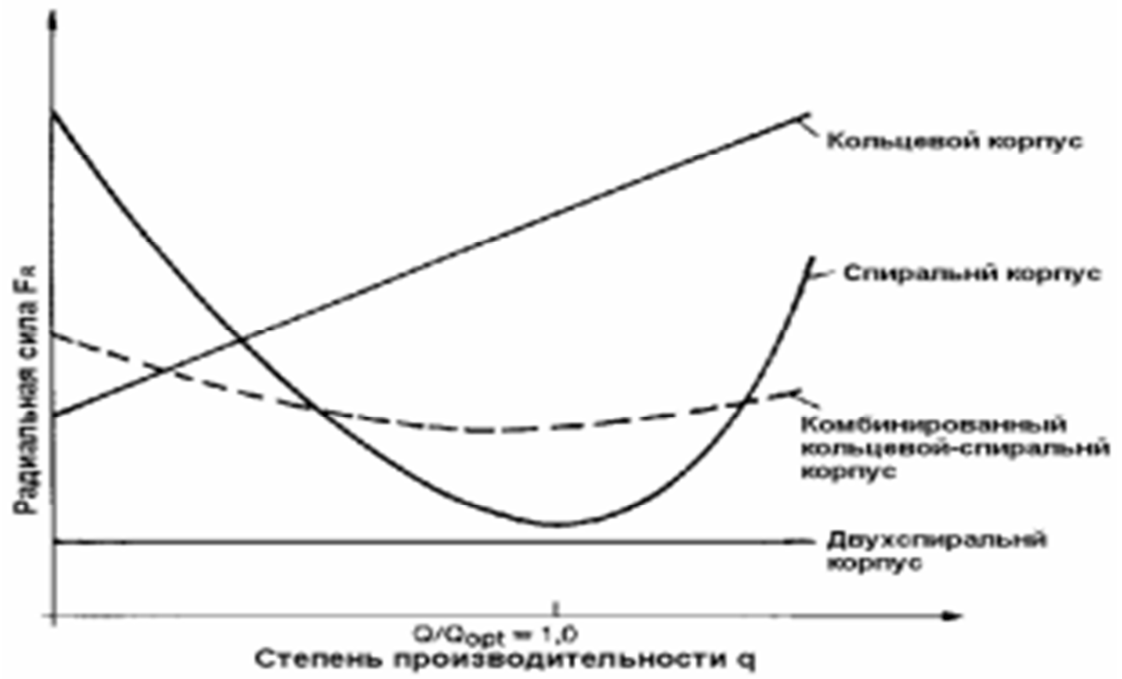


Рисунок 3 - Характеристика радиальной силы за різних форм корпусу

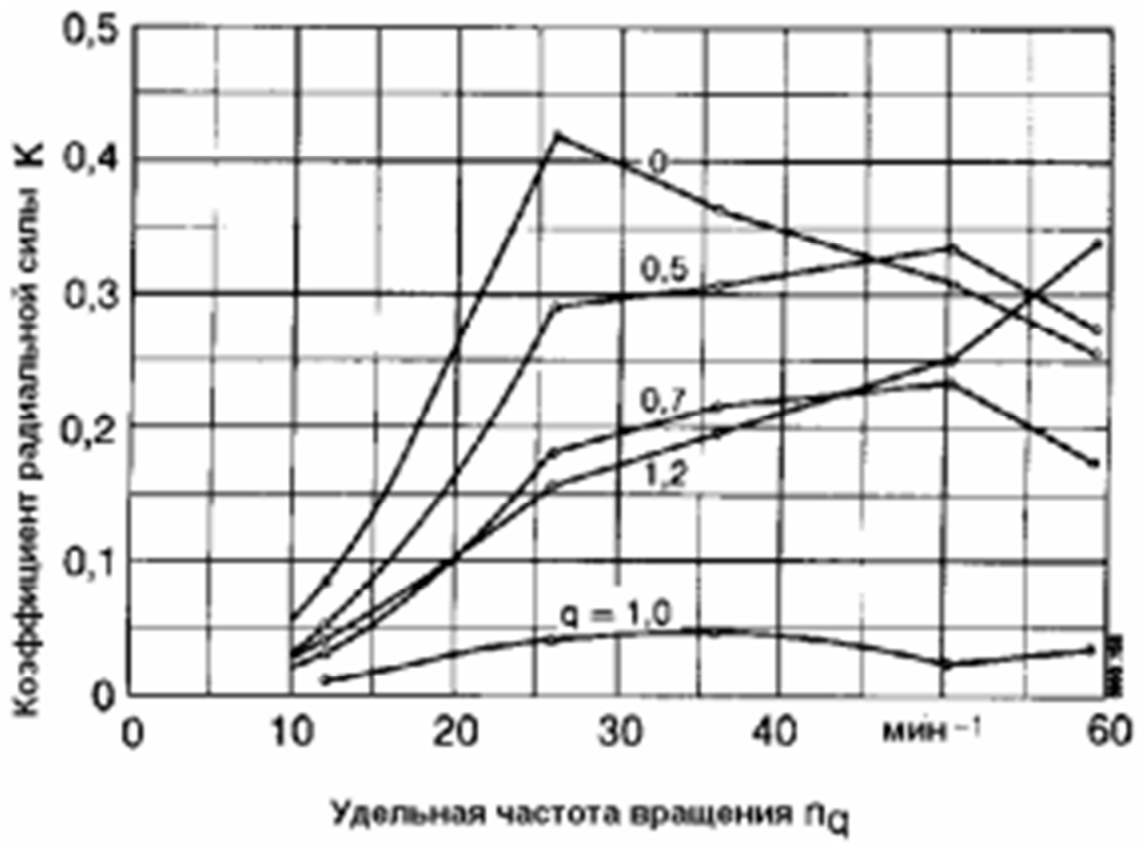


Рисунок 4 - Величина коэффициента радиальной силы K у спиральных насосів залежно від питомої частоти обертання nq та ступеня продуктивності насоса $q = Q/Q_{opt}$.

Технічна характеристика.

Основні параметри насоса, відповідні номінальні режими роботи на воді з температурою 293 К (20°C) і щільністю 998,2 кг / м³ наведені в таблиці 1.1.

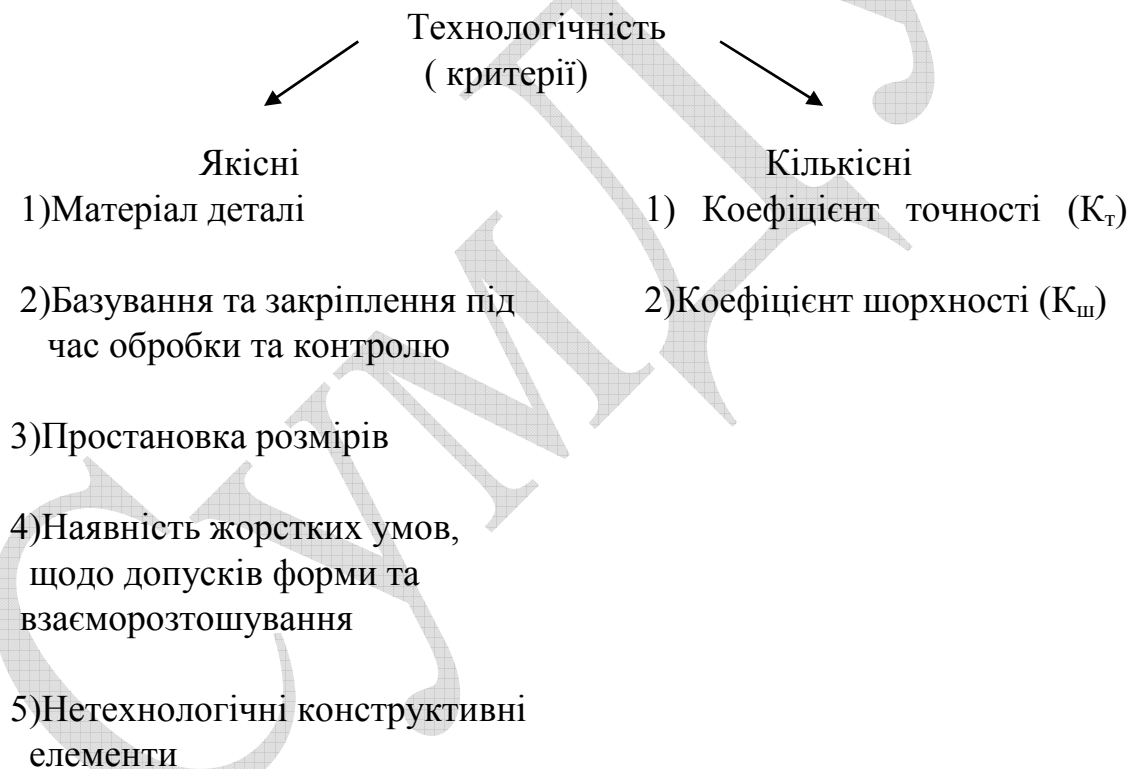
Таблиця 1.1 – Основні параметри насосів

Найменування насоса	Подача, м ³ /с (м ³ /ч)	Натиск, м	Частота обертання, с ⁻¹ (об/хв)	Допустимий кавітаційний запас, м, не більше	Споживана потужність, кВт	Маса, кг, не більше
ЦНС,ЦНС(г) 13-70	0,00036 (13)	70	49,17 (2950)	4	6,2	135
ЦНС,ЦНС(г) 13-105		105			9,3	154
ЦНС,ЦНС(г) 13-140		140			12,4	172
ЦНС,ЦНС(г) 13-175		175			15,5	190
ЦНС,ЦНС(г) 13-210		210			18,6	209
ЦНС,ЦНС(г) 13-245		245			21,7	233
ЦНС,ЦНС(г) 13-280		280			24,8	246
ЦНС,ЦНС(г) 13-315		315			27,9	264
ЦНС,ЦНС(г) 13-350		350			31	282
ЦНС,ЦНС(г) 38-44	0,0106 (38)	44			7,6	135
ЦНС,ЦНС(г) 38-66		66			11,4	154
ЦНС,ЦНС(г) 38-88		88			15,2	172
ЦНС,ЦНС(г) 38-110		110			19	190
ЦНС,ЦНС(г) 38-132		132			22,8	209
ЦНС,ЦНС(г) 38-154		154			26,6	233
ЦНС,ЦНС(г) 38-176		176			30,4	246
ЦНС,ЦНС(г) 38-198		198			24,2	264
ЦНС,ЦНС(г) 38-220		220			38	282
ЦНС,ЦНС(г) 60-66	0,0167 (60)	66		4,5	16,6	135
ЦНС,ЦНС(г) 60-99		99			24,9	154
ЦНС,ЦНС(г) 60-132		132			33,2	172
ЦНС,ЦНС(г) 60-165		165			41,5	190
ЦНС,ЦНС(г) 60-198		198			49,8	209
ЦНС,ЦНС(г) 60-231		231			58,1	233
ЦНС,ЦНС(г) 60-264		264			66,4	246
ЦНС,ЦНС(г) 60-297		297			74,7	264
ЦНС,ЦНС(г) 60-330		330			83	282

1.2 Короткий опис деталі

Деталь «Подушка гідроп'яти» являє собою тіло обертання з відношенням довжини до діаметра $\frac{l}{d} < 1$; виготовлена зі Сталі 30х13 мартенситного класу. Рівноважні стану гідроп'яти реалізуються при малих зазорах, що забезпечує роботу пристрою (насос) в умовах змащованого робочої рідиною підшипника, а також виконання функцій безконтактного торцевого ущільнення. Повний перепад тиску на п'яті представляє різницю між тиском нагнітання і тиском в камері за гідроп'ятою. Найчастіше ця камера з'єднана з вхідним патрубком насоса. Частина загального перепаду тиску дроселюється на торцевому дроселі, провідність якого залежить від ширини зазору, осевого положення ротора.

Конструкційний аналіз даної деталі



Виконуємо аналіз технологічності по якісним показникам.
Матеріал деталі – Сталь 30Х13.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 30Х13 у %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti
0,26-0,35	до 0,8	до 0,8	до 0,6	до 0,025	до 0,03	до 12-14	до 0,3	до 0,2

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 30Х13 при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Сортамент	Розмір	Напрям	s_b	s_T	d_5	y	КСУ	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	-
Лист ГОСТ 5582-75	1-4	Попер.	540		17			Відпускання 740-800°C
Пруток, заданої міцності ГОСТ 18907-73			530-780		12			
Пруток			590-830		12-16			
Поковки ГОСТ 25054-81	до 600	Прод.	735	588	10-12	35-40	290-390	Гартування і відпускання

Механічні властивості:

s_b - межа короточасної міцності, [МПа];

s_T - межа пропорційності (межа текучості для залишкової деформації), [МПа];

d_5 - відносне видовження при розриві, [%];

y - відносне звуження, [%];

КСУ - ударна в'язкість, [кДж/м²].

Таблиця 1.4 - Технологічні властивості сталі 30Х13

Зварюваність:	Не використовується для зварюваних конструкцій
Флокеночутливість:	Не чутлива
Схильність до відпускнуої крихкості	Малосклонна

Базування та закріплення під час обробки та контролю

Базування можливе на будь-якому верстаті. Для закріплення деталі не потрібні додаткові пристрої, найкраще провести базування в трьох кулачковий патрон. Деталь технологічна по відношенню до закріплення. Її поверхні рівні та взаємоперпендикулярні тому закріплення можливе в будь-якому положенні.

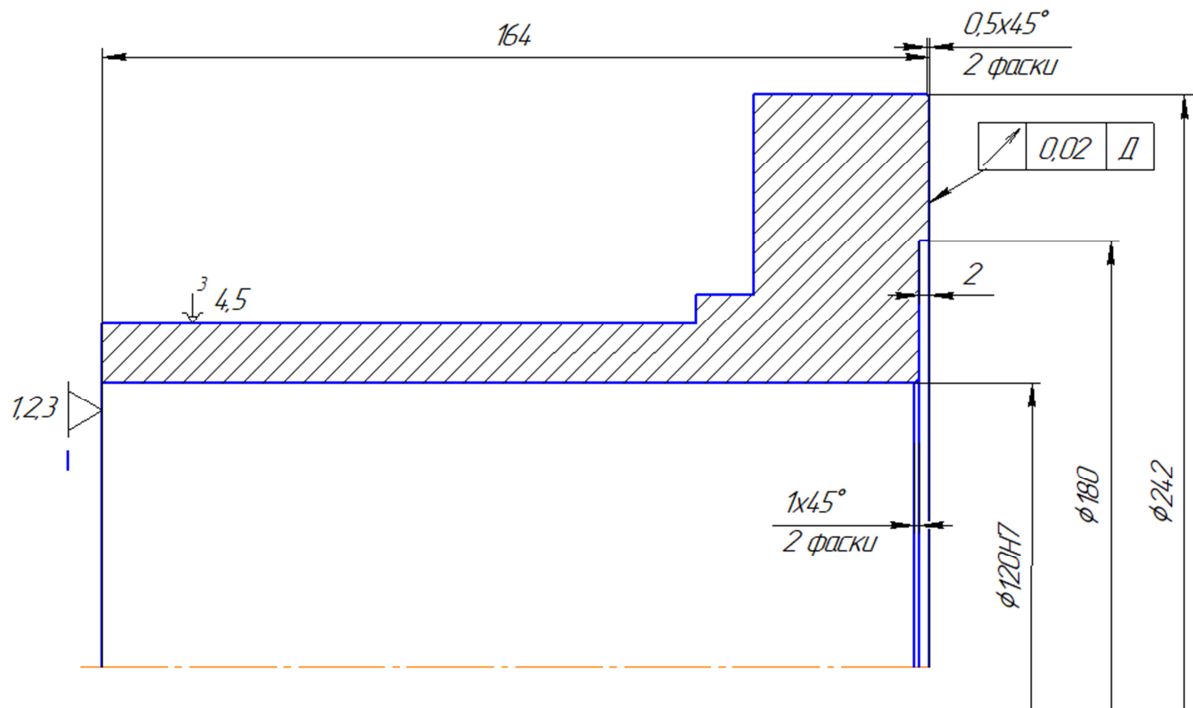


Рисунок 5 – Заготовка деталі

Таблиця 1.5 – Матриця

Бази	Зв'язки	Ступені свободи	Що забезпечують	Чим забезпечують
УБ	1,2,3	z, x, \bar{y} ^ ^	L164 $\nearrow 0,02D$	z, x, \bar{y} ^ ^
ПОБ	4,5	x, y - -	D120H7, D180, d242, фаска 1×45^0 , фаска $0,5 \times 45^0$	x, y - -

Простановка розмірів

Таблиця 1.6 - Простановка розмірів

Розміри	Засоби вимірювання
Точні: Ø145js6, Ø120H7	калібр-пробка, штангенциркуль
Середні: Ø157h8	штангенциркуль
Грубі: Ø137h13	штангенциркуль

Фаски контролювати – кутоміром.

Розміри поділяються на такі категорії.

1. Розміри що залежать від налагодження верстату.
2. Розміри що забезпечуються інструментом.

До першої групи належать:

l2, l164, l21, l12, l37, D21, h28, l5, d157, d145, D120, D168, D180, d242, M140, фаска 2x45°, R120, R15, l34, фаска 0,5x45°, l1, фаска 1x45°, l100, D155, D230.




До другої групи належать:

D137, M20, D10, R5, R1, D19, l10


Так як верстат ЧПК то 4,5min, 7max, R1 забезпечуються верстатом.

Всі розміри проставлені технологічно.

Наявність жорстких умов, щодо допусків форми та взаєморозташування

	0,03	Д		0,04	Д		0,06	Д
---	------	---	---	------	---	---	------	---

Всі допуски радіального та торцевого биття на шліфувальній операції, досягаються методом закріплення деталі за внутрішній діаметр $\varnothing 120H7$, що є базою Д по принципу сумісності баз.

	0,02	Д
---	------	---

Отримаємо за допомогою установки в 3-х кулачковий патрон за зовнішній діаметр $\varnothing 145js6$ за один установ.

Виконуємо аналіз технологічності по кількісним показникам.
Коефіцієнт точності:

$$K_T = 1 - \left(\frac{1}{A_{cp}} \right); \quad K_T = 1 - \left(\frac{1}{12,95} \right) = 0,077, \quad (1.1)$$

де A_{cp} – середнє арифметичне значення коефіцієнта точності всієї деталі;

$$A_{cp} = \frac{14 \cdot 37 + 13 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 1 + 6 \cdot 4}{44} \approx 12,95.$$

Коефіцієнт шорхності

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (1.2)$$

де B_{cp} – середнє арифметичне значення шорхності всіх поверхонь по R_a ;

$$B_{cp} = \frac{12,5 \cdot 1 + 6,3 \cdot 27 + 3,2 \cdot 8 + 1,6 \cdot 7 + 0,8 \cdot 2}{44} \approx 5,02, \quad K_{ш} = \frac{1}{5,02} = 0,199.$$

2.1 Визначення і характеристика заданого типу виробництва

Аналізуючи програму випуску деталей на рік (№ = 28800 шт.) визначимо, що тип виробництва – середньосерійний.

При середньосерійному виробництві вироби виготовляють періодично повторюваними партіями або серіями, і порівняно великим обсягом випуску ніж в одиничному типі виробництва. При серійному виробництві використовуються універсальні верстати, оснащені як спеціальними, так і універсальними і універсально-збірними пристосуваннями, що дозволяє знизити трудомісткість і собівартість виготовлення виробу.

При серійному виробництві зазвичай застосовують універсальні, спеціалізовані, агрегатні та інші металорізальні верстати. При виборі технологічного устаткування спеціального або спеціалізованого, дорогого пристосування або допоміжного пристосування та інструменту необхідно проводити розрахунки витрат і термінів окупності, а також очікуваний економічний ефект від використання обладнання і технологічного оснащення.

Ріжучий інструмент в середньо серійному виробництві обирається так щоб його легко було замінити, різці з механічною пластинкою, яка легко знімається та на її місце ставиться нова, в даному типі виробництва це дуже важливо, бо скорочується час на переустановку різця. Вимірювальний інструмент теж обирається так щоб на операцію контролю за розмірами займалося як можна менше часу: калібр пробка, скоба, різьбові кільця. Кваліфікація робітника нижча в порівнянні з робітником дрібносерійного виробництва, але вища за робітника на масовому виробництві.

Собівартість продукції буде нижчою за продукцію на дрібносерійному виробництві, це пов'язано з кількістю виготовлених деталей. Обладнання розставляються по технологічним групам з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху по предметно-замкнутим ділянкам. Партії або серії складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів.

У середньосерійному 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. Серійне виробництво є найбільш поширеним видом виробництва.

2.2 Вибір і техніко-економічні підтвердження методу отримання заготовки

Згідно заводського ТП методом отримання заготовки є поковка штампована ($\varnothing 260/90$, L190).

Визначаємо масу заготовки:

$$m_3 = m_{\text{ц}} - m_{\text{отв}} \quad , \quad (2.1)$$

де $m_{\text{ц}}$ - маса циліндра;

$m_{\text{отв}}$ - маса отвору.

$$m_{\text{ц}} = \frac{\pi d_{\text{ц}}^2}{4} l_{\text{ц}} \rho, \quad (2.2)$$

де $d_{\text{ц}}$ - діаметр циліндра;

$l_{\text{ц}}$ - висота циліндра;

ρ - густина сталі ($\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$).

$$m_{\text{ц}} = \frac{3,14 \cdot 260^2}{4} 190 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 78,64(\text{кг}),$$

$$m_{\text{отв}} = \frac{3,14 \cdot 90^2}{4} 190 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 9,42(\text{кг}),$$

$$m_3^{\text{баз}} = 78,64 - 9,42 = 69,22(\text{кг}).$$

Для визначення маси заготовки в проектуваному техпроцесі заготовку розглядаємо як поєднання трьох циліндрів за вирахуванням отвору.

$$m_{\text{ц1}} = \frac{3,14 \cdot 245^2}{4} 39 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 14,33(\text{кг}),$$

$$m_{\text{ц2}} = \frac{3,14 \cdot 160^2}{4} 52 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 8,15(\text{кг}),$$

$$m_{\text{ц3}} = \frac{3,14 \cdot 148^2}{4} 76 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 10,19(\text{кг}),$$

$$m_{\text{отв3}} = \frac{3,14 \cdot 118^2}{4} 167 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 14,23(\text{кг}).$$

$$m_3^{\text{пр}} = m_{\text{ц1}} + m_{\text{ц2}} + m_{\text{ц3}} - m_{\text{отв3}} \quad , \quad (2.3)$$

$$m_3^{\text{пр}} = 14,33 + 8,15 + 10,19 - 14,23 = 18,44(\text{кг}),$$

$$K_3^{\text{баз}} = \frac{14,2}{69,22} = 0,2 < 0,8,$$

$$K_3^{\text{пр}} = \frac{14,2}{18,44} = 0,77 < 0,8,$$

де 0,8 – рівень ЕСТП.

Визначення коефіцієнту використання матеріалу

$$K_M = \frac{m_d}{m_3 + m_{опз}} \quad (2.4)$$

де $m_{опз}$ - маса відходів виробництва заготовки.

При виготовленні поковок це значення 3...5% від маси заготовки.

Приймається $m_{опз} = 4\%$.

$$m_{опз}^{баз} = 69,22 \cdot 0,04 = 2,76(\text{кг}),$$

$$m_{опз}^{пр} = 18,44 \cdot 0,04 = 0,73(\text{кг}),$$

$$K_M^{баз} = \frac{5,5}{69,22 + 2,76} = 0,07 < 0,64,$$

$$K_M^{пр} = \frac{5,5}{18,44 + 0,73} = 0,28 < 0,64,$$

де 0,64 – рівень ЕСТПП.

$$m_3 = 18,44 \text{ кг} \quad K_{3_1} = \frac{m_d}{m_3} = \frac{14,2}{18,44} = 0,77 \quad (2.5)$$

Враховуючи тип деталі її матеріал, масу і конфігурацію поверхонь, більш доцільним способом отримання заготовки я вважаю є - штампування на КГШП.

На КГШП штамнуються поковки складної конфігурації масою до 100 кг. Умова деформування відрізняється від умови деформування на молотах. Це пояснюється різною швидкістю деформування, яка на молотах становить 5-8 м/с, а на пресах 0.5 - 0.6 м/с, тому і процес заповнення порожнини штампу металом на пресах відбувається менш інтенсивно, ніж на молотах. На молотах порожнину струмка заповнюється металом за кілька ударів, а на пресі - за один хід повзуна. Це вимагає більш ретельного фасонування заготовки при штампуванні складних поковок.

Точність штампування на КГШП вище, ніж на молоті, що пояснюється відсутністю ударного навантаження, точним напрям половин штампа за рахунок наявності напрямних елементів, а також фіксованим положенням верхньої частини штампа в нижній мертвій точці і жорсткою конструкцією станини.

Наявність у пресів виштовхувачів дозволяє:

- ◆ зменшити штампувальні ухили;
- ◆ застосовувати закрити штампування;
- ◆ застосовувати штампування видавлюванням.

При штампуванні на КГШП у відкритих штампах в нижній мертвій точці вони не стикаються між собою і між ними існує зазор. У зв'язку з цим немає дзеркала штампа, а зазор виконують за рахунок товщини облойної канавки.

Користуючись ГОСТом 7505-89 [1], визначаємо:

клас точності – Т4 (вибираємо з додатку 1 табл.19 в залежності від основного деформуючого обладнання);

групу сталі – М1 (сталь з масовою часткою вуглецю до 0,35% включно і сумарній масовій частці легуючих елементів до 2% включно);

ступінь складності - С - визначається в залежності від чисельного значення відношення M_{π}/M_{ϕ} ,

де M_{π} – розрахункова маса поковки

$$M_{\pi} = M_{д} \cdot K_{р}, \quad (2.6)$$

$M_{д}$ – маса деталі $M_{д} = 14,2$ кг;

$K_{р}$ – розрахунковий коефіцієнт $K_{р} = 1,6$;

$M_{\pi} = 14,2 \cdot 1,6 = 22,72$ (кг);

M_{ϕ} – маса описаної фігури

$$M_{\phi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \cdot \rho(\text{кг}) \quad (2.7)$$

де d – діаметр; l – довжина; ρ – густина сталі .

$$M_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 24,2^2}{4} \cdot 16,4 \cdot 7,8 = 59185,3 \approx 58,8(\text{кг}).$$

Відношення $M_{\pi}/M_{\phi} = 22,72/58,8 = 0,38$ – тому ступінь складності С2.

Конфігурація поверхні рознімання штампа - плоска; по поперечній осі деталі і по площині найбільшого діаметра корпусу. Вихідний індекс – 14.

Припуски на механічну обробку.

Основні припуски на розміри, мм:

2,3 - діаметр 145 і чистота поверхні 1,6;

2,3 - діаметр 157 і чистота поверхні 1,6;

2,7 - діаметр 242 і чистота поверхні 0,8;

2,3 - діаметр 120 і чистота поверхні 1,6;

3,0 - товщина 164 і чистота поверхні 6,3;

2,3 - товщина 49 і чистота поверхні 1,6;

2,0 - товщина 37 і чистота поверхні 1,6.

Розміри поковки, мм:

діаметр 145 + (1,0 + 0,3) · 2 = 147,6 - приймаємо 148 (мм);

діаметр 157 + (1,0 + 0,3) · 2 = 159,6 - приймаємо 160 (мм);

діаметр 242 + (0,9 + 0,5) · 2 = 244,8 - приймаємо 245 (мм);

діаметр 120 - $(1,0 + 0,3) \cdot 2 = 117,4$ - приймаємо 118 (мм);
товщина 164 + $(1,1 + 0,4) \cdot 2 = 167$ - приймаємо 167 (мм);
товщина 49* + $(0,9 + 0,2) \cdot 2 = 51,2$ - приймаємо 52 (мм);
товщина 37 + $(0,8 + 0,2) \cdot 2 = 39$ - приймаємо 39 (мм) .

Таблиця 2.1 - Допустимі відхилення розмірів

діаметр 148 $\begin{matrix} +0,6 \\ -0,3 \end{matrix}$	діаметр 160 $\begin{matrix} +0,6 \\ -0,3 \end{matrix}$	діаметр 245 $\begin{matrix} +0,7 \\ -0,3 \end{matrix}$
діаметр 118 $\begin{matrix} -0,6 \\ +0,3 \end{matrix}$	товщина 167 $\begin{matrix} +0,7 \\ -0,3 \end{matrix}$	товщина 52 $\begin{matrix} +0,5 \\ -0,3 \end{matrix}$
товщина 39 $\begin{matrix} +0,5 \\ -0,2 \end{matrix}$		

Таблиця 2.2 - Розрахунок розмірів заготовки

Розмір деталі	Чистота поверхні	Припуск			Розрахунковий розмір заготовки	Прийнятий розмір заготовки	Допуск
		основний	допоміжний	загальний			
∅145	1,6	1,0	0,3	1,3	147,6	148	$\begin{matrix} +0,6 \\ -0,3 \end{matrix}$
∅157	1,6	1,0	0,3	1,3	159,6	160	$\begin{matrix} +0,6 \\ -0,3 \end{matrix}$
∅242	0,8	0,9	0,5	1,4	244,8	245	$\begin{matrix} +0,7 \\ -0,3 \end{matrix}$
∅120	1,6	1,0	0,3	1,3	117,4	118	$\begin{matrix} -0,6 \\ +0,3 \end{matrix}$
L164	6,3	1,1	0,4	1,5	167	167	$\begin{matrix} +0,7 \\ -0,3 \end{matrix}$
L49*	1,6	0,9	0,2	1,1	51,2	52	$\begin{matrix} +0,5 \\ -0,3 \end{matrix}$
L37	1,6	0,8	0,2	1,0	39	39	$\begin{matrix} +0,5 \\ -0,2 \end{matrix}$

$\sqrt{Ra25}$

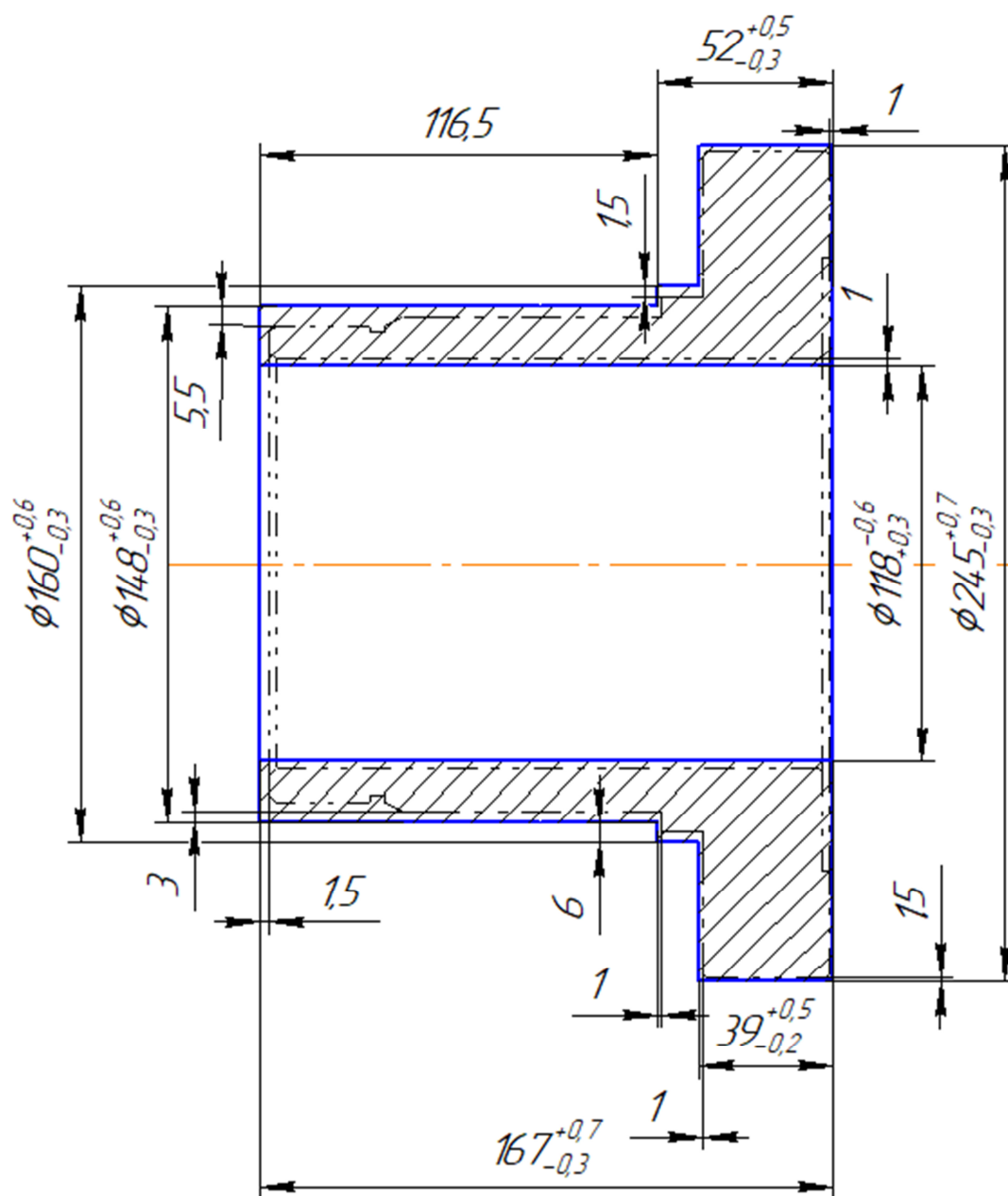


Рисунок 6 - Ескіз заготовки

3 Розробка маршрутного технологічного процесу механічної обробки

На даному етапі існує безліч різноманітних технологічних способів, які забезпечують однакові вимоги до оброблюваних поверхонь деталей, але істотно відрізняються за собівартістю та реалізацією, тому раціональні у різних типах виробництва.

Виходячи з того, що дипломний проект орієнтований на обробку деталей в умовах серійного виробництва, необхідно використовувати принцип диференціації операцій, де операції чорнової, чистової і тонкої обробки виконується на різному устаткуванні відповідної точності. Після визначення послідовності операцій маршрутного техпроцесу, складається порівняльна таблиця, що дає можливість визначити відмінності базового і пропонованого техпроцесів.

Таблиця 3.1 - Заводський та запропонований технологічні процеси

Заводський Т.П.		Пропонований Т.П.	
005	Контроль ВТК	005	Контроль ВТК
010	Токарно-гвинторізна	010	Токарна з ЧПК
015	Контроль ВТК	015	Токарна з ЧПК
020	Маркування	020	Контроль ВТК
025	Контроль ВТК	025	Свердлувальна з ЧПК
030	Розмічування	030	Контроль ВТК
035	Радіально-свердлувальна	035	Фрезерна з ЧПК
040	Контроль ВТК	040	Контроль ВТК
045	Розмічування	045	Термічна
050	Вертикально-фрезерна	050	Токарна з ЧПК
055	Контроль ВТК	055	Контроль ВТК
060	Термічна	060	Маркування
065	Токарно-гвинторізна	065	Контроль ВТК
070	Контроль ВТК (шорсткість)	-	
075	Контроль ВТК (твердість)	-	
080	Токарно-гвинторізна	-	
085	Контроль ВТК	-	
090	Маркування	-	
095	Контроль ВТК	-	
100	Розмічування	-	
105	Вертикально-фрезерна	-	
110	Контроль ВТК	-	
115	Токарно-гвинторізна	-	
120	Контроль ВТК	-	

3.1 Пропоновані методи забезпечення технічних вимог у процесі обробки

Пропоновані методи забезпечення технічних вимог у процесі обробки - це відповідність оброблених поверхонь вимогам креслення.

Ці вимоги обмежені чотирма факторами:

- дотриманням розмірної точності;
- дотриманням вимог шорсткості;
- дотримання допусків форми і розташування поверхонь;
- дотримання необхідної твердості поверхні.

Для забезпечення технологічних вимог деталі необхідно вибрати необхідну кількість стадій обробки: переустановка, застосовуваних РІ, верстатних пристосувань, а також режимів різання.

Точність поверхонь досягається завдяки достатній кількості стадій, підбору обладнання, жорсткому закріпленню. Поверхні дев'ятого квалітету обробляються за 2 стадії: чорнова, чистова. Інші поверхні обробляються за чорнову стадію кількома чи одним проходом.

Шорсткість поверхонь забезпечується вибором оптимальних режимів обробки, жорсткості системи СПД. Параметри шорсткості вибирають з урахуванням умов роботи деталі. Стандартом встановлено 14 класів шорсткості поверхні: 1-3-й класи забезпечуються обдирною обробкою (точіння, фрезерування, стругання); 4-6-й класи - напівчистою обробкою; 7-9-й класи - чистою обробкою (шліфування, протягування, розгортання і т.п.); 10-14-й класи - доводочною обробкою (такі, як притирання) суперфініш, хонінгування та ін.) Для вимірювання ш.п. зазвичай застосовують такі прилади: контактно-щупові (профілометри і профілографи) і безконтактно - оптичні. У машинобудуванні часто використовують візуальний метод, порівнюючи контрольовану поверхню з поверхнею зразка або деталі, ш. п. якої атестована.

Таблиця 3.2 - Методи досягнення шорсткості поверхонь

Поверхня	Шорсткість	Методи досягнення
D120H7	Ra 3,2	Досягається вибором достатньої кількості стадій обробки
d157h8	Ra 1,6	Досягається вибором достатньої кількості стадій обробки
d145js6	Ra 1,6	Досягається вибором достатньої кількості стадій обробки
d137h13	Ra 6,3	Досягається вибором достатньої кількості стадій обробки
M140x2-6g	Ra 3,2	Досягається ріжучим інструментом
M20-6H	Ra 3,2	Досягається ріжучим інструментом

Всі розміри поділяють на 3 категорії:

- I. Точні 6 – 7.
- II. Середні 8 – 9.
- III. Грубі 10 – 14.

До першої категорії належать:

120H7, 145js6 – задана точність досягається методом розточування при трьохстадійній обробці (чорнова, напівчистова, чистова), різьба M140x2-6g, M20-6H – шляхом нарізання різьби мітчиком.

До другої групи відносяться поверхні:

157h8 – задана точність досягається методом розточування при трьохстадійній обробці (чорнова, напівчистова, чистова).

До третьої групи відносяться всі інші поверхні:

137h13 – задана точність досягається методом зняття шару металу и фрезеруванню.

Дотримання умов шорсткості.

Ra 0,8 – належить зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 242$, фаска $0,5 \times 45^\circ$.

Ra 1,6 – належить $\varnothing 145js6$, $\varnothing 157h8$, $\varnothing 120H7$, L37, l12,l1, R15.

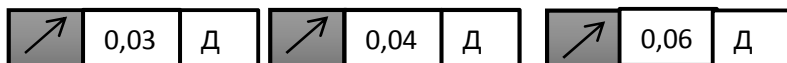
Ra 3,2 – належить L34, $\varnothing 21$, фаска $2 \times 45^\circ$, різьба M140x2-6g, різьба M20.

Ra 6,3 – належить $\varnothing 180$, L164, канавка l4.5-7, $\varnothing 137$, $\varnothing 155$, $\varnothing 230$, $\varnothing 10$, L28, L5, L10, L15, L21, L2, фаска $1 \times 45^\circ$, пазl10, R100, R5, кут 120° , R1.

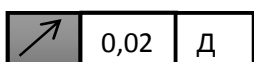
Ra 12,5 – належить отвір $\varnothing 19$.

Шорсткість поверхні відповідає квалітету її точності виконуючи заданий квалітет, відповідна шорсткість одержується автоматично завдяки характерними ознакам заданої стадії: режиму обробки, подача S (мм/об), глибина різання t (мм), також на шорсткість впливають геометричні параметри інструменту φ_1^0 , та r – радіус при вершині.

Дотримання допусків форми і взаємного розташування



Всі допуски радіального та торцевого биття на шліфувальній операції, досягаються методом закріплення деталі за внутрішній діаметр $\varnothing 120H7$, що є базою Д по принципу сумісності баз.



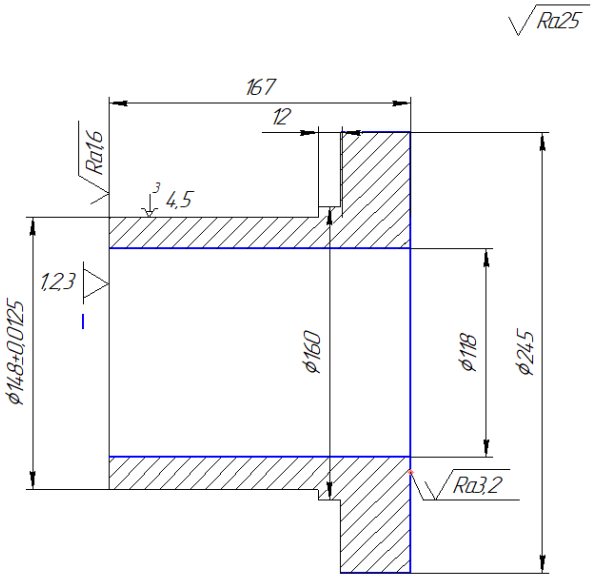
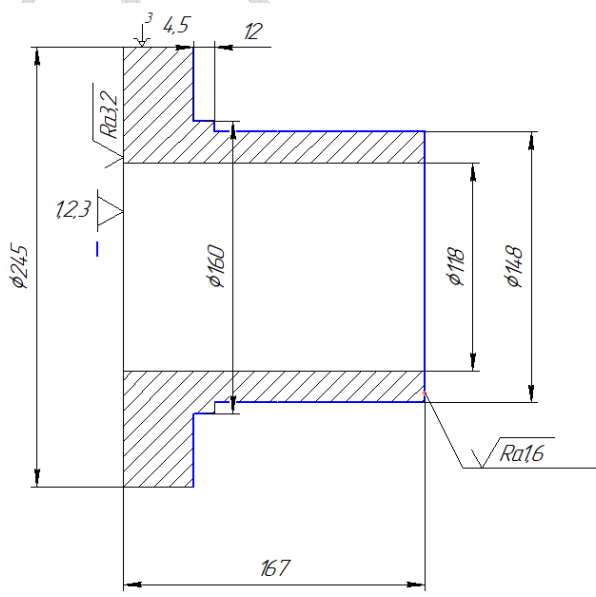
Отримаємо за допомогою установки в 3-х кулачковий патрон за зовнішній діаметр $\varnothing 145js6$ за один установ.

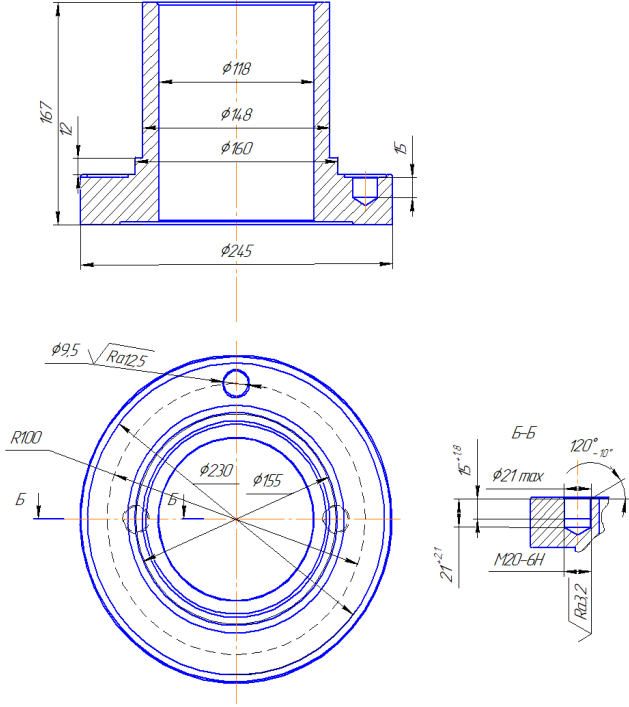
Дотримання необхідної твердості поверхонь

Твердість поверхонь деталі складає НВ 388...444. Дана вимога досягається у результаті проведення термічної обробки. А саме відпуск при температурі $740 - 800^{\circ}\text{C}$, температура кування, $^{\circ}\text{C}$: початку 1250, кінця 850. Перетини до 400 мм піддаються низькотемпературного відпалу з одним переохолодженням.

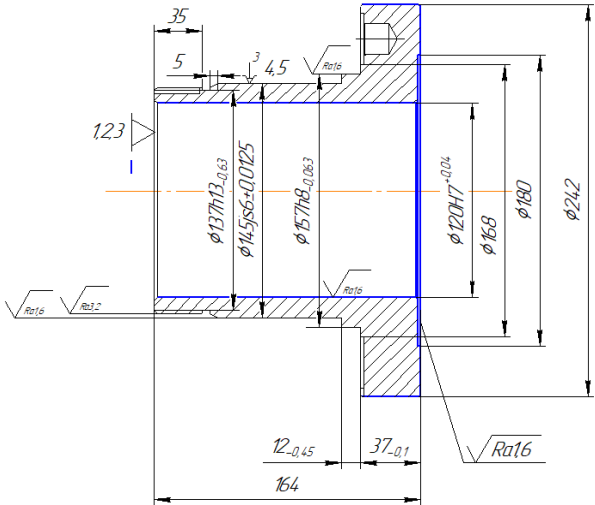
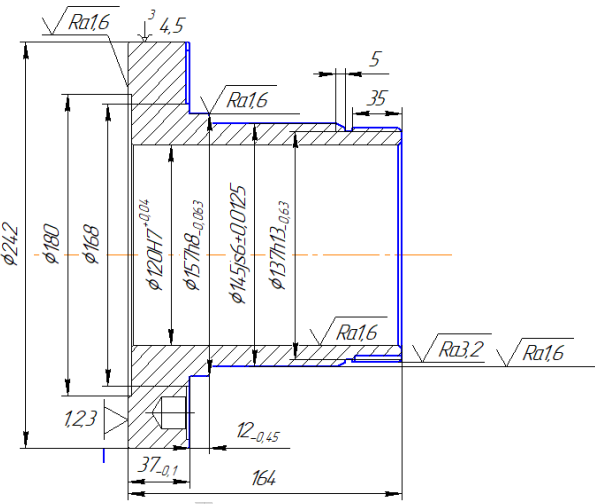
3.2 Аналіз базового технологічного процесу

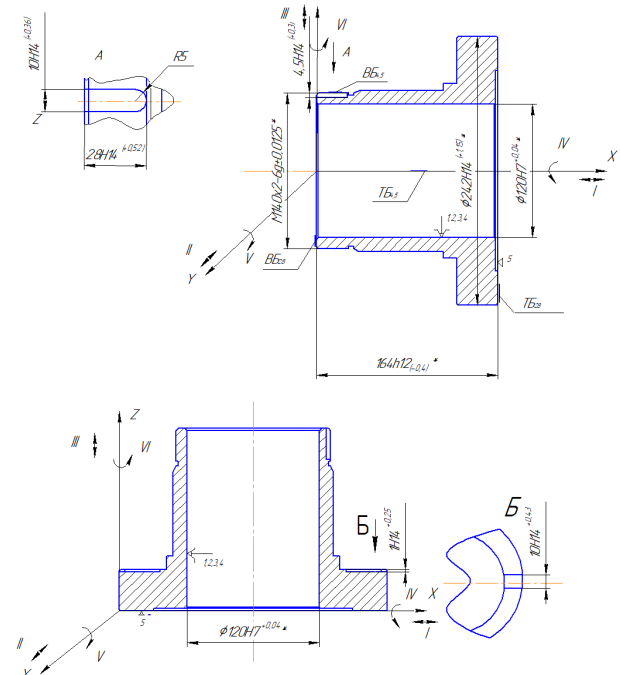
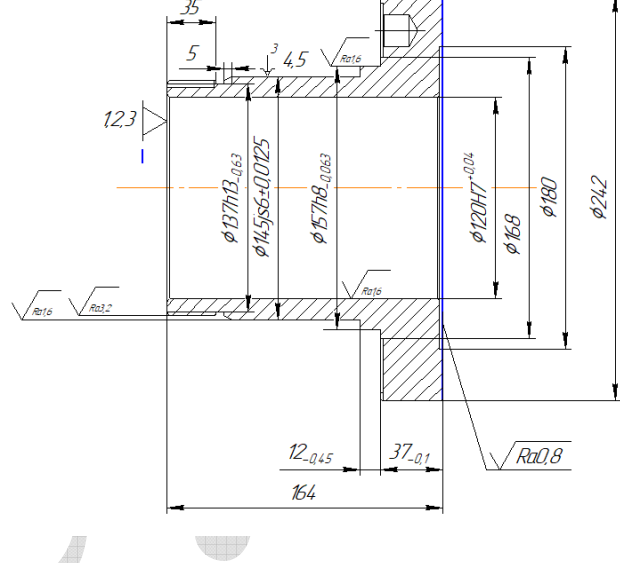
Таблиця 3.3 – Базовий технологічний процес

Операція	Зміст найменування операції	Операційний ескіз	Технічне оснащення
005	<u>Контроль ВТК</u>	Контроль розмірів заготовки	Стіл ВТК, штангенциркуль
010	<u>Токарно-гвинторізна</u>	<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p> 	<p>Верстат-16А20Ф3 Трьохкулачковий патрон PI 1 - прохідний упорний (Т5К10) PI 2 – прохідний упорний (Т30К4) PI 3 - розточув. (Т5К10). PI 4 – розточув. (Т15К6).</p>

015	<u>Контроль</u> <u>ВТК</u>		Стіл ВТК, штангенциркуль, скоба спеціальна
020	<u>Маркування</u>		Верстат-16А20Ф3 Трьохкулачковий патрон P15-сверла спіральні типу HSS-R
025	<u>Контроль</u> <u>ВТК</u>		Стіл ВТК, штангенциркуль
030	<u>Розмічування</u>		Розмічальна плита, кернер, рисувалка,
035	Радіально- свердлувальна		Верстат- СС2В05ПМФ4 Трьохкулачковий патрон P1 1 - сверла спіральні. P1 2- зенкер P1 3- мітники P1 4- зенковка конічна (Р6М5)

040	<u>Контроль ВТК</u>		Стіл ВТК, штангенциркуль
045	<u>Розмічування</u>		Розмічальна плита, кернер, рисувалка,
050	Вертикально-фрезерна		Верстат -6М13П Трьохкулачковий патрон РІ 1 - фреза концева
055	<u>Контроль ВТК</u>		Стіл ВТК, штангенциркуль
060	<u>Термічна</u>		
065	Токарно-гвинторізна		Верстат-16А20Ф3 Трьохкулачковий патрон РІ 1 - прохідний упорний (Т5К10) РІ 2 – прохідний упорний (Т30К4) РІ 3 - розточув. (Т5К10). РІ 4 – розточув. (Т15К6).
070	<u>Контроль ВТК (шорсткість)</u>		Стіл ВТК, профілометр

075	<u>Контроль ВТК (твердість)</u>		Стіл ВТК, Твердомер Роквелла
080	Токарно-гвинторізна	<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p> 	<p>Верстат-16А20Ф3 Трьохкулачковий патрон РІ 1 - прохідний упорний (Т5К10) РІ 2 – прохідний упорний (Т30К4) РІ 3 - розточув. (Т5К10). РІ 4 – розточув. (Т15К6).</p>
085	<u>Контроль ВТК</u>		Стіл ВТК, штангенциркуль
090	<u>Маркування</u>		Верстат-16А20Ф3 Трьохкулачковий патрон Електроперо А50/6
095	<u>Контроль ВТК</u>		Стіл ВТК, штангенциркуль
100	<u>Розмічування</u>		Розмічальна плита, кернер, рисувалка,

105	Вертикально-фрезерна	<p>Установ 1</p>  <p>Установ 2</p>	Верстат -6М13П Трьохкулачковий патрон РІ 1 - фреза концева
110	<u>Контроль</u> <u>ВТК</u>		Стіл ВТК, штангенциркуль
115	Токарно-гвинторізна		Верстат-16А20Ф3 Трьохкулачковий патрон РІ 1 – прохідний упорний (Т15К6)
120	<u>Контроль</u> <u>ВТК</u>		Стіл ВТК, штангенциркуль

3.3 Короткий опис запропонованого технологічного процесу по операціям

Операція 005 - Контроль ВТК.

Операція проводиться на столі ВТК, призначена для перевірки розмірів заготовки.

Операція 010 - Токарна з ЧПК.

Верстат 16А20Ф3 з системою ЧПК - WL-4Т.

Токарний патрно-центровий верстат з ЧПК моделі 16А20Ф3 призначений для токарної обробки деталей типу тіл обертання в замкнутому напіваавтоматичному циклі в умовах дрібносерійного та среднесерійного виробництва.

Таблиця 3.4 - Технічна характеристика верстата

Найбільший діаметр заготовки, мм: - встановлюваної над станиною; - оброблюваної над станиною; - оброблюваної над супортом.	500 320 200
Найбільша довжина заготовки, що встановлюється в центрах, мм	1000
Межі частот обертання шпинделя, хв ⁻¹	20-2500
Максимальна рекомендована швидкість робочої подачі, мм/хв: повздожньої; поперечної.	2000 1000
Пристрій ЧПК	2Р22; НЦ-31; WL-4
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	11,0
Сумарна потужність, кВт	21,39
Габарит станка, мм (довжина, ширина, висота): - без виносного обладнання; - з виносним обладнанням.	3700x2260x1650 3700x3000x1700
Маса, кг: - без виносного обладнання; - з виносним обладнанням.	3500 3650
Завод виробник та організація розробник	Московський верстатобудівний завод «Червоний пролетар» ім. А.І.Єфремова

Вибір РІ : (Чорнове, напівчистове, чистове точіння).

PI 1 - прохідний упорний з ромбічною пластиною із твердого сплаву T5K10.
 $t_{\text{MAX}} = 0,75$ (мм).

Кодування PI по ISO - PCLNR2525M12

Головний кут в плані - 95° .

Кут при вершині - 80° .

Довжина PI - 170 мм.

PI 2 - розточувальний з ромбічною пластиною із твердого сплаву T5K10.

$t_{\text{MAX}} = 1,5$ (мм).

Позначення PI : K.01.4983.000-04.

Головний кут в плані - 93° .

Кут при вершині - 55° .

PI 3 - розточувальний з ромбічною пластиною із твердого сплаву T15K6.

$t_{\text{MAX}} = 0,85$ (мм).

Позначення PI : K.01.4983.000-04.

Головний кут в плані - 93° .

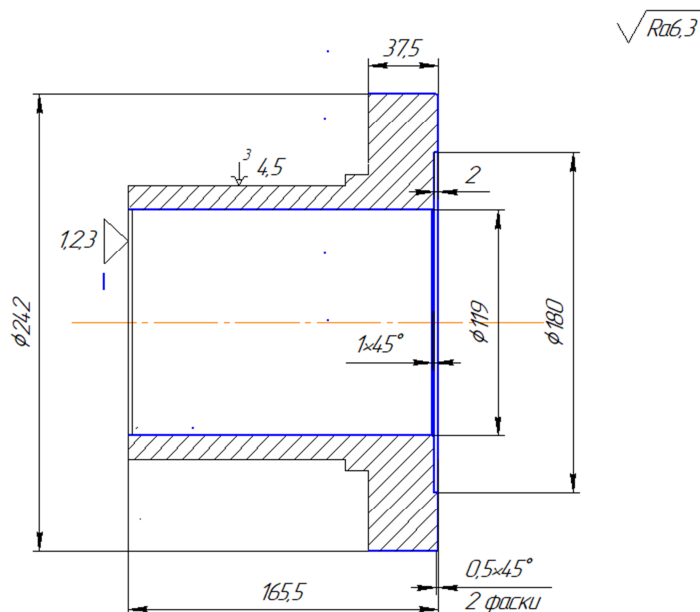
Кут при вершині - 55° .

(Всі поверхні отримуються даними ріжучими інструментами поступово).

Технологічне оснащення: токарний самоцентрувальний 3-х кулачковий патрон ГОСТ 24351-80.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-II, з ціною поділки 0,05 мм, ГОСТ 166-73.

Змащувально-охолоджуюча рідина МР-7 (ОСТ 38.01445-88).



Операційний ескіз (Операція 010)

Операція 015 – Токарна з ЧПК.

Верстат 16A20Ф3 з системою ЧПК - WL-4T.

Технічну характеристику верстата дивитися в описі операції 010.

Вибір РІ : (Чорнове, напівчистове, чистове точіння).

РІ 1 - прохідний упорний з ромбічною пластиною із твердого сплаву Т5К10.

$t_{\text{MAX}} = 0,75$ (мм).

Кодування РІ по ISO - PCLNR2525M12.

Головний кут в плані - 95° .

Кут при вершині - 80° .

Довжина РІ - 170 мм.

РІ 2 - розточувальний з ромбічною пластиною із твердого сплаву Т5К10.

$t_{\text{MAX}} = 1,5$ (мм).

Позначення РІ : К.01.4983.000-04.

Головний кут в плані - 93° .

Кут при вершині - 55° .

РІ 3 - розточувальний з ромбічною пластиною із твердого сплаву Т15К6.

$t_{\text{MAX}} = 0,85$ (мм).

Позначення РІ : К.01.4983.000-04.

Головний кут в плані - 93° .

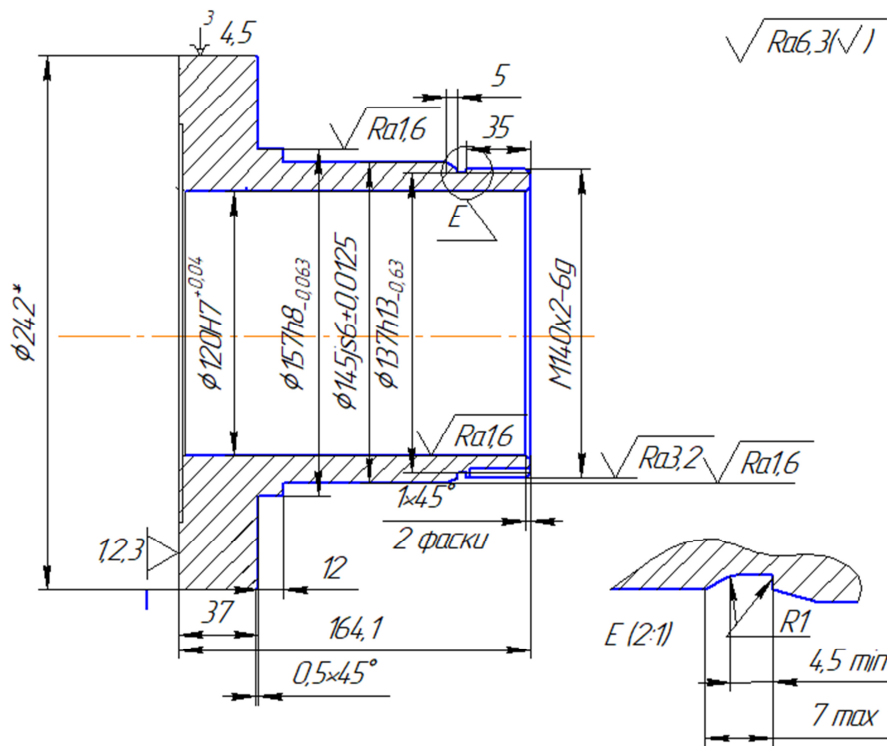
Кут при вершині - 55° .

(Всі поверхні отримуються даним ріжучим інструментом).

Технологічне оснащення: токарний самоцентрувальний 3-х кулачковий патрон ГОСТ 24351-80.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-II, з ціною поділки 0,05 мм, ГОСТ 166-73.

Змащувально-охолоджуюча рідина МР-7 (ОСТ 38.01445-88).



Операційний ескіз (Операція 015)

Операція 020 - Контроль ВТК.

Проводиться на столі ВТК, призначена для перевірки розмірів отриманих на операціях 010, 015.

Операція 025 - Свердлувальна з ЧПК.

Верстат: п'ятиосьовий оброблюваний центр MU-400V II.

Високошвидкісні і високоточні 5-осьові вертикальні обробні центри серії MU-V зі швидкою зміною кута нахилу хитається столу (більш висока жорсткість конструкції, в порівнянні зі столами «глобусного» типу) MU призначений для комплексної обробки деталей з різних матеріалів, в тому числі і високолегованих, загартованих сталей з твердістю поверхні HRC 58÷60. Поєднання в одній операції фрезерних і свердлильно-розточувальних робіт дозволяють різко скоротити кількість необхідного оснащення і трудомісткість виготовлення деталей й. Технічні можливості верстата забезпечують високу продуктивність і точність при будь-якому типі виробництва: від одиничного і досвідченого до серійного.

Довжина робочої частини сверла 48(мм).

Розміри робочої поверхні столу, мм	400x1050
Переміщення столу, мм - координата X - координата Y - координата Z - вісь A, градуси	762 460 460 +20 ~ -110
Шпиндель Вісь C, градуси Швидкість шпинделя, хв ⁻¹ Торець шпинделя	360 8000 [15000/20000/25000/35000] 7/24 конус №40 [7/24 конус №40, HSK-A63, HSK-F63]
Діаметр переднього підшипника, мм	70
Швидке переміщення A/B/C, хв ⁻¹	A: 14400 C: 18000
Двигуни Головний шпиндель, кВт	11/7.5 [22/18.5, 30/22, 15/11, 15]
Вісь подачі Вісь X, м/хв Вісь Y, м/хв Вісь Z, м/хв	40 40 32
Швидкість подачі Вісь X, м/хв Вісь Y, м/хв Вісь Z, м/хв	32 32 32
Інструмент Хвостовик інструменту Максимальна кількість інструментів Максимальний діаметр інструменту, мм	MAS BT40 [HSK] 20 90 (із суміжними інструментами), 125 (без суміжних інструментів)
Максимальна довжина (від лінії вимірювання), мм Максимальна маса інструменту, кг	240 8
Габарити Висота, мм Займана площа, мм Вага, кг	2946 2160*2810 7700

Вибір PI.

PI 2 - сверло центрувальне d12; P6M5, з циліндричним хвостовиком по ГОСТ 14952-75.

$2 \varphi = 128^\circ$, $\psi = 55^\circ$.

Довжина сверла 81 (мм).

Довжина робочої частини сверла 38(мм).

PI 3 - сверло спіральне d18,2; P6M5, з циліндричним хвостовиком по ГОСТ 10903-82.

$2 \varphi = 118^\circ$, $\psi = 55^\circ$.

Довжина сверла 78 (мм).

Довжина робочої частини сверла 36(мм).

PI 4 - сверло спіральне d18,8; P6M5, з конічним хвостовиком по ГОСТ 10903-82.

$2 \varphi = 118^\circ$, $\psi = 55^\circ$.

Довжина сверла 79 (мм).

Довжина робочої частини сверла 37 (мм).

PI 5 - короткий мітник з прохідним хвостовиком для метричної різьби, P6M5, ГОСТ 3266-81.

P=1,5 (мм).

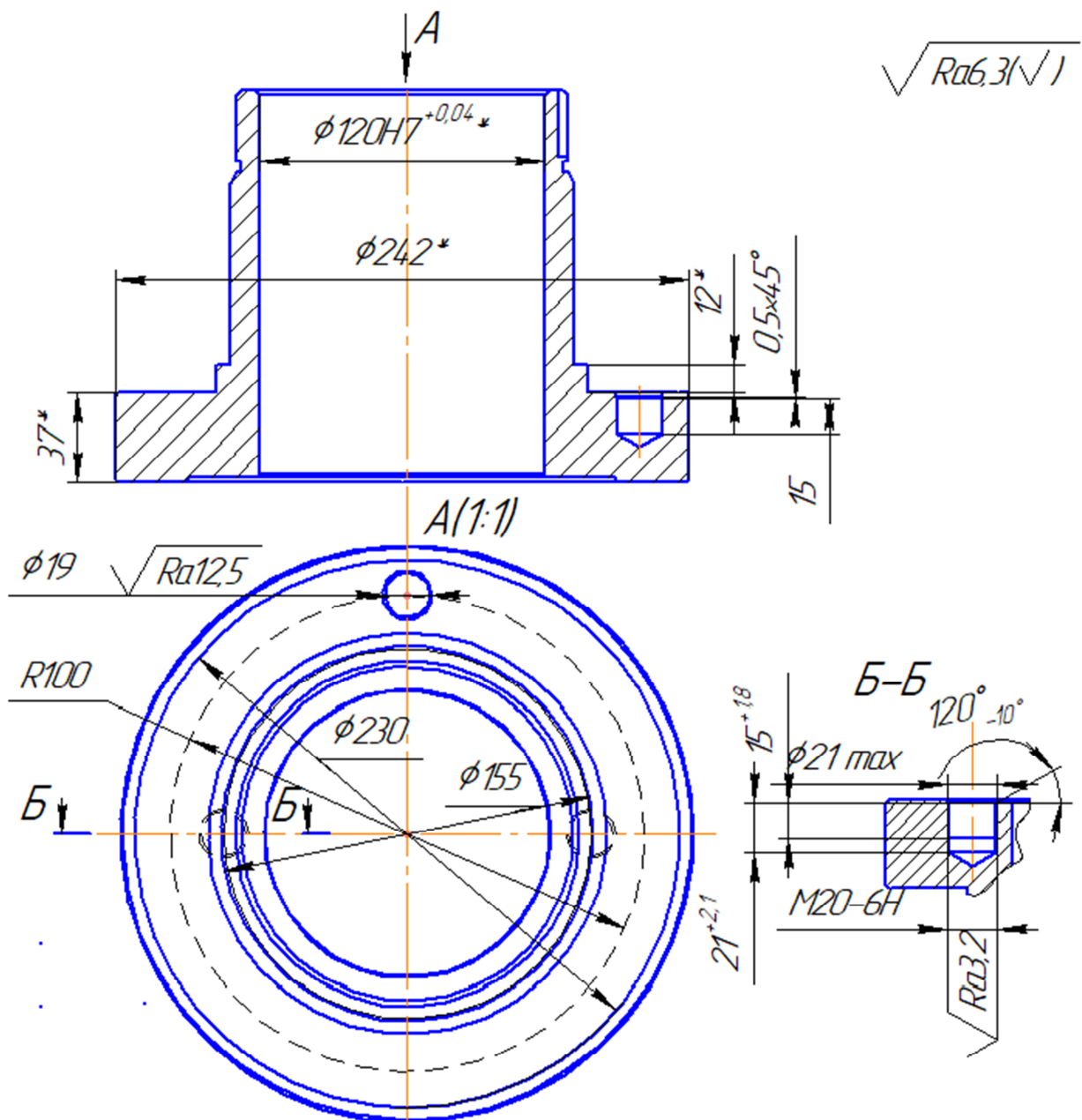
Загальна довжина 87 (мм).

Довжина ріжучої частини 28 (мм).

Технологічне оснащення: спеціальне пристосування, перехідна втулка Морзе, патрон цанговий.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-II, з ціною поділки 0,05 мм, ГОСТ 166-73; різбова пробка під ГОСТ 17756-72; скоба спеціальна.

Змащувально-охолоджуюча рідина МР-7 (ОСТ 38.01445-88).



Операційний ескіз (Операція 025)

Операція 030 - Контроль ВТК

Проводиться на столі ВТК, призначена для перевірки розмірів та допусків отриманих на операції 020.

Операція 035 – Вертикально-фрезерна з ЧПК.

Верстат: П'ятиосьовий оброблюваний центр MU-400V II.

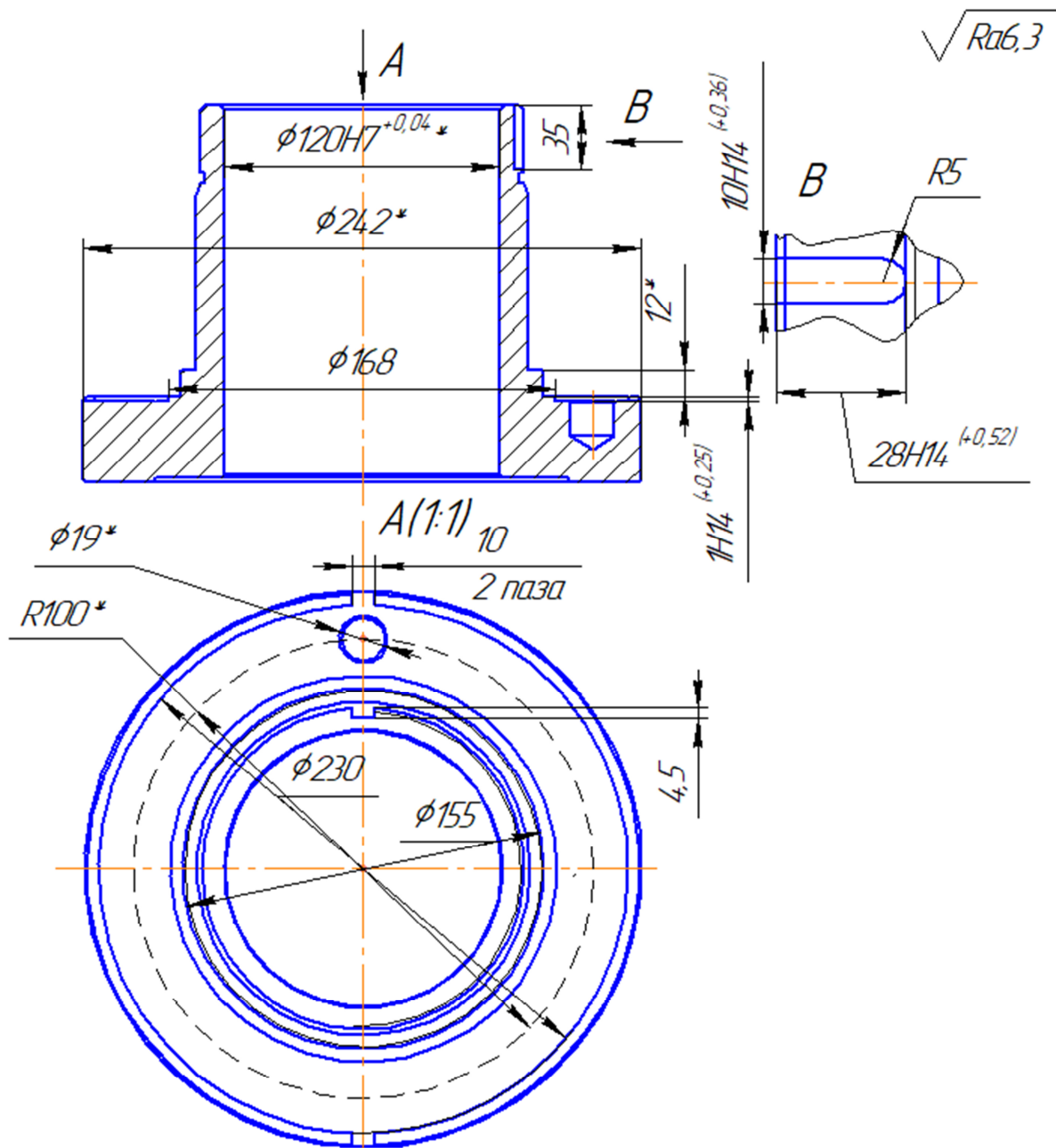
Технічну характеристику верстата дивитися в описі операції 025.

Вибір PI.

PI 1 - фреза концева, P6M5, ГОСТ 9304-88, позначення 2210-0061.

D=10 (мм).

Z=3.



Операційний ескіз (Операція 035)

Операція 040 - Контроль ВТК.

Проводиться на столі ВТК, призначена для перевірки розмірів та допусків отриманих на операції 035.

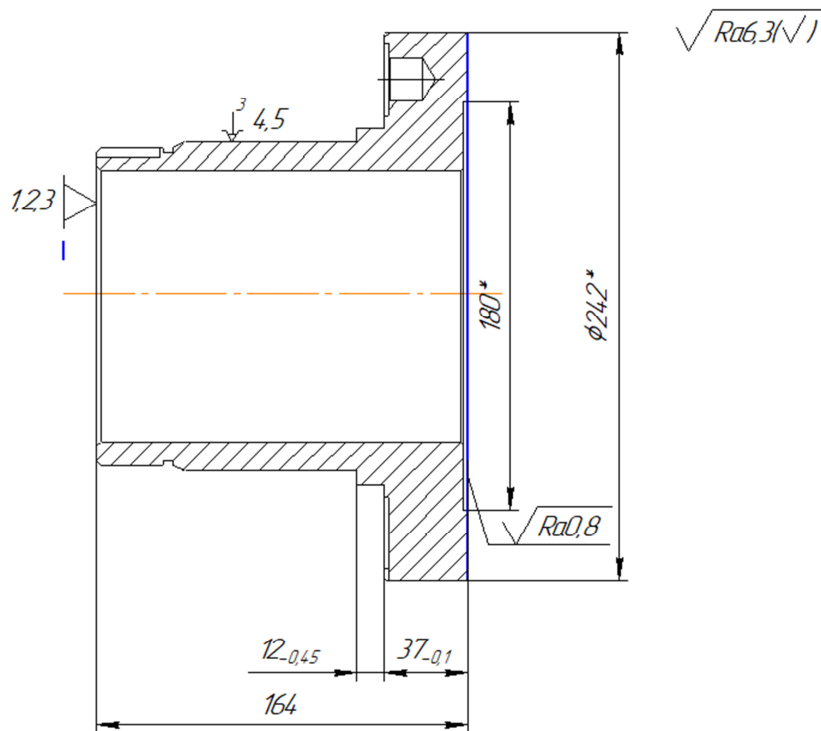
Операція 045 – Термічна.

На операції виконується відпуск при температурі 740 -800С°.

Операція 050 - Токарна з ЧПК.

Верстат 16A20Ф3 з системою ЧПК - WL-4Т.

Технічну характеристику верстата дивитися в описі операції 010.



Операційний ескіз (Операція 050)

Вибір РІ : (Чистове точіння).

РІ 1 - прохідний упорний з ромбічною пластиною із твердого сплаву Т15К6.
 $t_{\text{MAX}} = 1,5$ (мм).

Кодування РІ по ISO - PCLNR2525M12.

Головний кут в плані - 95°.

Кут при вершині - 80°.

Довжина РІ - 170 мм.

(Всі зовнішні поверхні отримуються даним РІ).

Технологічне оснащення: токарний самоцентрувальний 3-х кулачковий патрон ГОСТ 24351-80.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-ІІ, з ціною поділки 0,05 мм, ГОСТ 166-73.

Змащувально-охолоджуюча рідина МР-7 (ОСТ 38.01445-88).

Операція 055 - Контроль ВТК.

Проводиться на столі ВТК, призначена для перевірки розмірів та допусків отриманих на операції 050.

Операція 060 – Маркування.

Маркувати електропером А50/9.

Операція 065 - Контроль ВТК.

Проводиться на столі ВТК, призначена для перевірки допусків (перпендикулярності, радіального биття, та допусків позиціювання) отриманих на всіх попередніх операціях.

3-4 підхід різця до оброблюваної поверхні на прискореній подачі, не доходячи до неї.

4-5 РІ точить зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\varnothing 242$ мм на робочій подачі $S_0=0,21$ (мм/об).

5-6 відхід різця від обробленої поверхні на прискореній подачі.

6-7 підхід різця до оброблюваної поверхні на прискореній подачі, не доходячи до неї.

7-8 РІ підрізає фаску 10,5 на робочій подачі $S_0=0,21$ (мм/об).

8-В.Т. відхід різця в В.Т. на прискореній подачі.

3.4 Вибір режимів різання і нормування операцій технологічного процесу

010 Токарна з ЧПК.

На токарному патрно-центровому верстаті з ЧПК моделі 16А20Ф3 проводиться напівчистове, чистове і оброблювальне обточування поверхонь, показаних на рисунку.

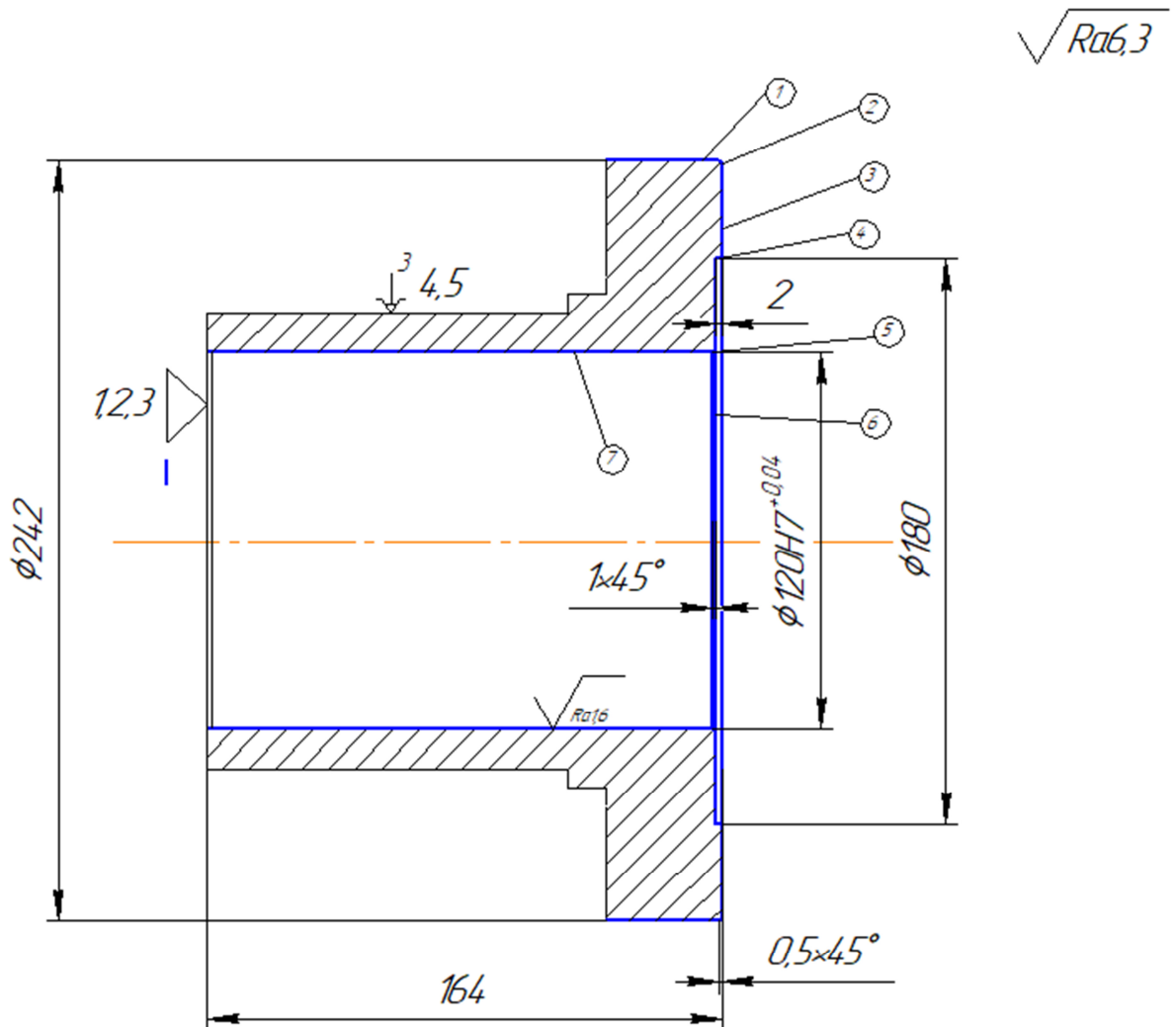


Рисунок 3.1 – Ескіз обробки на операцію 010.

Подача при точінні назначається по [17] с. 36, карта 1.

Вибір подач залежить від:

- стадії обробки;
- виду поверхні;
- оброблюваного матеріалу;
- діаметру деталі;
- глибини різання.

Поправочні коефіцієнти для подач вибираємо по [17].

Напівчистова стадія точіння:

$$K_{su}=1; K_{sp}=1; K_{sg}=1; K_{sh}=1; K_{sm}=1,15; K_{sy}=1,2; K_{sn}=1; K_{sq}=1; K_{sj}=0,75; K_{si}=1.$$

Чистова і оздоблювальна стадії точіння:

$$K_{sm}=1,15; K_{sy}=1,2; K_{sr}=1; K_{sk}=1; \text{ (для чистової), } K_{sk}=0,85 \text{ (для оздоблювальної); } K_{sqk}=0,9.$$

Напівчистова стадія розточування:

$$K_{sm}=1,15; K_{sh}=1; K_{sl}=0,5; K_{sq}=1; K_{sd}=0,8; K_{sp}=1; K_{su}=1.$$

Чистова і оздоблювальна стадії розточування:

$$K_{sm}=1,15; K_{si}=0,5; K_{sr}=0,85; K_{sk}=1; \text{ (для чистової), } K_{sk}=0,85 \text{ (для оздоблювальної); } K_{sqk}=0,9; K_{sd}=0,8.$$

Розрахунок подачі із врахуванням поправочних коефіцієнтів.

Напівчистова стадія:

$$S_{1.1} = 1,15 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,18 = 0,21;$$

$$S_{1.2} = S_{1.1};$$

$$S_{1.3} = S_{1.1};$$

$$S_{1.4} = 1,15 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,13 = 0,15;$$

$$S_{1.5} = S_{1.4};$$

$$S_{1.6} = S_{1.4};$$

$$S_{1.7} = S_{1.4}.$$

Чистова стадія:

$$S_{2.7} = 1,15 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,07 = 0,02.$$

Оброблювальна стадія:

$$S_{3.7} = 1,15 \cdot 0,5 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,03 = 0,009.$$

Визначаємо швидкість головного руху різання, що допускається різцем по [17] с.43, карта 6.

Поправочні коефіцієнти для швидкості різання вибираємо по [17]:

$$K_{vc}=1; K_{vo}=1; K_{vj}=1,1; K_{vm}=1,3; K_{vq}=1; K_{vt}=1; K_{vg}=1. K_{vu}=0,8 \text{ (для оброблювальної стадії).}$$

Розрахунок швидкості різання з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Напівчистова стадія:

$$V_{1.1} = 1,1 \cdot 1,3 \cdot 174 = 249;$$

$$V_{1.2} = V_{1.1};$$

$$V_{1.3} = V_{1.1};$$

$$V_{1.4} = 1,1 \cdot 1,3 \cdot 187 = 267;$$

$$V_{1.5} = V_{1.4};$$

$$V_{1.6} = V_{1.4};$$

$$V_{1.7} = V_{1.4}.$$

Чистова стадія:

$$V_{2.7} = 1,1 \cdot 1,3 \cdot 370 = 529.$$

Оброблювальна стадія:

$$V_{3.7} = 1,1 \cdot 1,3 \cdot 0,8 \cdot 487 = 557.$$

Фактичні оберти шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \quad (3.1)$$

Напівчистова стадія:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 249}{\pi \cdot 242} = 327, \text{ за формулою (3.1);}$$

$$n_2 = 327;$$

$$n_3 = 327;$$

$$n_4 = 472;$$

$$n_5 = 472;$$

$$n_6 = 472;$$

$$n_7 = 472.$$

Чистова стадія:

$$n_7 = \frac{1000 \cdot 529}{\pi \cdot 119,6} = 1407 \text{ за формулою (3.1).}$$

Оброблювальна стадія:

$$n_7 = \frac{1000 \cdot 557}{\pi \cdot 120} = 1477 \text{ за формулою (3.1).}$$

Хвилинну подачу визначаємо за формулою: $S_{XB}=S_0 \cdot n$.

$$S_{XB1}=0,21 \cdot 327=69;$$

$$S_{XB2}=S_{XB1};$$

$$S_{XB3}=S_{XB1};$$

$$S_{XB4}=0,15 \cdot 472=71;$$

$$S_{XB5}=S_{XB4};$$

$$S_{XB6}=S_{XB4};$$

$$S_{XB7}=S_{XB4};$$

$$S_{XB8}=0,02 \cdot 1407=28;$$

$$S_{XB9}=0,009 \cdot 1477=13.$$

Потужність вибираємо по [17] с. 48, карта 7.

Максимальна потужність на першій позиції = 3,9 кВт.

Максимальна потужність на другій позиції = 3,6 кВт.

Перевіряється, чи достатня потужність приводу верстата по залежності:

$$N_{рез.} \leq N_{уп.} \quad (3.2)$$

За паспортними даними верстата 16A20Ф3: максимальна потужність на шпинделі верстата 21,39 кВт – для головного шпинделя, 11,0 кВт - для контршпинделя.

Так як умова (3.2) виповнилася ($3,9 < 21,39$; $3,6 < 11,0$), то обробка можлива.

Таблиця 3.6 - Час автоматичної роботи верстата по програмі для P11.

Ділянка траекторії	X	Z	L	S _{XB}	T ₀	T _{MB}
0-1	0	250	111,8	2000	-	0,055
1-2	0	110	140	210	0,66	-
2-3	2	110	2	2000	-	0,001
3-4	2	242	140	2000	-	0,07
4-5	-40	242	42	210	0,2	-
5-6	-40	244	2	2000	-	0,001
6-7	-1,5	244	38,5	2000	-	0,019
7-8	1	234	10,31	210	0,049	-
8-0	100	300	114,74	2000	-	0,057

$$\Sigma T_0=0,66+0,2+0,049=0,909.$$

$$\Sigma T_{\text{MB}} = 0,055 + 0,001 + 0,07 + 0,001 + 0,019 + 0,057 = 0,203.$$

$$T_{\text{ца}} = T_o + T_{\text{MB}} \quad (3.3)$$

$$T_{\text{ца}} = 0,909 + 0,203 = 1,112.$$

Основний час визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S_{\text{XB}}} \cdot i \quad (3.4)$$

де L - довжина робочого ходу різця;

i - к-сть проходів.

4 Проектування спеціального оснащення

4.1. Проектування ріжучого інструменту

Згідно завдання необхідно спроектувати різальний інструмент - фрезу для обробки паза $b = 10$ мм. На операції вертикально-фрезерна з ЧПК, для фрезерування паза $b = 10$ мм застосовується ріжучий інструмент – кінцева фреза $\varnothing 10$ мм.

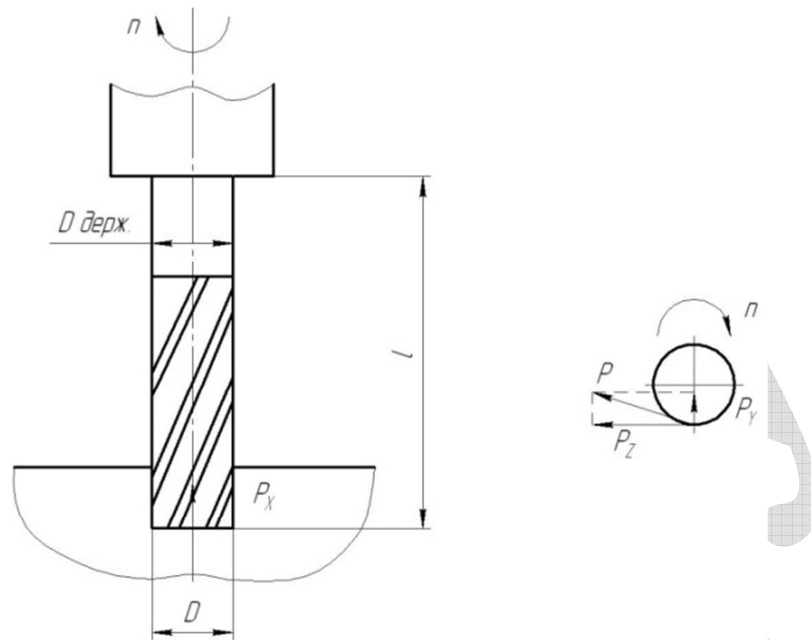


Рисунок 4.1 - Сили, що діють на фрезу.

Вибираємо за ГОСТ основні розміри: $D = 10$ мм і число зубів фрези $z = 3$. При фрезеруванні небезпечним перетином є найменший діаметр фрези-діаметр шийки. Діаметр шийки фрези розраховується за формулою:

$$d = 3 \sqrt{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1\sigma_{\text{и.д}}}}, \quad (4.1)$$

де $M_{\text{сум}}$ - сумарний момент, діючий на шийку фрези, Н·м;
 $\sigma_{\text{и.д}}$ - допустиме напруження на згин матеріалу державки,
 $\sigma_{\text{и.д}} = 250$ МПа.

Сумарний момент, діючий на шийку фрези, визначається за формулою:

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{M_{\text{изг}}^2 + M_{\text{кр}}^2}, \quad (4.2)$$

де $M_{\text{изг}}$ - згинаючий момент, діючий на шийку фрези, Н·м;
 $M_{\text{кр}}$ - крутний момент, діючий на шийку фрези, Н·м.

Згинальний момент, що діє на шийку фрези, визначається за формулою:

$$M_{изг} = \frac{3}{16} \cdot P \cdot l, \quad (4.3)$$

де P - рівнодіюча сила різання при фрезеруванні, Н;
 l - плече дії сили P , $l = 0,022$ м.

Рівнодіюча сила різання при фрезеруванні паза визначається за формулою:

$$P = \sqrt{P_Z^2 + P_Y^2}, \quad (4.4)$$

де P_Z - головна складова сили різання при фрезеруванні - колова сила, Н;
 P_Y - радіальна складова сили різання при фрезеруванні, по [12] с.292, таблиця 42: $P_Y = 0,35 \cdot P_Z$ Н.

Головна складова сили різання при фрезеруванні визначається за формулою:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^n \cdot z}{D_{фр}^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (4.5)$$

де C_P - коефіцієнт, по [12] с.291, таблиця 41 $C_P = 68,2$;
 x, y, n, q, w показники ступеня, по [12] с.291, таблиця 41
 $x = 0,86$; $y = 0,72$; $n = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$;
 t - глибина фрезерування, $t = 4,5$ мм;
 S_Z - подача на один зуб при фрезеруванні, $S_Z = 0,05$ мм/зуб;
 B - ширина фрезерування, $B = 10$ мм;
 z - число зубів фрези, $z = 3,0$;
 n - частота обертання фрези, $n = 560$ об/хв;
 K_{MP} - поправочний коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, визначається за формулою:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (4.6)$$

де σ_B - тимчасовий опір, для сталі 30Х13: $\sigma_B = 730$ МПа;
 n - показник степені, по [12] с.264, таблиця 9: $n = 6$.

$$K_{MP} = \left(\frac{730}{750} \right)^6 = 0,84.$$

Підставивши вибрані і розраховані значення в формулу (4.5), визначаємо головну складову сили різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4,5^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 10^{1,3}}{10^{0,86} \cdot 560^0} \cdot 0,84 = 1000 \text{ Н.}$$

Отже, радіальна складова сили різання дорівнює:

$$P_y = 0,35 \cdot 1000 = 350 \text{ Н.}$$

Підставивши розраховані значення складових сил різання в формулу (4.4), визначаємо рівнодіючу сили різання при фрезеруванні:

$$P = \sqrt{1000^2 + 350^2} = 1060 \text{ Н.}$$

Згинальний момент, що діє на шийку фрези, дорівнює:

$$M_{из} = \frac{3}{16} \cdot 1260 \cdot 0,022 = 5,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Крутний момент, діючий на шийку фрези, визначається за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D_{фр}}{2 \cdot 100}, \quad (4.6)$$

$$M_{кр} = \frac{1000 \cdot 8}{2 \cdot 100} = 40 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Сумарний момент, діючий на шийку фрези, дорівнює:

$$M_{сум} = \sqrt{5,2^2 + 40^2} = 40,33 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Діаметр шийки фрези дорівнює:

$$d = \sqrt[3]{\frac{40,33}{0,1 \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,016 \text{ м} = 16 \text{ мм}$$

Обрана фреза задовольняє розрахованим вище значенням. Діаметр шийки обраної фрези 16 мм.

4.2 Проектування верстатного пристрою

Згідно з завданням необхідно спроектувати спеціальний верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на першій та другій позиціях операції комплексної на оправках з ЧПК.

Використання верстатних пристосувань з механічним приводом сприяє:

- 1) підвищенню продуктивності обробки;
- 2) підвищенню точності оброблення;
- 3) розширенню технічних можливостей обладнання;
- 4) підвищенню безпеки праці;
- 5) використанню робочих нижчої кваліфікації;
- 6) введенню багатOVERSTATного обслуговування та вивільненню працівників;
- 7) полегшенню умов праці.

На першій та другій позиціях операцій комплексної обробки на обробних центрах з ЧПК виконується фрезерування пазів.

Позиція 1.

Фрезерування пазу l28, h4,5, b10, на поверхні M140x2-6g з шорсткістю поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra.

Позиція 2.

Фрезерування пазів h1, b10, на поверхні l37_{0,1} з шорсткістю поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra.

Точність форми та взаємного розташування оброблюваних поверхонь не регламентовано (допуски обмежені допусками на відповідні операційні розміри)

Обробка заготовки комплексної обробки на обробних центрах з ЧПК відбувається на п'ятиосьовому оброблюваному центрі MU-400V II. Технічна характеристика верстата приведена в таблиці 4.1.

Ріжучий інструмент.

РІ 1 - фреза концева, Р6М5, ГОСТ 9304-88, позначення 2210-0061.

D = 10 (мм);

Z = 3.

Таблиця 4.1 - Технічна характеристика верстата.

Розміри робочої поверхні столу, мм	400x1050
Переміщення столу, мм - координата X - координата Y - координата Z - вісь A, градуси	762 460 460 +20 ~ -110
Шпиндель Вісь C, градуси Швидкість шпинделя, хв ⁻¹ Торець шпинделя	360 8000 [15000/20000/25000/35000] 7/24 конус №40 [7/24 конус №40, HSK-A63, HSK-F63]
Діаметр переднього підшипника, мм	70
Швидке переміщення A/B/C, хв ⁻¹	A: 14400 C: 18000
Двигуни Головний шпиндель, кВт	11/7.5 [22/18.5, 30/22, 15/11, 15]
Вісь подачі Вісь X, м/хв Вісь Y, м/хв Вісь Z, м/хв	40 40 32
Швидкість подачі Вісь X, м/хв Вісь Y, м/хв Вісь Z, м/хв	32 32 32
Інструмент Хвостовик інструменту Максимальна кількість інструментів Максимальний діаметр інструменту, мм	MAS BT40 [HSK] 20 90 (із суміжними інструментами), 125 (без суміжних інструментів)
Максимальна довжина (від лінії вимірювання), мм Максимальна маса інструменту, кг	240 8
Габарити Висота, мм Займана площа, мм Вага, кг	2946 2160*2810 7700

4.2.1 Аналіз схеми базування заготовки

Заготовка представлена сукупністю розвинутих, простих за формою поверхонь (плоских торців, зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь). На роль технологічної бази перш за все претендує поверхня центрального циліндричного отвору $\varnothing 120H7^{+0,04}$, яка має досить велику довжину (164 мм). Також як технологічну базу можна використати поверхню плоского торця $\varnothing 242$.

Розглянемо схему базування заготовки на першій позиції технологічної операції. З урахуванням сказаного пропоную схему базування заготовки, наведену на рис. 4.2.

Для деталі типу довгий циліндр, при базуванні, рекомендується використання подвійної направляючої бази. Деталь позбавляється п'яти ступенів свободи, мають місце дві технологічні бази (розглядаємо I позицію):

- подвійна направляюча, внутрішній діаметр, позбавляє деталь чотирьох ступенів свободи: переміщень уздовж осі Z, Y і обертань навколо осей Z і Y;
- опорна, торець, позбавляє деталь одного ступеня свободи: переміщень уздовж осі X.

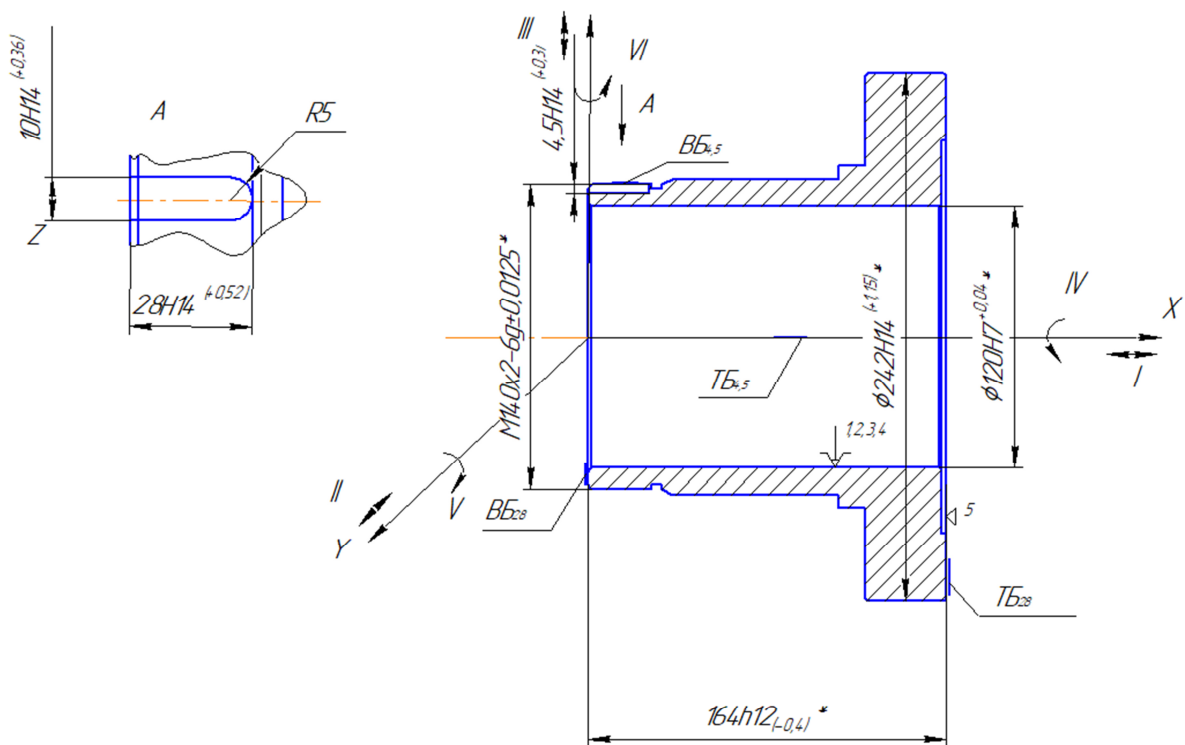


Рисунок 4.2 – Схема базування заготовки (Позиція I).

Таблиця 4.2 – Таблиця відповідності.

Бази	Зв'язки	Ступені волі
------	---------	--------------

ПНБ	1,2,3,4	II, III, V, VI
ОБ	5	I

Таблиця 4.3 - Таблиця матриці зв'язків.

	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	1	1	Подвійна направляюча база
α	0	1	1	
L	1	0	0	Опорна база
α	0	0	0	

Виконуємо аналіз пропонованої схеми базування з точки зору забезпечення точності операційних розмірів.

Для лінійного розміру 4,5 технологічна база та вимірювальна база не співпадають: похибка базування не дорівнює нулю ($\varepsilon_{б_{4,5}} \neq 0$).

$$\varepsilon_{б_{4,5}} = \frac{T_{140}}{2} = 0,0125 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{б_{4,5}} = 0,0125 \text{ мм} < T_{4,5} = 0,3 \text{ мм}.$$

Висновок: Пропонована схема базування заготовки забезпечує точність розміру 4,5 мкм.

Для лінійного розміру 28 технологічна база та вимірювальна база не співпадають: похибка базування не дорівнює нулю ($\varepsilon_{б_{28}} \neq 0$).

$$\varepsilon_{б_{28}} = T_{164h_{12}} = 0,4 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{б_{28}} = 0,4 \text{ мм} < T_{28} = 0,52 \text{ мм}.$$

Висновок: Пропонована схема базування заготовки забезпечує точність ріжучого інструменту 28 мкм.

Розглянемо схему базування заготовки на другій позиції технологічної операції. Деталь позбавляється п'яти ступенів свободи, мають місце дві технологічні бази (розглядаємо II позицію):

- подвійна направляюча, внутрішній діаметр , позбавляє деталь чотирьох ступенів свободи: переміщень уздовж осі X, Y і обертань навколо осей X і Y;
- опорна, торець, позбавляє деталь одного ступеня свободи: переміщень уздовж осі Z.

Схему базування і закріплення приведено на рисунку 1.9.

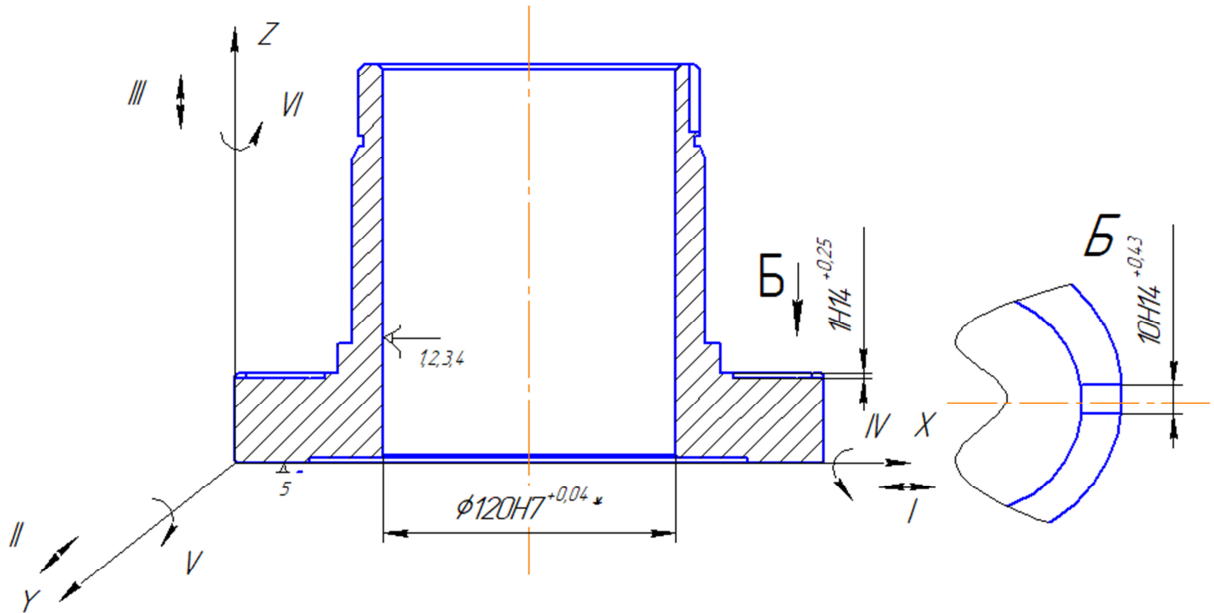


Рисунок 4.3 – Схема базування заготовки (Позиція II).

Таблиця 4.4 – Таблиця відповідності.

Бази	Зв'язки	Ступені волі
ПНБ	1,2,3,4	I, II, IV, V
ОБ	5	III

Таблиця 4.5 – Таблиця матриці зв'язків.

	X	Y	Z	Найменування бази
L	1	1	0	Подвійна направляюча база
α	1	1	0	
L	0	0	1	Опорна база
α	0	0	0	

4.2.2 Аналіз схеми закріплення заготовки

Розрахунок сили закріплення.

Для розрахунку сили закріплення заготовки розглянемо схему на рис. 4.4. Відповідно до обраної схеми базування заготовки передбачено, що фіксація заготовки здійснюється з використанням розтискної самоцентруючої оправки з сухарями (кулачками).

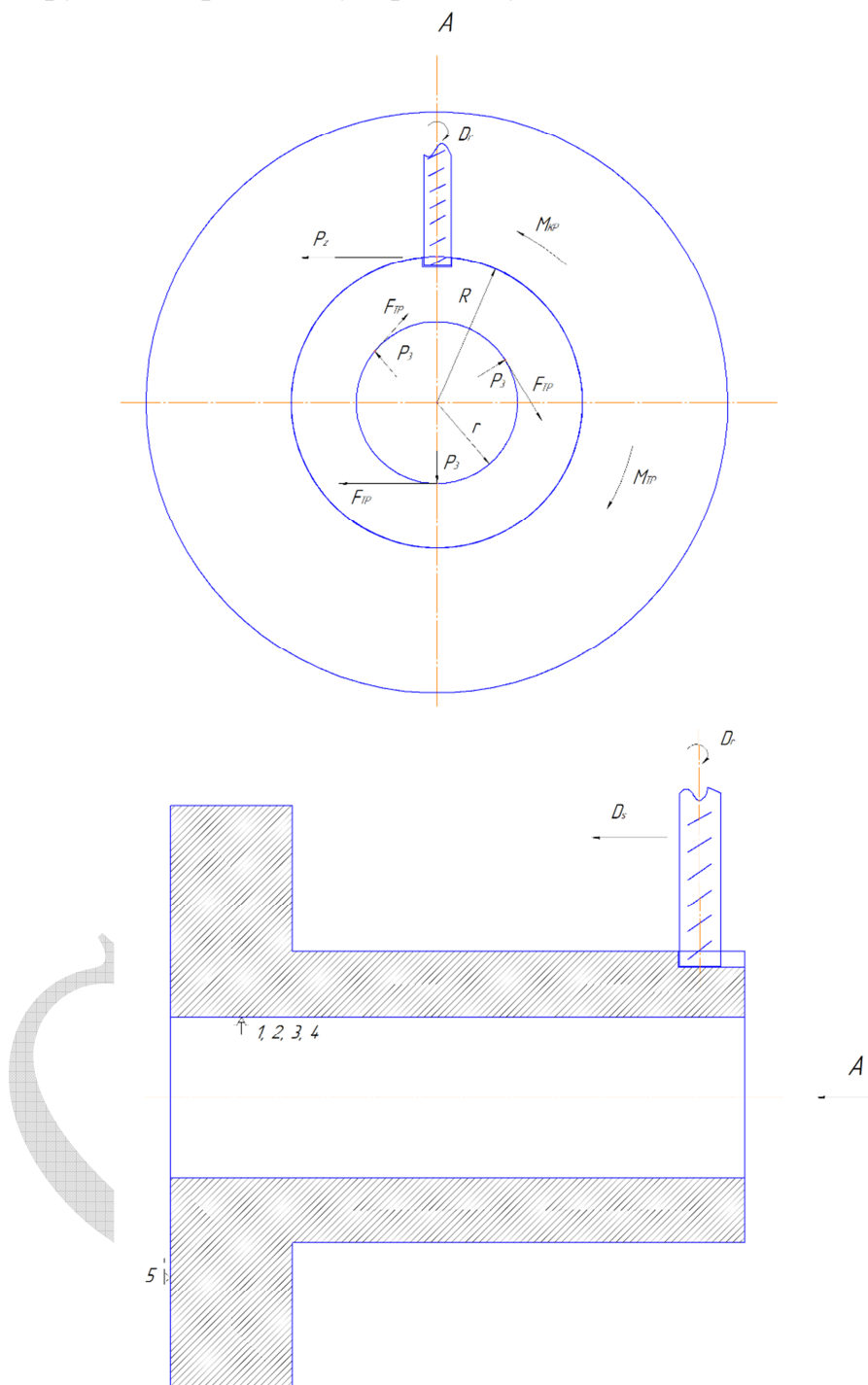


Рисунок 4.4 – Схема розрахунку сили закріплення заготовки.

На заготовку діятиме сила P_z , яка утворює момент різання $M_{кр}$, який у свою чергу сприяє повороту заготовки проти годинникової стрілки (рис. 4.4).

На заготовку діятиме сила закріплення P_3 , яка утворює момент тертя $M_{тр}$, що спричиняє опір моменту кручення $M_{кр}$.

Таким чином, із закріпленням заготовки, для її надійної фіксації, має виконуватись умова

$$M_{тр} > M_{кр} ,$$

або з урахуванням коефіцієнта запасу $k_{зап}$, який враховує умови закріплення,

$$M_{тр} = M_{кр} \cdot k_{зап} ,$$

де $M_{тр}$ – момент тертя ;

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot r ,$$

де r – радіус закріплення заготовки, $r = 242$ мм;

$F_{тр}$ – сила тертя;

$$F_{тр} = P_3 \cdot f ,$$

де P_3 – сила закріплення;

f – коефіцієнт тертя, при контакті обробленої заготовки з опорами і затискними елементами пристосування ($f = 0,16$ по довіднику технолога-машинобудівника, том 2, с. 85, таблиця 10);

$M_{кр}$ – момент кручення;

$$M_{кр} = P_3 \cdot R ,$$

R – радіус поверхні різання $R = 120$ мм;

$k_{зап}$ – коефіцієнт запасу,

$$k_{зап} = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 ,$$

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

k_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкових нерівностей на оброблюваних поверхнях, при чистовій обробки, $k_1 = 1,2$ – для чорнової обробки;

k_2 - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту (по довіднику технолога-машинобудівника, том 2, с. 84, таблиця 9, $k_2 = 1$) ;

k_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому точінні і торцевому фрезеруванні, $k_3 = 1$;

k_4 - коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення, при використанні пневмоциліндрів подвійної дії $k_4 = 1$;

k_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів, $k_5 = 1$;

k_6 - коефіцієнт враховують тільки при наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку, $k_6 = 1$.

$$k_{зап} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8 .$$

$k_{зап} = 1,8$ - оскільки розрахункове значення коефіцієнта запасу K виявилось менше 2,5, приймаємо значення $K = 2,5$.

Спираючись на попередні формули, маємо:

$$F_{тр} \cdot r = P_z \cdot R \cdot k_{зап}$$
$$P_z \cdot f \cdot r = P_z \cdot R \cdot k_{зап},$$

де P_z - сила різання;

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP},$$
$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4,5^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 10^{1,3}}{10^{0,86} \cdot 560^0} \cdot 0,84 = 1000Н.,$$

де z - число зубців;

t – глибина;

S_z - подача на зуб;

B – ширина;

K_{MP} – коефіцієнт, який залежить від якості оброблюваного матеріалу для сталі і чавуну по табл.9 [2];

D - діаметр фрези;

n – частота;

C_p , x , y , n , q , w - значення постійної C_p та показників ступеня в табл. 41, с. 291 [2]

$$P_z = \frac{P_z \cdot R \cdot k_{зап}}{f \cdot r},$$
$$P_z = \frac{1000 \cdot 120 \cdot 2,5}{0,16 \cdot 242} = 7747,93 Н.$$

4.2.3 Вибір механізованого приводу. Розрахунок приводу

Визначимо силу на штоці Q з урахуванням передаточного пристрою - клинної муфти.

$$Q = \frac{P_3}{i_c},$$

де P_3 – сила закріплення, $P_3 = 7747,93$ Н;

i_c – передаточне відношення сил, що залежить від кута α , при $\alpha = 15^\circ$ $i_c = 1,9$; [СТМ Т.2];

$$Q = \frac{7747,93}{1,9} = 4077,85 \text{ Н.}$$

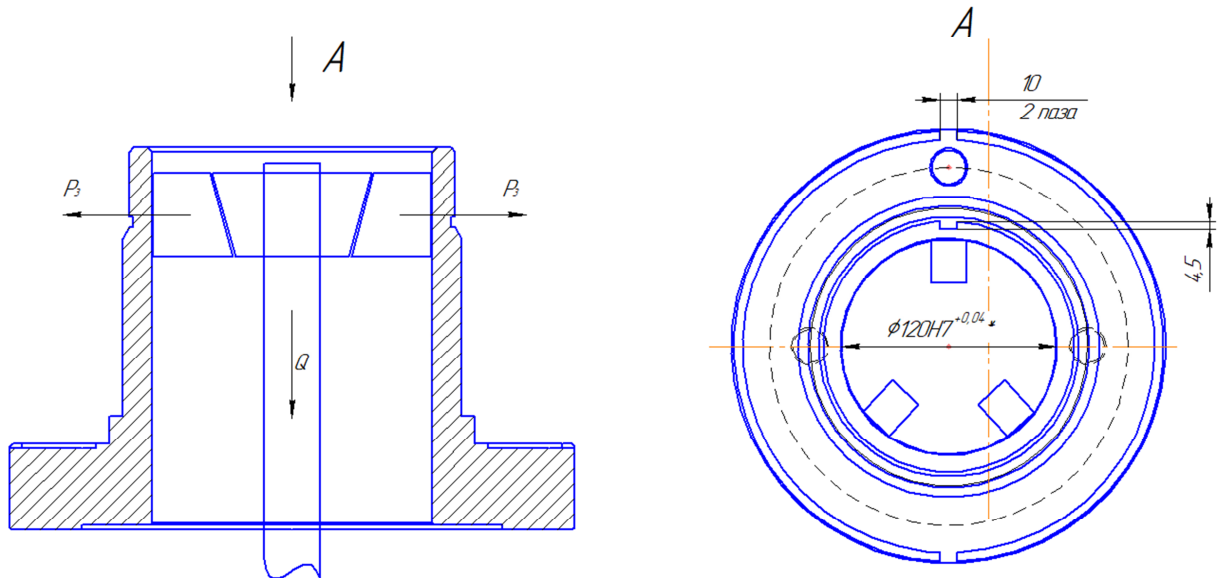


Рисунок 4.5 – Схема дії сили закріплення та осевої сили на штоці привода.

Сила на штоці для пневмокамер двосторонньої дії при подачі стисненого повітря в штокову порожнину, визначається за формулою

$$Q = \frac{\pi \cdot |(D + d)^2 - d_1^2| \cdot p \cdot \eta}{16},$$

де Q - сила на штоці, $Q = 4077,85$ Н;

d - діаметр диска, $d = 0,7 D = 112$ мм;

D - діаметр пневмокамери (поршня);

P - тиск стисненого повітря, $p = 0,4$ МПа;

d_1 - діаметр штока, приймаємо 50мм;

η - к.к.д. що враховує втрати в пневмокамері, $\eta = 0,85$.

Спираючись на попередню формулу, маємо

$$D = \sqrt{\frac{16Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta} + d_1^2} - d$$

$$D = \sqrt{\frac{16 \cdot 4077,85}{0,4 \cdot 0,85 \cdot \pi} + 50^2} - 112 = 121,28 \text{ Н.}$$

Беремо найближчий більший стандартний діаметр пневмокамери двосторонньої дії. $D_\phi = 125 \text{ мм.}$

Визначаємо фактичну силу на штоці

$$Q_\phi = \frac{\pi \cdot [(125 + 112)^2 - 50^2] \cdot 0,4 \cdot 0,85}{16} = 3696,65 \text{ Н.}$$

4.2.4 Розрахунок верстатного пристрою на точність

Визначимо розрахункові параметри, тобто ті параметри, які в найбільшій мірі впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. У нашому випадку до розрахункових параметрів варто віднести точність взаємного розміщення основних і допоміжних конструкторських баз пристрою, а саме відхилення від перпендикулярності центральної осі оправки відносно опорної поверхні корпусу пристрою (яким пристрій встановлюється на стіл верстата). Ці параметри є однорідними з похибками, що обумовлені на кресленні деталі найбільш жорсткими допусками на взаємне розміщення поверхонь, тобто точністю на розмір, що задає глибину пазу 4,5Н14:

$$T = 0,6 \cdot T_{4,5Н14} = 0,6 \cdot 0,3 = 0,18 \text{ мм.}$$

Похибку виготовлення верстатного пристрою визначимо за формулою:

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

де $T = 0,18$ мм - найбільш жорсткий допуск розташування або розміру (з тих, які одержують на даній операції);

K_T – коефіцієнт, що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин ($K_T = 1,2$);

K_{T1} – коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, беремо $K_{T1} = 0,85$;

ε_{δ} – похибка базування, беремо $\varepsilon_{\delta} = 0$ мм;

ε_s – похибка закріплення, беремо $\varepsilon_s = 0$ мм;

ε_y – похибка встановлення верстатного пристрою на столі верстата, беремо $\varepsilon_y = 0$ мм;

ε_n – похибка, пов'язана з використанням напрямних пристроїв, за відсутності напрямних пристроїв беремо $\varepsilon_n = 0$ мм;

ε_{zn} – похибка, пов'язана зі зношенням робочих поверхонь установчих елементів пристрою, За умови рівномірного зношення робочих поверхонь установчих елементів пристрою беремо $\varepsilon_{zn} = 0$ мм;

$$K_{T2} = 0,6;$$

$\omega = 0,02$ мм – економічно досяжна точність оброблення поверхні деталі;

$\varepsilon_{noz} = 0,02$ мм – точність позиціонування робочих органів верстата.

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{\text{пр.роз}} = 0,18 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,02)^2 + 0,02} = 0,0097 \text{ мм} = 9,7 \text{ мкм.}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск перпендикулярності центральної осі оправки відносно опорної поверхні корпусу пристрою [7, с. 109]

$$\varepsilon_{\text{пр}} \square \varnothing 125 = 10 \text{ мкм.}$$

Вказуємо на складальному кресленні пристрою як технічну вимогу (або у вигляді умовної позначки вимоги на полі креслення, або у вигляді тексту над основним написом креслення), що допуск перпендикулярності центральної осі оправки відносно опорної поверхні корпусу пристрою - не більше 10 мкм.

4.2.5 Будова та принцип дії верстатного пристрою

Базовими елементами верстатного пристрою є корпус поз. 4, в верхній центральній частині якого розміщено розтискну оправку поз. 9, що в свою чергу з'єднує шпильку поз. 11 та збірну одиницю мембрану поз. 1.

Корпус оправки поз. 5 зафіксовано до корпусу поз. 4 вісьмома гвинтами поз. 16 і надають надійне їхнє закріплення. При русі шпильки поз. 11 вниз, три кулачки поз. 7 та кільця пружинні поз. 3 надають надійне закріплення заготовки. Самі кулачки зміщаються за допомогою клинної муфти поз. 10, а гвинт поз. 13 надає контроль зміщення шпильки поз. 11. Для ручного регулювання шпильки поз. 11 можна використати гайку поз. 2 закручуючи чи викручуючи її. Сам корпус поз. 4 прикріплений до верстату рим-болтами поз. 17, а шпильки поз. 18, які закріплені до корпусу поз. 4 гвинтами поз. 14 надають стійке положення обладнання на верстаті.

В нижній центральній частині корпусу поз. 4 розташована мембрана поз. 1, котра закріплена до цього корпусу гвинтами поз. 15, також ці гвинти утримують кришку поз. 6, яка захищає мембрану поз. 1 від пошкоджень із зовні та утримує повітря всередині безштокової порожнини під час піднімання шпильки поз. 11 вгору. Манжета поз. 8 закріплена гвинтами поз. 12 не дає повітрю виходити через зазори утворені між корпусом поз. 4 та шпилькою поз. 11.

Для обробки заготовки її встановлюють по центральному отвору $\varnothing 120H7^{+0,04}$ на розтискну оправку з упором на торець. При цьому між поверхнею отвору в заготовці та поверхнею кулачків має місце зазор. Для фіксації заготовки та її центрування відносно центральної осі оправки необхідно подати повітря до штокової порожнини пневмокамери.

При цьому шток пневмокамери буде переміщуватись вниз, зміщуючи шпильку та клинову муфту: кулачки оправки будуть розходитись в радіальному напрямку усуваючи зазор та створюючи необхідні сили закріплення.

4.3 Проектування вимірювального інструменту

Згідно завдання необхідно спроектувати калібр-пробку для контролю поверхні $\varnothing 120H7$. Придатність деталей з допуском від IT6 до IT9 найбільш часто перевіряють граничними калібрами. Комплект робочих граничних калібрів для контролю розмірів гладких циліндричних деталей складається з прохідного калібру ПР і непрохідного калібру НЕ.

Калібри для контролю розмірів отвору називаються пробками, а для контролю розмірів вала - скобами. За призначенням калібри ділять на дві основні групи: робочі калібри ПР і НЕ, і контрольні калібри (К-ПР, К-НЕ, К-І).

Робочі калібри призначені для контролю виробів в процесі їх виготовлення. Цими калібрами користуються робітники і контролери ВТК заводу-виготовлювача, причому в останньому випадку застосовують частково зношені калібри ПР і нові - НЕ. Контрольні калібри К-ПР, К-НЕ застосовуються для установки регульованих калібрів-пробок і контролю нерегульованих калібрів-пробок. Контрольний калібр К-І є непрохідним і служить для вилучення з експлуатації внаслідок зносу прохідних робочих пробок.

Визначаємо граничні розміри калібру-пробки для отвору діаметром $d = 120$ мм з полем допуску H7 (граничні відхилення: $es = +0,050$ мм; $ei = 0$ мм).

Граничні розміри отвору визначаємо за формулами:

$$d_{\max} = d + es, \quad (4.7)$$

$$d_{\max} = 120 + 0,040 = 120,040 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = d + ei, \quad (4.8)$$

$$d_{\min} = 120 + 0 = 120 \text{ мм}.$$

За [19] с. 280, таблиця 2.3 для квалітету 7 і інтервалу розмірів $80 \div 120$ мм знаходимо дані для розрахунку розмірів калібрів-пробок: $H1 = 6$ мкм; $Z1 = 5$ мкм, $Y1 = 4$ мкм.

Граничні розміри калібрів-пробок визначаємо за формулами:

$$HE\text{ ПР}_{\max} = d_{\max} - Z_1 + H_1 / 2, \quad (4.9)$$

$$HE\text{ ПР} = 120,040 - 0,005 + 0,006/2 = 120,038 \text{ мм}.$$

Виконавчий розмір $120,038^{+0,004}$ мм.

$$\text{ПР} = H/2, \quad (4.10)$$

$$ПР_{\max} = 120 + 0,006/2 = 120,003 \text{ мм},$$

Виконавчий розмір $120,003^{+0,004}$ мм.

Розмір зношеного ПР калібру-пробки визначається за формулою:

$$ПР_{\text{изн}} = d_{\max} + Y_1, \quad (4.11)$$

$$ПР_{\text{изн}} = 120,040 - 0,004 = 120,036 \text{ мм}.$$

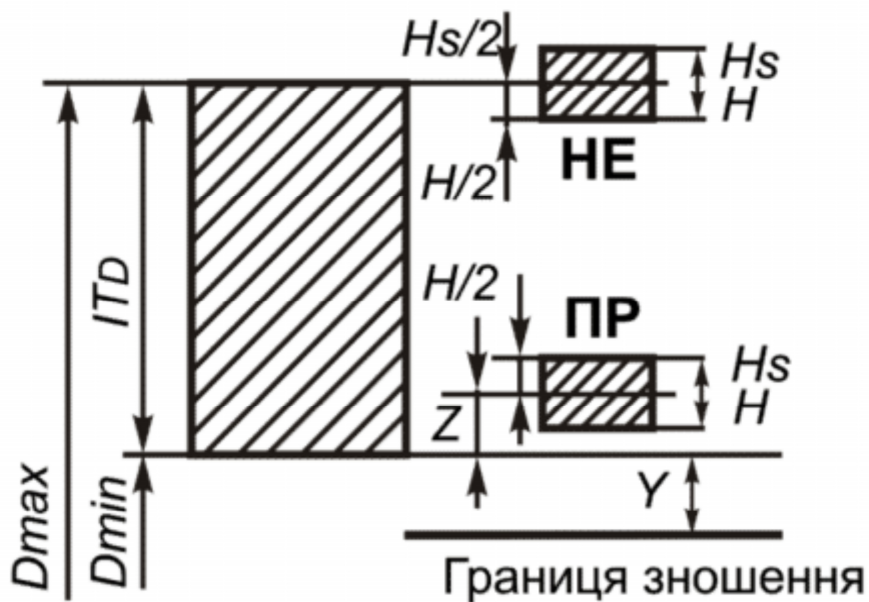


Рисунок 4.6 - Схема розміщення полів допусків для отвору $\varnothing 120H7$

5 Дослідницька частина

Тема: «Види відказів інструменту»

З властивостей, що визначають якість інструменту в процесі експлуатації, найважливішим є надійність. Роль надійності особливо велика для автоматизованого обладнання, зокрема для верстатів з ЧПК, ГПМ і ГПС. При заданих властивостях призначення (продуктивності, якості обробки та ін.) Надійність включає практично всі властивості, які проявляються в сфері експлуатації. З урахуванням ГОСТ 27.002-83 під надійністю інструменту слід розуміти властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції при заданих режимах і умовах експлуатації. Надійність інструменту складається з поєднань властивостей безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності і зберігання.

Першим етапом оцінки надійності інструменту є аналіз його відмов (подій, які полягають у втраті працездатності). У табл. 5.1 наведено види відмов інструменту зі змінними багатогранними пластинами.

Найбільші втрати на виробництві викликають поломки ріжучих пластин і інших деталей по перетину. Якщо поверхня руйнування проходить через отвір ріжучої пластини (1.1), відмова є непозбавляема (пластина повинна бути списана), то ж для державки різця в разі її руйнування по поперечній поверхні (1.5). Такі руйнування особливо характерні при обробці заготовок з конструкційних сталей з великими перерізами зрізу.

Досить поширеними видами відмови пластин є відколи відносно вузьких шарів твердого сплаву уздовж задньої (2.1, а), передній (2.1, б) або опорної (2.2) поверхні. Часто, особливо при різанні заготовок з важкооброблюваних матеріалів і переривчастому різанні, зустрічаються контактні руйнування: викришування як працюють (3.1), так і непрацюючих (відходить стружкою, 3.2) ділянок ріжучої частини пластини.

При великих подачах і використанні твердих сплавів підвищеної міцності і пластичності має місце пластична деформація ріжучої частини у вершини різця (4.1). Ймовірно також пластичне деформування опори (4.2) або ріжучої пластини у вершини різця, особливо в тих випадках, коли опорна пластина відсутня або виготовлена не з твердого сплаву.

Зношування леза пластини (5.1) може мати різну форму і фізичну природу. Це питання добре вивчений фахівцями з теорії різання). Інтенсивному зношуванню може піддаватися стружколом (5.2). Менш інтенсивно зношуються елементи кріплення (5.3) та інші деталі.

Специфічною відмовою збірного інструменту є саморозкріплення пластин (6.1).

Якщо опорна пластина не закріплена самостійно, а сила кріплення ріжучої пластини або її складова не спрямована в бік опорної поверхні, спостерігається рухливість опорної пластини при закріпленій ріжучої

пластині (6.2). Це може викликати вібрації, поломку або викришування ріжучої пластини.

Необхідно відзначити, що відмови бувають залежними і незалежними. Так, поломка пластини може бути результатом попереднього викришування (3.1), пластичного деформування опори (4.2) або прихвата (4.3), саморозкріплення (6.1 і 6.2) і т. д.

Таблиця 5.1 - Поширені види відмов збірного інструменту

Вид відмови	Відмовив елемент і місце відмови	Вид відмови	Відмовив елемент і місце відмови
1. Поломка по перетину	1.1 Пластина по отвору 1.2 Пластина у вершини по товщині (а), по товщині і ширині (б), по ширині (в) 1.3 опора 1.4 елемент кріплення 1.5 корпус ножа або блоку	3. Викришування	3.1 Ріжуча частина у вершини (с) по пезу (б), по передній поверхні (в) 3.2 Непрацююча поверхню кромки пластини (пошкодження стружкою)
			4.1. У вершини пластини 4.2. Опора 4.3. Прихват
2. Сколювання	2.1. Пластина по ріжучої частини вздовж задньої (с) і передній (б) поверхонь 2.2. Пластина уздовж опорної поверхні	4. Пластичне деформування	
		5. Зношування	5.1. Лезо пластини 5.2. Стружколом 5.3. Елемент кріплення та інші деталі
		6. Разкріплення	6.1. Пластина 6.2. Опора

Важливо визначити кількісні закономірності, що дозволяють прогнозувати структуру і число відмов інструменту. Так, встановлено, що частка поломок (непереборних відмов) для відносно однорідних умов експлуатації залежить від товщини зрізу. На рисунку 5.1 показано вплив подачі на частку поломок < 7 Н середніх за розмірами різців з Т5КЮ при точінні заготовок з конструкційних сталей НВ 1500-3200 в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва. При подачах, характерних для чорнової обробки (5 - 0,4...0,8 мм/об), має місце 15-20% непереборних поломок.

Має місце залежність

$$q_n = m_n / m = C_m S_0^m,$$

де m_n - число поломок (непереборних відмов);

m - загальна кількість відмов;

C_m, S_0^m - коефіцієнт і показник ступеня, при точінні заготовок з конструкційних сталей різцями середніх розмірів, оснащеними пластинами з Т5КЮ, $C_m = 0,6, S_0^m = 0,8$.

Великий вплив на структуру відмов надає жорсткість і пов'язана з нею вібростійкість технологічної системи. Дослідження відрізних різців показали, що подвійна амплітуда $2A$ і частота коливань визначають вид відмови.

Від характеру вібрацій залежить вид зношування і руйнування робочої частини інструменту. При низькочастотних коливаннях (системи верстата і деталі) посилюється зношування інструменту в основному по передній поверхні, а руйнування у вигляді викришування і відколів різних розмірів - уздовж задньої поверхні. При високочастотних коливань (системи інструменту) зношування посилюється в основному по головній задній поверхні, а руйнування - вздовж передньої поверхні.

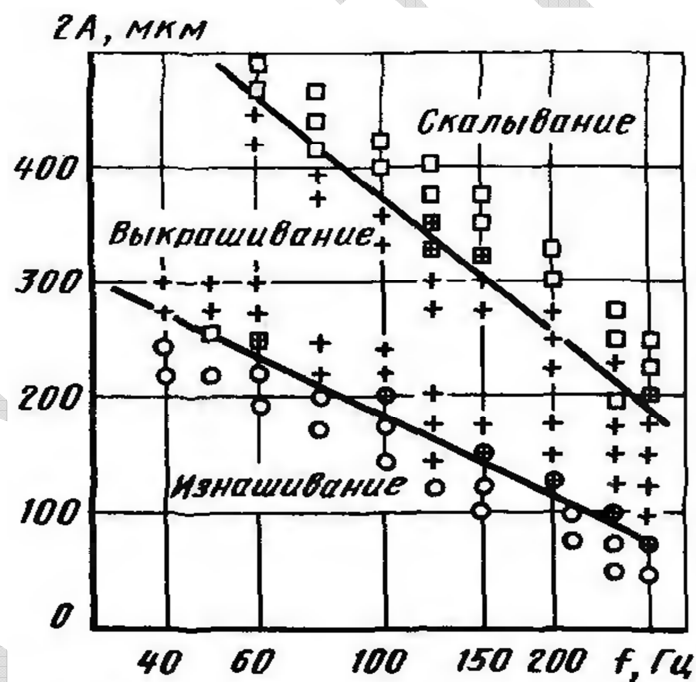


Рисунок 5.1 – Вплив подачі на частку поломок (непереборних відмов) різців з Т5КЮ

На рисунку 5.1 показані значення $2A$, при яких утворюються зони умов, що відповідають зношування, викришування або сколювання відрізних різців.

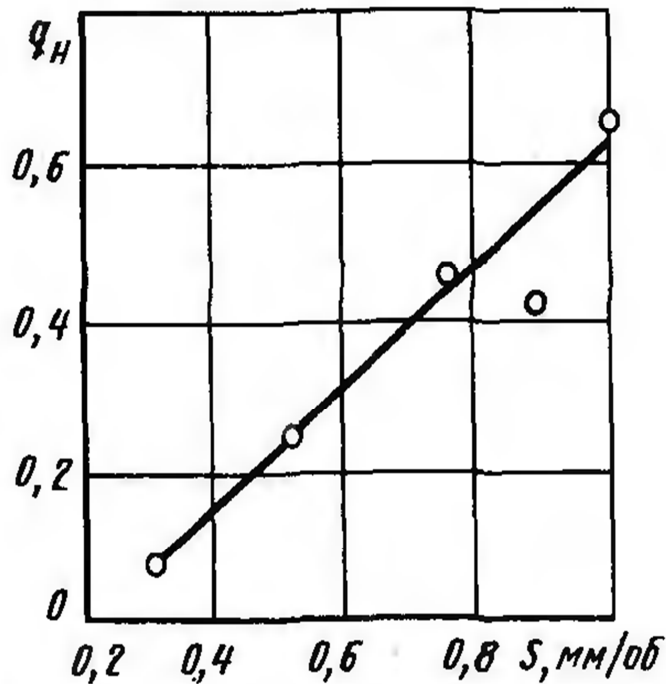


Рисунок 5.2 – Зони зношування, викришування і сколювання відрізних різців в залежності від поєднання амплітуди і частоти коливань ($h_3 / D_3 = 17,5$, $S = 0,17$ м/об, $V = 75$ м/хв)

Іспити проводили на токарному верстаті збірними (пластинчастими) відрізними різцями ($t = 6$ мм), оснащеними твердим сплавом Т5К10. Заготовка - прокат зі сталі 45 діаметром від 50 до 150 мм, спеціальна охолоджуюча рідина 5%-ва емульсія. Визначення згаданих зон дає можливість по амплітуді і частоті коливань (незалежно від причини їх виникнення) судити про те, які відмови інструменту будуть переважати в кожному конкретному випадку обробки. Амплітуда і частота коливань можуть бути обчислені в залежності від параметрів технологічної системи.

В таблиці 5.2 показано, як безпосередньо впливають параметри, що характеризують жорсткість технологічної системи, на структуру відмов і показники надійності різців (умови див. на рисунку 5.2).

Структура відмов інструменту визначається також схемою сил кріплення ріжучої пластини, конструкцією вузла кріплення вставки, ножа або блоку, способом кріплення державки різця на супорті або корпусі фрези на верстаті.

Відповідно до принципів системного підходу можна розглядати надійність не інструменту, а технологічної системи (ТС) в цілому або навіть виробничої системи (ВС). Так, на практиці мають місце відмови, пов'язані з появою вібрацій або стружки, небезпечної для робітника.

Таблиця 5.2 - Вплив параметрів жорсткості технологічної системи на надійність відрізних різців з пластинами Т5КЮ

Досліджуваний показник	Основний розмірний параметр параметру $2 > c$, мм			Відношення довжини обробленої деталі до її діаметру				Виліт різця, мм		
	400	630	1000	8	12,6	17,5	22,5	35	70	ПО
Параметр вібрацій технологічної системи:										
подвійна амплітуда $2A$, мкм	200	175	150	—	50	150	425	—	25	62
частота, Гц	75	150	225	—	250	175	130	—	2500	1250
Число відмов, %										
зношування	28	36	42	53	47	36	17	56	36	4
викришування	38	37	34	30	33	37	42	27	38	32
сколювання	26	21	19	14	16	21	31	14	22	54
інші	8	6	5	3	4	6	10	3	4	10
Характеристика надійності:										
середній період стійкості T , хв	58	75	90	ПО	100	75	30	35	26	8
коефіцієнт варіації періоду стійкості T_g	0,50	0,40	0,35	0,25	0,30	0,40	0,62	0,30	0,45	0,80
гамма процентний період стійкості T_u , хв	30	42	55	65	60	42	12	19	13	2
число періодів стійкості K	3,2	4,0	5,0	6,2	5,5	4,0	2,0	5,7	4,7	2,0
повний середній період стійкості T , хв	185	300	450	680	550	300	60	200	122	16

Відмовою ВС є простій верстата через несвоєчасного подання інструменту на робоче місце. Конструктори інструменту не завжди дають собі звіт в тому, що ці прості можуть бути пов'язані не тільки з організаційними неполадками, а й з недосконалістю конструкції інструменту. Статистичні дані показують, що перехід від напаяного інструменту до застосування інструменту зі змінними пластинами або блоками і особливо на системи модульного інструмента в ряді випадків скорочують прості завдяки полегшенню інструментозабезпечення.

Аналіз виду відмов інструменту і їх відносної кількості дозволяє намітити шляхи підвищення якості інструменту. Тому перед початком проектування нового інструменту доцільно поряд зі статистичним аналізом умов експлуатації вивчити структуру відмов експлуатованого інструменту.

Узагальнення великого числа даних показує, що при економічних та доцільних режимах різання частка поломок (НЕ-усунених відмов) ріжучих тврдосплавних пластин при чорновому і напівчистовому точінні (коли подача не обмежується вимогами точності і шорсткості поверхні) становить 0,2...0,3 при обробці заготовок з конструкційних сталей, 0,1...0,2 - заготовок з корозійно-стійких, загартованих сталей і чавунів, а при чистовому точінні 0,03...0,07. Це вказує на те, що проблема забезпечення міцності пластин по перетину стосується головним чином інструменту, призначеного для чорнкової і напівчистої обробки заготовок з конструкційних сталей.

При поломки виду 1.1 і 1.2, а (див. табл. 5.1) потрібно застосовувати пластини збільшеної товщини. Ширина пластин може бути зменшена, так як великого числа переточувань не буде потрібно. Поломки виду 1.2, в вказують на необхідність збільшення ширини пластини, а поломки типу 1.2, б свідчать про те, що збільшувати розміри пластини недоцільно. При поломках виду 1.1...1.3 і викришування виду 3.1 міцність і стійкість інструменту може бути підвищена шляхом застосування віброабразивної обробки і відповідного заокруглення лез. Чим більше відсоток цих видів відмов, тим вище ефективність віброабразивної обробки.

Таким чином, аналіз кількості відмов інструменту дозволяє визначити доцільність тих чи інших конструктивних і технологічних заходів по підвищенню якості інструменту, а також прогнозувати їх ефективність.

6 Література

- 1 Добрыднєв І.С. Курсове проектування по предмету "Технологія машинобудування": Учебн. посібник для технікумів по спеціальності "Обробка матеріалів різанням". - М.: Машинобудування, 1985. 184 с., ил.
- 2 ГОСТ 7505-89. Поковки сталеві штамповані.
- 3 Справочник технолога-машинобудівця. В 2-х т. Т. 1 /Под ред. А.Г.Косилової і Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1985. 656 с., ил.
- 4 Справочник технолога-машинобудівця. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А.Г.Косилової і Р.К.Мещерякова. - 2-е изд., перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1973. 694 с., ил.
- 5 Кирилук Ю.Е. Допуски і посадки: Справочник. 2-е изд., перераб. і доп. - К.: Вища школа. Головне видання, 1989.-135с., с ил., 29 таблиц.
- 6 Обробка металів різанням: Справочник технолога/ А.А.Панов, В.В.Анікін, Н.Г.Бойм і др.; Под общ. Ред.. А.А.Панова. - М.: Машинобудування. 1988. - 736 с.: ил.
- 7 Общемашинобудівельні нормативи часу і режимів різання для нормування робіт, виконуваних на універсальних і багатоцільових станках з ЧПУ. Частина II, М., Економіка. 1990. 478 с.
- 8 Горошкін А.К. пристосування для металорежущих станків: Справочник -7-е изд., перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1979.-303 с., ил.
- 9 Общемашинобудівельні нормативи часу і режимів різання для нормування робіт, виконуваних на універсальних і багатоцільових станках з ЧПУ. Частина I, М., Економіка. 1990. 206 с.
- 10 Справочник технолога-машинобудівця. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А.Г.Косилової і Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1985. 656 с., ил.
- 11 Общемашинобудівельні нормативи часу і режимів різання для нормування робіт, виконуваних на універсальних і багатоцільових станках з ЧПУ. Частина II, М., Економіка. 1990. 478 с.
- 12 Дунин-Барковський І.В. Взаємозамінюваність, стандартизація і технічні вимірювання. Учебник для вузів. Изд. 2-е, перераб. і доп. М., «Машинобудування», 1975.
- 13 «Проектування металорежущих інструментів»./ Под ред. І.І.Семенченко. - М.: Машгиз, 1963., 952с.

14 Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти. Харків: НТМТ, 2020. 258 с.

15 Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. ОСНОВИ ТВОРЕННЯ МАШИН / [За редакцією О.В.Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. — Харків: Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с.: 52 ил.

16 Стрелец В.В., Малюта М.Ю. Про новий технологічний процес механічної обробки подушки гідропр'яти насоса ЦНСг 13-70 / Тези доповіді / Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма ІХ Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 19–22 квітня 2022 р.) / Редкол.: О.Г.Гусак, І.В.Павленко. — Суми: Сумський державний університет, 2012. — 245 с. — С. 101.

17 Finger S., Dixon J.R. A review of research in mechanical engineering design. Part II: Representations, analysis, and design for the life cycle //Research in engineering design. — 1989. — Т. 1. — №. 2. — С. 121-137.

18 Wickens C.D. et al. An introduction to human factors engineering. — Upper Saddle River, NJ : Pearson Prentice Hall, 2004. — Т. 2.

7 Графічна частина

Додаток А – Креслення «Подушка гідроп'яті»

СумДУДП

Справа №

Лист № подл. Подп. и дата

СумДУДП

Справа №

Лист № подл. Подп. и дата

СумДУДП

Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
у	Разраб.	Малююта		у	14,2	1:2
	Пров.	Стрелец		Лист		Листов - 1
	Т.контр.					
	Н.контр.					
	Утв.					

Подушка гідроп'яті

Сталь 30Х13
ГОСТ 5632-72

КМ-81-О

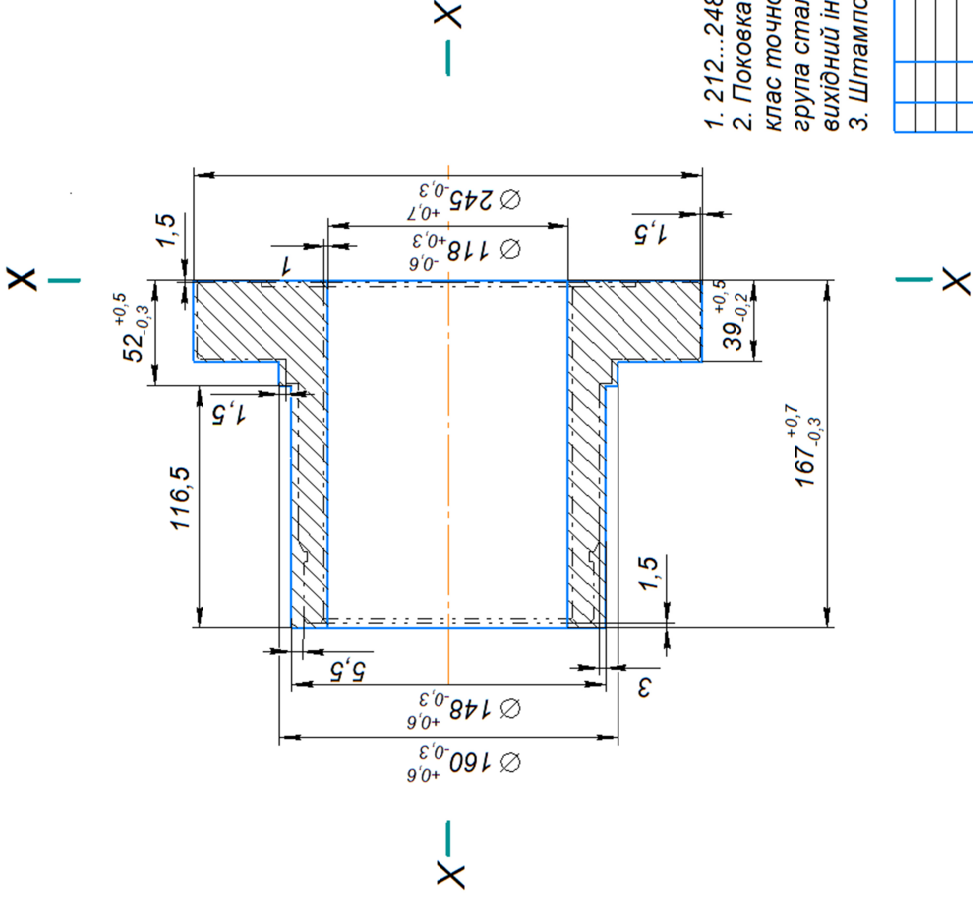
Копировал
Формат А3

1. 388...444НВ. 1а. Допускається кування Гр1 ГОСТ25054-81.
 2. Незазначені граничні відхилення розмірів Н14, h14, ± 2/IT14.
 3. Різьбу Г і отвір В після термообробки не контролювати.
 4. Маркувати виробничий номер позначення креслення і марку матеріалу електролером.
 5. Таврувати знак ОТК на бирці.

Додаток Б – Креслення «Заготовка-штампована»

СумДУДП

√ Ra25



1. 212...248 НВ.
2. Поковка штампована на ГКМ ГОСТ 7505-89; клас точності - Т4; група сталі - М1; ступінь складності - С2; вихідний індекс - 14.
3. Штамповочні уклони 5...7.°

Ім. Лист		№ докум.		Подп.		Дата		Лист		Масштаб	
Розроб.		Малював		Проєкт.		Стрелець		Т.контр.		18,44	
Н.контр.		Утв.		СумДУДП		Подоушка гідроляти		Листов		1:2	
Спрає. №		Лист		Маса		КМ-81-О		1		Формат А3	
Лист		КМ-81-О		Копіювал		Сталь 30x13 ГОСТ 5632-72		Штампована на ГКМ			

Імє № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №. Ине. инв. №. Ине. № дубл. Подп. и дата. Спрає. №. Листе. притен.

Додаток Г – Креслення «Маршрутний техпроцес»

ШІШІШІШІШІШІ	Найменування операції Обладнання	№ операції	Найменування операції Обладнання	№ операції	Технологічне оснащення	Технологічне оснащення	Технологічне оснащення
005	Контроль ВТК	005	Контроль ВТК	030	Контроль ВТК	Контроль ВТК	Стіп ВТК, штангенциркуль
010	Токарна з ЧПК	010	Токарна з ЧПК	035	Фрезерна з ЧПК	Фрезерна з ЧПК	П'ятиосьовий оброблювачий центр MU-400V II фреза кінцева Ø10 Z=3 (Р6М5)
015	Токарна з ЧПК	015	Токарна з ЧПК	040	Контроль ВТК	Контроль ВТК	Стіп ВТК, штангенциркуль
020	Контроль ВТК	020	Контроль ВТК	045	Термічна	Термічна	Впуск при температурі 740 -800С° низькотемпературний відпал з одним переохолодженням
025	Свердлувальна з ЧПК	025	Свердлувальна з ЧПК	050	Токарна з ЧПК	Токарна з ЧПК	Верстат 16А20Ф3 Р1 1 - прохідний упорний (Т15К6)
030	Контроль ВТК	030	Контроль ВТК	055	Контроль ВТК	Контроль ВТК	Стіп ВТК, штангенциркуль
035	Контроль ВТК	035	Контроль ВТК	060	Маркування	Маркування	Електропрого А50/9
040	Контроль ВТК	040	Контроль ВТК	065	Контроль ВТК	Контроль ВТК	Стіп ВТК, штангенциркуль

СумДУДПМТТ			
Ім'я	Підрозділ	Місце	Відомості
Ім'я	Підрозділ	Місце	Відомості
Ім'я	Підрозділ	Місце	Відомості
Ім'я	Підрозділ	Місце	Відомості
Ім'я	Підрозділ	Місце	Відомості
Ім'я	Підрозділ	Місце	Відомості
Ім'я	Підрозділ	Місце	Відомості
Ім'я	Підрозділ	Місце	Відомості
Ім'я	Підрозділ	Місце	Відомості
Маршрутний технологічний процес			
КМ-81-О			

Формат А1

Додаток Д – Креслення «Маршрутна карта, перша сторінка»

ГОСТ 3.1118-82										Форма 1								
Дубл.																		
Взам.																		
Пооп.										СумДУ МК 01140	5	1						
Разроб.	Малюва		СумДУ		ОДП 0901 ПГ		СумДУ МК 10140											
Провер.	Стрелец																	
Н. контр.																		
М01	Штамповка ГОСТ 7505/Сталь 30x13 ГОСТ 5632-72																	
М02	Код	Ев	МД	ЕН	Н. расх.	К/ИМ	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ							
	-	166	14,2	1	18,44	0,77	Штамповка	D245x167		1	18,44							
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
А03	XX	XX	XX	005	Контрольно ВТК							ИОТ № XXX						
Б04	XXXXXX	XXXX			Стіл	ВТК	4	XXXX	211	1P	1	1	1	125	-	XX	XX	
05																		
А06	XX	XX	XX	010	4114 Токарна з ЧПК						ИОТ № 245							
Б07	XXXXXX	XXXX					2	15292	320	1P	1	1	1	20	1	23	5,08	
О08	Точити торець D242/165,5 ^{+0,7} _{-0,3} , витримуючи розміри згідно креслення за програмою																	
09	Точити поверхню D242/137,5 ^{+0,5} _{-0,2} , витримуючи розміри згідно креслення за програмою																	
10	Точити фаску 0,5x45D, витримуючи розміри згідно креслення за програмою																	
11	Точити поверхню D120H7 ^{+0,04} _{-0,3} /165,5 ^{+0,7} _{-0,3} , витримуючи розміри згідно креслення за програмою																	
12	Точити фаску 1x45D, витримуючи розміри згідно креслення за програмою																	
13	Точити торець D180/164, витримуючи розміри згідно креслення за програмою																	
14	Точити поверхню D180/165,5 ^{+0,7} _{-0,3} , витримуючи розміри згідно креслення за програмою																	
T15	XX	XX	XX	XX	Патрон 7108-0021 ГОСТ 2571-71; 92150XXXX Різець PCLNR 2525-M12 T5K10, T15K6;													
16	XX	XX	XX	XX	Штангенциркуль ШД D-300-0,05 ГОСТ 166-73													
МК																		

Додаток И – Креслення «Верстатний пристрій»

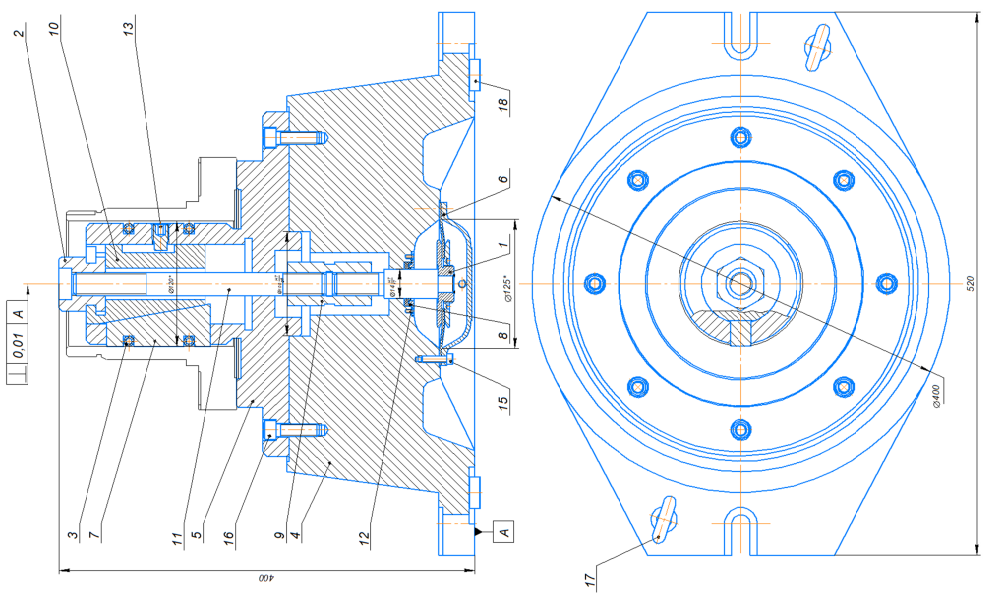
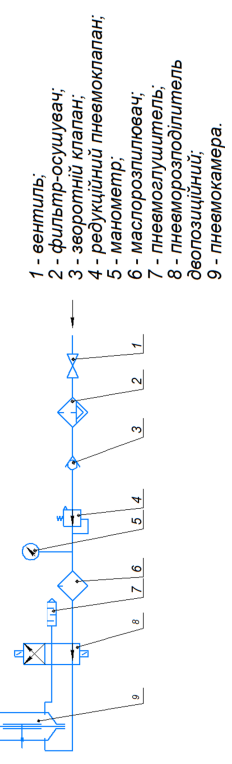


Схема підключення пневмокамери до пневмережі



- 1 - вентиль;
- 2 - фільтр-осушувач;
- 3 - зворотній клапан;
- 4 - редукційний пневмоклапан;
- 5 - манометр;
- 6 - масторозпильнювач;
- 7 - пневмоглушитель;
- 8 - пневморозподілитель депозиційний;
- 9 - пневмокамера.

Технічна характеристика

- 1 Зусилля на шток пневмокамери при тиску повітря у пневмережі 0,4 МПа - 3696 Н.
- 2 Зусилля закріплення заготовки - 7747 Н.

Технічні вимоги

- 1 Розмір для двовок.
- 2 Виробування на герметичність виконується при тиску повітря 0,4 МПа протягом 30 хв.
- 3 Термін зберігання точності - більше 3 років.

СумДУПТСК	
Склад	Маса
Дат.	Дат.
Присл.	1,2
Складальне креслення	Лист
КМ-81-О	

Додаток І – Креслення «Різець»

СумДУДПРІСБ

Лист. примен.

Спрає. №

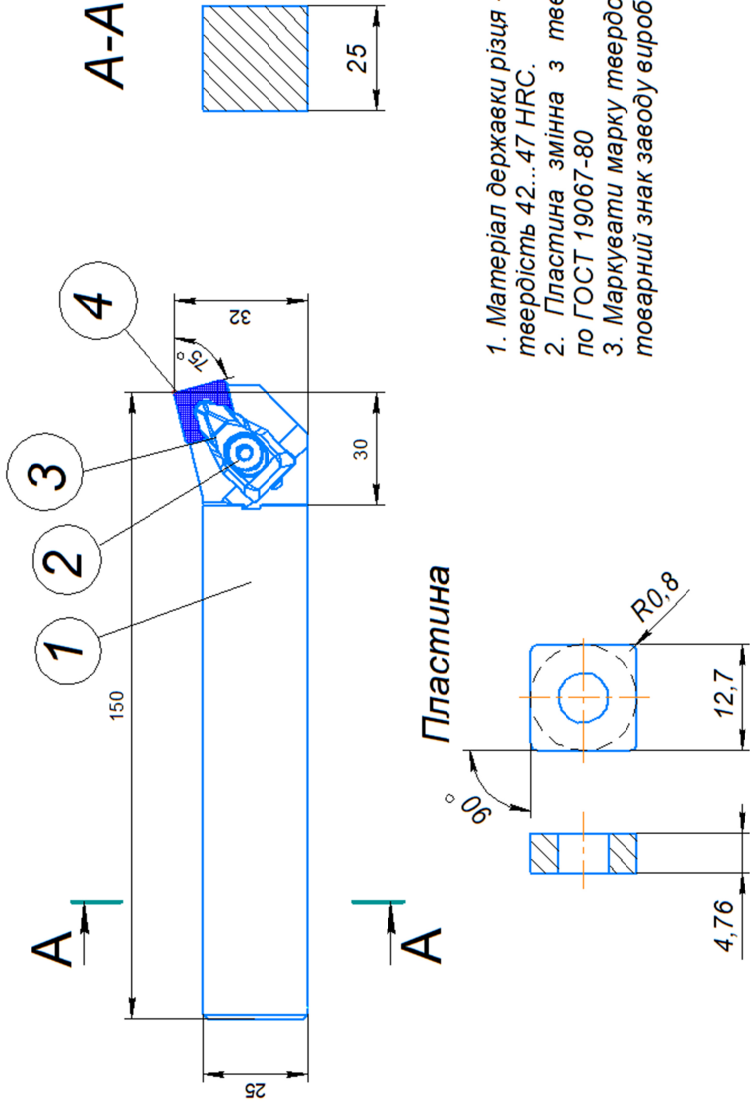
Ине. № подл.

Попл. и дата

Взам. ине. №

Ине. № дубл.

Попл. и дата



1. Матеріал державки різця - сталь 40Х по ГОСТ 4543-71*.
твердість 42...47 HRC.
2. Пластина змінна з твердого сплава Т5К10,
по ГОСТ 19067-80
3. Маркувати марку твердого сплава, форму пластини,
товарний знак заводу виробника..

СумДУДПРІСБ				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Побп.	Дата	Різець РСЛNR2525-М12	
Разраб.				(з механічним кріпленням)		
Прое.				Листов 1		
Т.контр.				Листов 1		
И.контр.				КМ-81-0		
Утв.				Копировал		

Формат А3

Додаток І – Креслення «РТК свердловальної операції»

СумДУДПРТК

СумДУДПРТК

СумДУМКОККП 09 РТК		Літера									
		Координати РІ		№ операції							
№РІ	Ріжучий інструмент	Оснащення	X_i	Y_i	Z_i	S , мм/об (мм/хв)	V_{max} , м/хв	$T_{o, max}$, хв			
1	Свердло Ø17 Р6М5-П 2301-3397 ГОСТ 12121-77	Патрон 2-50-12-100 ОСТ2 П12-7-84	0	225	100	23	0,09	2389	30	0,24	Матеріал деталі Сталь 30х13 ГОСТ 5632-72
2	Свердло Ø19 Р6М5-П 2301-3397 ГОСТ 12121-77	Патрон 2-50-8-100 ГОСТ 26539-85	0	225	100	23	0,14	762	24,4	1,23	
3	Зенківка 120 ⁰ Р6М5-П 2353-0144 ГОСТ 14953-80	Втулка 50-2 ОСТ2 П12-7-84	0	225	100	2,5	0,07	410	16,2	0,67	
4	Мітник М20-6Н 2620-1515 Р6М5-П 2У2-035-975-85 Державка 50-48-231, ОСТ2 П15-2-84	Патрон 191221040 ТУ2-035-975-85 Державка 50-48-231, ОСТ2 П15-2-84	0	225	100	21	1,75	313	11,8	0,18	
Присприй		Патрон токарний 3-кулачковий 7100-0007 ГОСТ2675-80. Кулачки розточені на діаметр D300 мм та довжину L=15 мм.									

Лист	№ докум.	Малюнка	Лист	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Проєкт.	Стрелець	Т. контр.	Н. контр.	Умв.	0	1:2

СумДУДПРТК

Розрахунково-технологічна карта

KM-81-0

Копіював: _____

Формат А3

Літера

№ операції

Лист

Маса

Масштаб

Лист

Маса

Масштаб

Лист

Маса

Масштаб

Лист

Маса

Масштаб

Лист

Додаток Й – Креслення «РТК токарної операції»

СумДУДПРТК		СумДУМКОКП 09 РТК		Літера					
		Оснащення		Координати РІ		№ операції			
		Ріжучий інструмент		Блок, вултка		X_i Y_i Z_i		V_{max}, T_o, M/Хв	
1		Різець РСЛНР255-М12 Т5К10		-		300 0 100		0,21 327 249 0,66	
2		Різець S16K-PCNL09 Т5К10		-		300 0 100		0,02 1407 529 0,2	
3								Матеріал деталі	
4								Сталь 30Х13 ГОСТ 5632-72	
5								ЗОР емульсія	
6								Верстат 16А20Ф3	
7								Система ЧПК "WЛ4"	
Пристрій		Патрон токарний 3-кулачковий Т108-0021 ГОСТ 2571-71							

СумДУДПРТК		СумДУДПРТК	
Розрахунково-технологічна карта		Лист. Маса Масштаб	
1:2		1:2	
Листов		Листов	
КМ-81-0		КМ-81-0	

Копіював
Формат А3

Додаток К – Креслення «РТК фрезерної операції»

СумДУДПРТК		СумДУМКОКП 09 РТК		Літера		№ операції	
РІ		Ріжучий інструмент		Оснащення		Координати РІ	
№РІ		X _i Y _i Z _i		t _z мм		S, мм/об	
V _{max} , м/хв		T _{об} , хв		№ операції		№ операції	
1		0 210 100		4,5 2,3		146	
Фреза кінцева 2510-4088 Р6М5 ГОСТ 9324-80 спеціальна		Втулка спеціальна		110		14,7	
Сталь 30Х13		ГОСТ 5632-72		МД 2000У		Система ЧПК "WL4"	
Пристрій		Оправа		Ra 6,3			

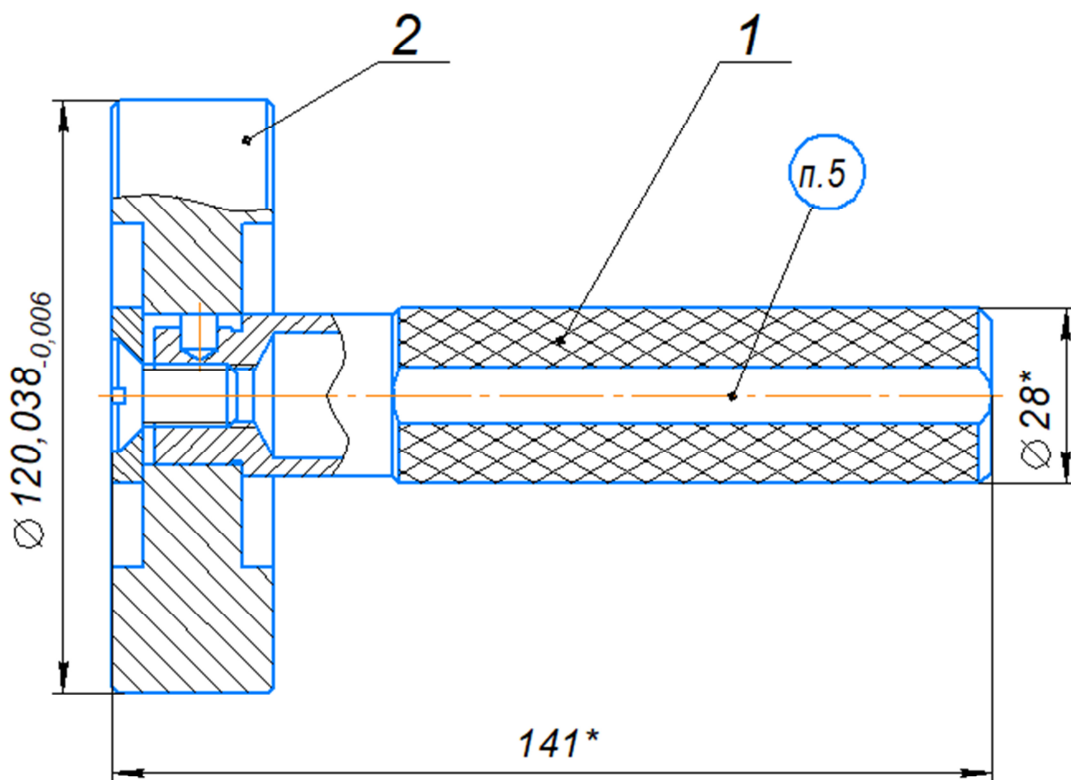
СумДУДПРТК		Розрахунково-технологічна карта		Лист		Масштаб	
№ Лист		№ докум.		Дана		∅ П	
Разраб.		Малюла		Лист		Листов	
Проє.		Стрелец		Лист		Листов	
Т.контр.		Т.контр.		Лист		Листов	
Н.контр.		Н.контр.		Лист		Листов	
Утв.		Утв.		Лист		Листов	
Копіював				KM-81-0			
Формат А3				1:2			

Додаток Л – Креслення «Калібр-пробка не прохідна»

СУМДУДПВІСК

Перв. примен.

Справ. №



Подп. и дата

Взам. инв. №

Подп. и дата

- 1 Робочі поверхні цементувати h0,8...1,2 HRC 57...65
- 2 Покриття неробочих поверхонь - Хім. Окс. прм.
- 3 На робочих поверхнях подряпини, задири, сліди корозії не допускаються
- 4 * Розмір для довідок
- 5 Маркувати по ГОСТ 2015-69*
- 6 Інші технічні вимоги по ГОСТ 2015-69*

СУМДУДПВІСК

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разр аб.	Малюта			
Пров.	Стрелец			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Калібр-пробка
8136-0119 H7 HE
ГОСТ 14816-69*

Лит.	Масса	Масштаб
д п	0,96	1:1
Лист 1	Листов 1	

КМ-81-О

Додаток М – Креслення «Калібр-пробка проходна»

СУМДУДПВІСК

Перв. примен.

Справ. №

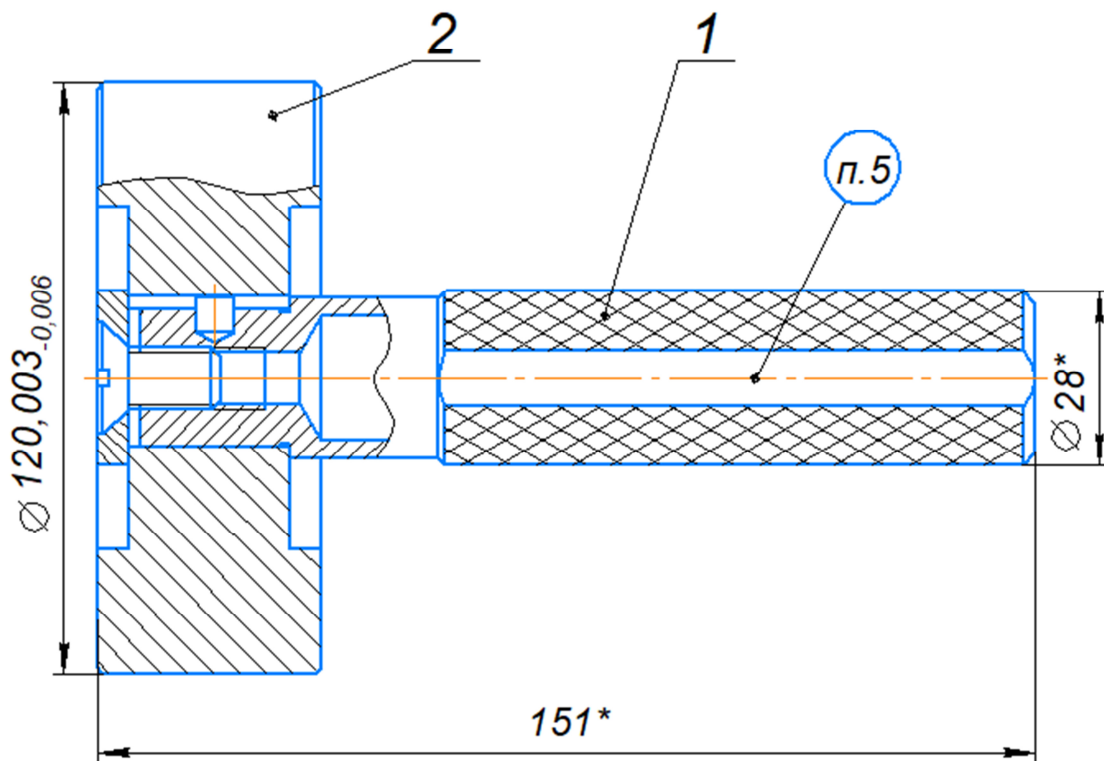
Подп. и дата

Име. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Име. № подл.



- 1 Робочі поверхні цементувати h0,8...1,2 HRC 57...65
 2 Покриття неробочих поверхонь - Хім. Окс. прм.
 3 На робочих поверхнях подряпини, задири, сліди корозії не допускаються
 4 * Розмір для довідок
 5 Маркувати по ГОСТ 2015-69*
 6 Інші технічні вимоги по ГОСТ 2015-69*

СУМДУДПВІСК

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разр аб.	Малюта			
Пров.	Стрелец			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Калібр-пробка
 8136-0072 Н7 ПР
 ГОСТ 14817-69*

Лит.	Масса	Масштаб
д п	1,33	1:1
Лист 1	Листов 1	

КМ-81-О

Копировал

Формат А4