

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення
кронштейна 65-5504018

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МПс-41
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Яремків Р.Б.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Комар Р.В.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Ткаченко І.Г.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Окіпний І.Б.</u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u>
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Яремків Роман Богданович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення
кроништейна 65-5504018

Керівник роботи Комар Роман Васильович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-26

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи , базовий технологічний процес виготовлення кроништейна,
річна програма випуску -75 000 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Зміст. Вступ. Загально-технічна частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Креслення деталі. Технологічні наладки на операції. Планишайба.

Пристрій для фрезерування. Кондуктор для свердління отворів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності та основи охорони праці</i>	<i>Комар Р.В., к.т.н., доцент</i>		

7. Дата видачі
завдання

24 січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Реферат</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Зміст</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Вступ</i>	<i>11.02.2026</i>	
	<i>Загально-технічна частина</i>	<i>11.02.2026</i>	
	<i>Технологічна частина</i>	<i>06.06.2026</i>	
	<i>Конструкторська частина</i>	<i>06.06.2026</i>	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>11.06.2026</i>	
	<i>Висновки</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Перелік посилань</i>	<i>14.06.2026</i>	
	<i>Графічна частина</i>	<i>14.06.2026</i>	

Студент

(підпис)

Яремків Р.Б.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Комар Р.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Розроблений дипломний проект складається з пояснювальної записки на графічної частини, а також з додатку, який складається з комплекту технічної документації.

В пояснювальній записці розглянуто питання аналізу виробу, його призначення, характеристика можливого виробництва, аналіз застосування технічних засобів, проведено попереднє встановлення типу виробництва відносно заданої програми, розроблені варіанти можливого технічного процесу і розроблені оптимальні технологічні процеси на базі аналізу технічних властивостей базових можливостей деталі. Проведено практичні розрахунки режимів різання, норм технічного часу, на базі яких розроблені операційні карти технологічного налагодження.

У конструкторському розділі розроблено, розраховано і дано опис верстатних пристроїв для обробки заданої деталі, на базі чого розроблені креслення верстатних пристроїв.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Службове призначення та характеристика об'єкта виробництва	
Аналіз технічних умов	7
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі	10
1.3. Висновки та постановка завдання на КРБ	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	13
2.1 Визначення типу та форми організації виробництва	13
2.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі та	
вибір методів обробки поверхонь	17
2.3 Вибір технологічних баз	19
2.4 Визначення припусків на механічну розрахунково-аналітичним	
методом.....	22
2. 5 Визначення припусків табличним способом.....	
2.6 Розрахунок режимів різання аналітичним методом на обробку	25
поверхні Ø35H7.....	
2.7 Нормування технологічного процесу, уточнення типу	27
виробництва	
2.8 Вибір та характеристика технологічного устаткування.....	32
2.9 Визначення норм часу.....	43
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	40
3.1 Опис будови та принципу роботи планшайби з пневмоприводом	47
3.2 Опис пристосування для фрезерної обробки	47
3.3 Силловий розрахунок пристосування.....	48
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .	51
4.1 Санітарно – гігієнічна характеристика умов праці на	52
дільниці.....	53
4.2 Влаштування протипожежних перешкод	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

ВСТУП

Проблема якості машинобудівної продукції охоплює широкий спектр питань, серед яких особливе значення мають забезпечення надійності, довговічності та точності деталей і вузлів машин. Важливими чинниками є досягнення геометричної та функціональної взаємозамінності деталей, підвищення стабільності технологічних процесів, а також забезпечення відповідності виробів встановленим технічним вимогам і стандартам.

Суттєву роль у розвитку машинобудівного виробництва відіграють дослідження, спрямовані на створення нових технологічних процесів, удосконалення існуючих методів обробки матеріалів, підвищення ефективності використання виробничих потужностей та впровадження інноваційних рішень. Особливого значення набуває автоматизація технологічних процесів і функцій управління, що дозволяє підвищити якість продукції, зменшити вплив людського фактора та забезпечити стабільність виробництва.

Таким чином, удосконалення технології машинобудування спрямоване на комплексне вирішення завдань забезпечення високої якості виробів, підвищення продуктивності праці, зниження собівартості продукції та зростання ефективності виробництва, що є необхідною умовою розвитку сучасного промислового підприємства.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення та характеристика об'єкта виробництва.

Аналіз технічних умов

Сучасне машинобудування та приладобудування характеризується великою кількістю різних механізмів, приладів та машин. Ці вироби, відрізняючись різноманітністю за своїм призначенням і конструкції мають складні розгалужені кінематичні ланцюги.

Корпусні деталі призначені для розміщення та закріплення у певному положенні окремих деталей, складальних одиниць та механізмів. Пошук найбільш раціональних конструкцій приладів, що поєднують малі габарити з простотою складання та регулювання, призвели до широкого застосування великої кількості складних корпусних деталей.

Необхідність максимального зменшення ваги та габаритів приладів веде до того, що форма корпусу повинна мало відрізнятися від контуру, описаного вузла механізму. Подібні деталі мають найбільше поширення.

Технологічний процес обробки малогабаритних корпусних деталей визначається конфігурацією та вимогами щодо взаємного розташування основних посадкових поверхонь. За цими ознаками підклас цілісних корпусів можна розділити на такі групи:

- 1) призматичні;
- 2) корпуси-тіла обертання;
- 3) П-подібні;
- 4) корпуси типу рам;
- 5) корпуси косинці;
- 6) корпуси з циліндричним робочим об'ємом;
- 7) просторові чи фасонні.

Види посадкових отворів малогабаритних корпусних деталей можна розбити на п'ять груп:

- 1) циліндричні гладкі, наскрізні отвори. Обробка

можливарозточуванням розточувальними різцями, а також зенкерами, розгортками, шліфувальними колами та притирами;

2) циліндричні гладкі, глухі отвори. Призначені в основному для встановлення півосей і, як правило, взаємопов'язані з однією з торцевих поверхонь. Обробка складніша ніж у першій групі;

3) різьбові наскрізні отвори – складність у наявності різьбової посадкової поверхні. Важко забезпечити точнісні параметри різьбової поверхні та точності розташування осі різьбового отвору;

4) ступінчасті отвори. У групу східчастих отворів умовно включають отвори, у яких, є тільки одна посадкова поверхня з буртиком біля виходу. Технологічний процес обробки посадкових поверхонь таких отворів аналогічний процесу обробки отворів глухих;

5) комбіновані отвори. Характеризуються наявністю двох або більше взаємопов'язаних посадкових поверхонь, які можуть бути як гладкими. (циліндричними або конічними), так і різьбовими. За складністю технологічного процесу ці отвори включають елементи всіх зазначених вище груп. У той же час необхідність забезпечення співвісності кількох посадкових поверхонь ще більше ускладнює технологічний процес.

Кронштейн - відноситься до корпусних деталей, які призначені для розміщення та закріплення у певних положеннях окремих деталей, складальних одиниць та механізмів.

Для максимального зменшення ваги та габаритів приладів, форма корпусу повинна мало відрізнятися від контуру, описаного навколо начинки, що укладена в нього.

Характеризуються складністю конструкції та великою кількістю різноманітних посадкових поверхонь, призначених для установки валів, осей та інших деталей.

Кронштейн відноситься до класу малогабаритних корпусних деталей, що характеризуються наявністю великої кількості точних посадкових отворів з високими вимогами щодо їх взаємного розташування. Ця особливість визначає технологічний процес їх виготовлення.

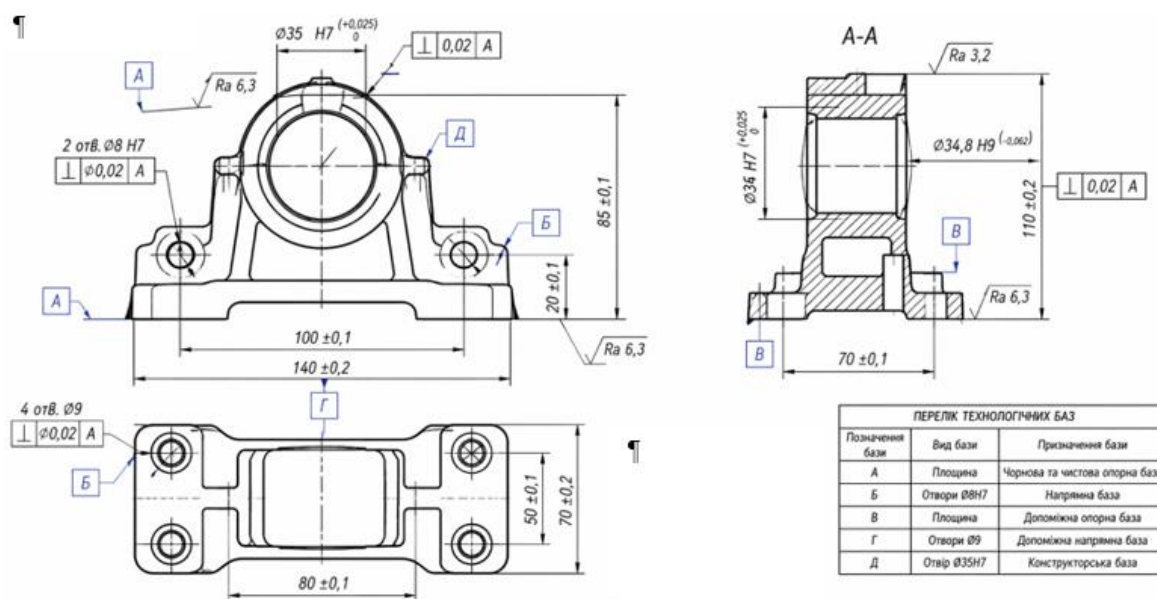


Рисунок 1.1 -Позначення поверхонь деталі кронштейн

Матеріал для виготовлення виробу кронштейн - чавун сірий СЧ25.

Річна програма випуску виробу – 75 000 шт.

Поверхня для розрахунку припусків – $\varnothing 35\text{ H7}$.

Деталь є основним елементом вузла та виконує функцію опори для відкритих валів, що працюють у взаємодії зі шківками або зубчастими колесами. Від точності виготовлення корпусу значною мірою залежить правильність монтажу та надійність роботи всього механізму.

У процесі виготовлення корпусної деталі особливу увагу необхідно приділяти обробці відповідальних поверхонь, зокрема внутрішніх циліндричних отворів $\varnothing 35\text{ H7}$. Ці поверхні повинні бути виконані з високою точністю, оскільки їх положення відносно базової площини Б регламентується жорстким розмірним допуском $75 \pm 0,05$ мм. Дотримання встановлених вимог забезпечує необхідну точність складання вузла та правильне взаємне розташування його елементів.

Для виготовлення корпусу використовується сірий чавун марки СЧ25, який широко застосовується у виробництві середньонавантажених деталей машин завдяки добрим ливарним властивостям, достатній міцності, високій зносостійкості та здатності поглинати вібрації. Матеріал характеризується

відповідним хімічним складом і механічними властивостями, що забезпечують надійну експлуатацію виробу в заданих умовах роботи

Таблиця 1.1 - Хімічний склад та механічні властивості чавуну СЧ25

Чавун	C, %	Si, %	Mn, %	S	P
				Не більше	
СЧ 25	3,4...3,6	1,3...1,7	0,3...0,5	0,15	0,27
Межа міцності, на розтягування $\sigma_B=180\text{МПа}$; HB=200					

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Дана деталь характеризується високим рівнем технологічності та відповідає основним вимогам сучасного машинобудівного виробництва, а саме:

- забезпечується можливість використання економічно доцільних способів отримання заготовок;
- конструкція має достатню жорсткість для виконання механічної обробки та подальшої експлуатації;
- обробка може здійснюватися із застосуванням стандартного та уніфікованого різального інструменту;
- переважна більшість поверхонь є зручними для механічної обробки, вимірювання та контролю якості.

Для виготовлення заготовки з чавуну найбільш раціональним методом є лиття, яке забезпечує отримання форми, максимально наближеної до конфігурації готової деталі. Конструкція виливка є відносно простою, що полегшує виготовлення ливарної оснастки та виймання моделі з форми. Застосування стрижнів дає можливість сформувати попередні отвори під $\text{Ø}35\text{H}7$, що сприяє підвищенню коефіцієнта використання матеріалу та зменшенню обсягу подальшої механічної обробки.

Оброблювані поверхні та отвори мають переважно паралельне або взаємно перпендикулярне розташування, що спрощує процес базування та налаштування обладнання. Більшість поверхонь можуть бути оброблені за допомогою типового

металорізального інструменту без необхідності використання спеціального оснащення.

Таким чином, конструкція кронштейна є технологічно раціональною, забезпечує зручність виготовлення, контролю та складання, а також дозволяє отримати необхідну точність і якість обробки при мінімальних виробничих витратах.

Аналіз технологічності конструкції кронштейна правого дозволяє зробити такі висновки:

- конструкція відрізняється високою жорсткістю і допускає високі режими різання та широке використання наборів фрез;
- конструкція кронштейна правого забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструменту до обробних поверхонь.

Всі оброблювані поверхні та отвори, або паралельні, або розташовані під прямим кутом один до одного. Більшість поверхонь і отворів можна обробити стандартним інструментом.

1.3 Висновки та постановка завдання на КРБ

Враховуючи функціональне призначення виробу, кронштейн має забезпечувати високий рівень надійності та довговічності в експлуатації. Найбільш відповідальним елементом з точки зору міцності та ресурсу роботи є вузол повороту передньої опори шасі, який сприймає значні навантаження та визначає працездатність конструкції в цілому.

Для підвищення надійності виробу та організації ефективного високопродуктивного процесу виготовлення найбільш відповідальних деталей кронштейна необхідно вирішити такі завдання:

1. На основі аналізу чинного технологічного процесу розробити більш раціональну та ефективну технологію виготовлення зазначених деталей.
2. Передбачити широке застосування сучасного високопродуктивного обладнання, прогресивного різального інструменту та спеціалізованого технологічного оснащення.

Реалізація цих заходів дасть змогу підвищити якість виготовлення, забезпечити стабільність параметрів деталей та збільшити ресурс роботи кронштейна в експлуатації.

2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення типу та форми організації виробництва

Згідно із заданою річною програмою випуску, яка становить 75 000 деталей, а також з урахуванням конструктивних особливостей, габаритних розмірів і маси виробу, можна зробити висновок, що виготовлення корпусу доцільно організувати в умовах великосерійного виробництва. Такий тип виробництва забезпечує ефективне використання спеціалізованого обладнання, технологічного оснащення та високопродуктивних методів обробки, що є економічно обґрунтованим при зазначеному обсязі випуску.

Визначення типу виробництва здійснюється на основі річної програми випуску та маси деталі відповідно до даних, наведених у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Залежність типу виробництва від річного обсягу випуску та маси деталі

Маса деталі, кг	Одиничне	Дрібносерійне	Середньосерійне	Великосерійне	Масове
2,5...6,0	до 10	10...500	500...35 000	35 000...75 000	понад 75 000

Отже, при річній програмі випуску 75 000 шт. та масі деталі в межах 2,5–6,0 кг виробництво корпусу належить до великосерійного типу, що характеризується високим рівнем спеціалізації робочих місць, застосуванням продуктивного обладнання та можливістю механізації й автоматизації окремих технологічних операцій.

Розмір партії деталей

$$n = \frac{N \cdot t}{F} \quad (2.1)$$

де t – кількість днів, який необхідно мати запас деталей;

F – кількість робочих днів на рік.

В результаті аналізу конструкції кронштейна приходимо до висновку, що найбільше доцільно застосовувати литу заготовку. Найбільш раціональним є лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями, або лиття в кокіль. Останній спосіб дозволяє отримати більш якісні виливки, проте він вимагає великих витрат на виготовлення ливарної оснастки.

Враховуючи матеріал деталі (сірий чавун СЧ25), конструкцію та тип виробництва (крупносерійне), найбільш раціональним способом отримання заготовки є: лиття в піщано-глинисті форми з машинним формуванням за металевими моделями.

Основні характеристики заготовки:

- Клас точності: 9-й
- Формування: машинне
- Використання стрижнів для утворення внутрішніх порожнин
- Наявність припусків на механічну обробку

Після лиття виконуються:

- вибивка виливка
- очищення від формувальної суміші
- видалення ливникової системи
- термічна стабілізація (за потреби)
- контроль на відсутність дефектів

Як площину роз'єму слід прийняти площину, що проходить через площину Б. Її перевага в тому, що в ній лежать найбільші габарити заготовки. Крім цього, найбільша частина виливка формується в одній опоці.

Литі поглиблення під колодязі формуватимуться за допомогою ливарних стрижнів із ухилами по довжині.

На основі зазначених стандартів розроблено ескіз виливки корпусу, з урахуванням ливарних ухилів, радіусів та припусків на механічну обробку. Кінцеві розміри заготовки підібрані за таблицями.

Визначаємо вартість литої заготовки

Вартість литих заготовок

$$S_3 = \left(\frac{C_i}{1000} Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{від}}}{1000} \quad (2.2)$$

де $-C_i$ базова вартість однієї тонни заготовок, грн;

Вартість 1т виливків із чавуну складає $C_i=40000$ грн.

$K_T, K_C, K_B, K_M, K_{II}$ - коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та обсягу виробництва заготовок; Усі коефіцієнти приймаю рівними одиниці.

- Маса заготівки - 20кг;

- Маса готової деталі -18 кг;

- Ціна 1т відходів – 2480 грн.

$$S_3 = \left(\frac{40000}{1000} \cdot 20 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (20 - 18) \frac{2480}{1000} = 800 \text{ грн.}$$

У результаті виконаних розрахунків та аналізу умов виробництва встановлено, що для виготовлення деталі доцільно використовувати литу заготовку з чавуну, отриману методом машинного формування. Обраний спосіб забезпечує необхідну точність заготовки (9-й клас точності), можливість формування внутрішніх порожнин за допомогою стрижнів та отримання раціональних припусків на подальшу механічну обробку.

Розрахунок розміру партії деталей дозволяє організувати виробничий процес відповідно до річної програми випуску та ефективно використовувати виробничі ресурси. Враховуючи великосерійний характер виробництва, застосування литих заготовок є економічно обґрунтованим і сприяє зниженню трудомісткості виготовлення деталі.

За результатами розрахунку вартість литої заготовки становить 800 грн, що є прийнятним показником з урахуванням маси заготовки 20 кг та маси готової деталі 18 кг. Різниця між масою заготовки та готової деталі незначна, що свідчить про достатньо високий коефіцієнт використання матеріалу та раціонально обраний метод отримання заготовки.

Таким чином, обрана лита заготовка повністю відповідає вимогам технологічності, забезпечує необхідні якісні показники деталі та є економічно доцільною для умов великосерійного виробництва.

2.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі та вибір методів обробки поверхонь

Оскільки деталь кронштейн відноситься до класу корпусних деталей, то типовий технологічний процес складається з наступних етапів:

- обробка значної за розмірами площини, що служить надалі чистової технологічної базою;
- Обробка 2 отв. на базовій площині, службовців надалі направляючою базою,
- Чорнова та чистова обробка значних за розмірами площин фрезеруванням;
- Чорнове і чистове розточування (свердління, зенкерування) основних отворів корпусної свердління, нарізування різьблення, зенкерування, розгортання дрібних отворів з різних сторін заготовки деталі;

Враховуючи вимоги креслення щодо точності розмірів і якості поверхонь, а також керуючись рекомендаціями типових технологічних процесів, обираємо найбільш раціональні схеми механічної обробки основних поверхонь деталі:

- Базова площина Б – чорнове та чистове фрезерування;
- Торцеві поверхні бобишок – чорнове та чистове фрезерування;
- Отвір Ø35H7 – чорнове, чистове та тонке розточування для забезпечення необхідної точності й шорсткості поверхні;
- Різьбовий отвір M10-7H – центрування, свердління та нарізання різьби;
- Два отвори Ø8H7 – центрування, свердління та остаточна обробка розгортанням.

Застосування зазначених схем обробки забезпечує досягнення встановлених конструкторською документацією показників точності, шорсткості та взаємного розташування поверхонь деталі.

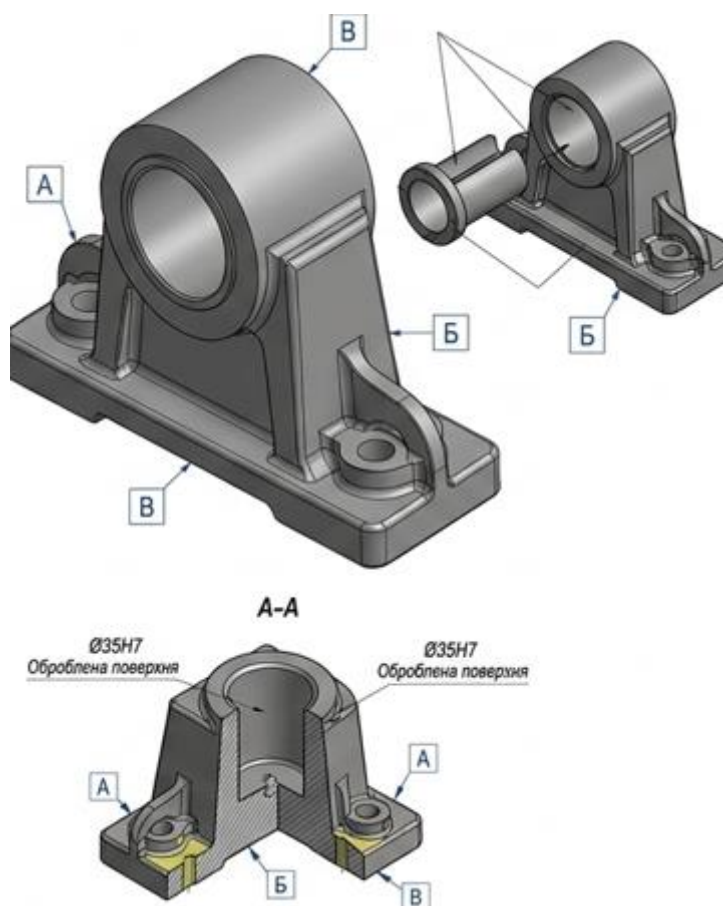


Рисунок 2.1 – Візуалізація деталі кронштейн

Технологічний процес побудований за принципом:

- спочатку формування баз;
- потім обробка основних поверхонь;
- завершення — точні отвори.



Рисунок 2.2 – Схема технологічних переходів (укрупнено)

Операція 005 — Токарна (з ЧПК)

Виконується:

- чорнове та чистове точіння базової площини Б;
- свердління та розгортання 2 отворів Ø8H7.

Бази:

- установча: необроблена площина;
- напрямна: зовнішня поверхня Ø70.

Операція 010 — Токарна (з ЧПК)

Виконується:

- обробка внутрішніх поверхонь: Ø40 та Ø34.8H9.

Бази:

- установча: площина Б;
- напрямна: Ø70.

Операція 015 — Фрезерно-свердлильна (багатоцільова)

Виконується:

- чорнове та чистове фрезерування площин: основної та площини Г;
- свердління та обробка: 4 отворів Ø20/Ø9 та різьбових отворів M10-7H.

Бази:

- площина Б;
- 2 отвори Ø8H7.

Операція 020 — Горизонтально-розточувальна

Виконується:

- фрезерування площини Д;
- розточування: Ø32 та Ø35 (попереднє до Ø34.8H9) ;
- обробка канавки Ø35.5×3;
- забезпечення співвісності отворів;

Після цього:

- переверот деталі на 180°;
- обробка з протилежної сторони.

Бази:

- площина Б;
- отвори $\varnothing 8H7$.

Операція 025 — Тонке розточування

Виконується:

- остаточна обробка отвору $\varnothing 35H7$.

Характеристика: точність: H7 та шорсткість: $Ra \approx 1.25$ мкм.

2.3 Вибір технологічних баз

При виборі технологічних баз керуватимемося двома основними принципами: поєднання (єдності) та сталості баз.

Операція 005. Токарна з ЧПК.

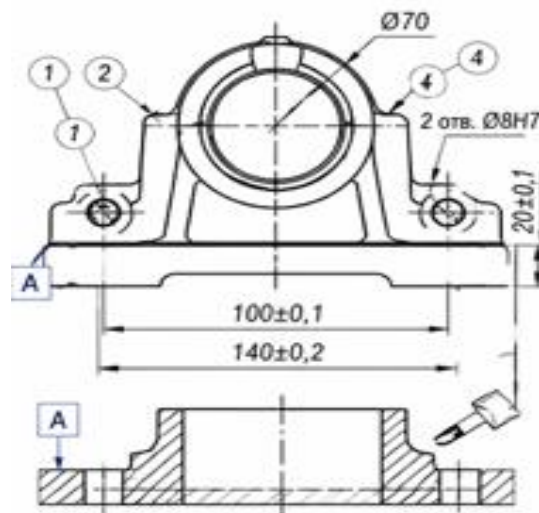


Рисунок 2.3 – Ескіз операції 005.

1. Чорнове та чистове точіння площини Б.
2. Чистове точіння площини Б.
3. Сведління двох отворів $\varnothing 8$
4. Розгортання 2 отв. $\varnothing 8H7$.

Установча база – Площина А

Напрямна база - зовнішня циліндрична поверхня.

Операція 010. Токарна з ЧПК.

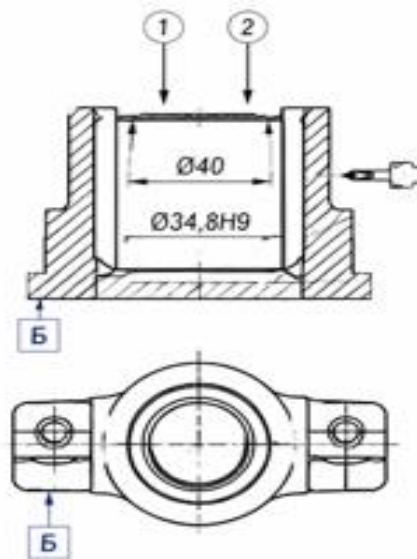


Рисунок 2.4 – Ескіз операції 010

1. Чорнове розточування внутрішніх поверхонь, витримавши розміри Ø40.
2. Чистове розточування Ø34.8H9

Установча база –площина Бє

Напрямна база – зовнішня оброблена циліндрична поверхня Ø70.

Операція 015 Вертикально-свердлильно-фрезерна.

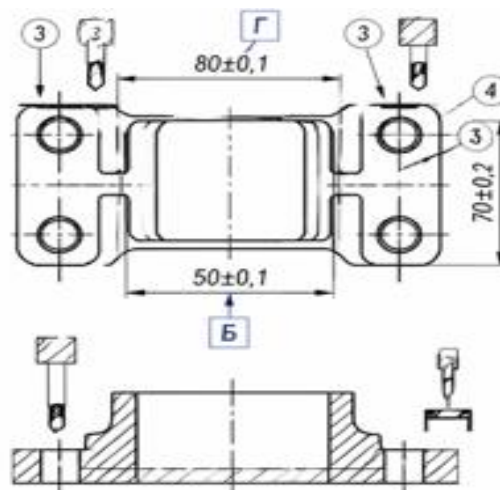


Рисунок 2.5– Ескіз операції 015

- 1.Фрезерування площини В.
2. Чорнове та чистове фрезерування площини Г.
3. Свердління 4 отв. Ø9.
4. Зенкування Ø20

5. Нарізання різьби М10-7Н

Установча база – оброблена площина Б,

Напрямна та опорна база – 2 відп. Ø8Н7.

Операція 020 Багатоцільова.

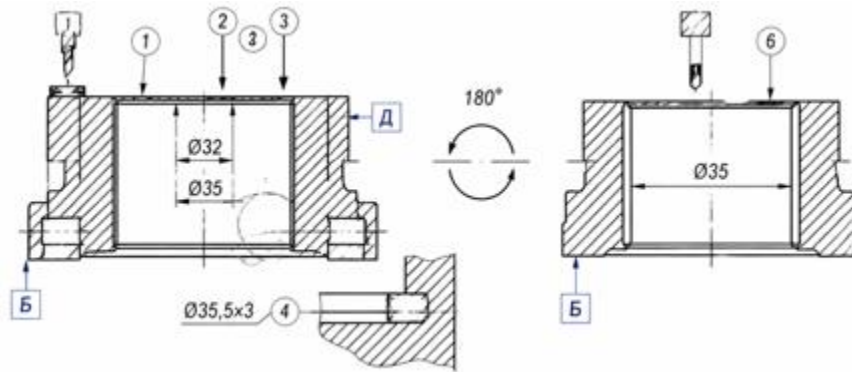


Рисунок 2.6– Ескіз операції 020

1.Чорнове та чистове фрезерування площини Д.

2. Розточування Ø32.

3. Розточування Ø35Н7

4. розточити канавку Ø35,5x3

5.Поворот деталі на 180°.

6. Розточування Ø35 Н7 до Ø34.8Н9

Установча база – оброблена площина Б,

Напрямна та опорна база – 2 відп. Ø8Н7.

Операція 025 Розточна.

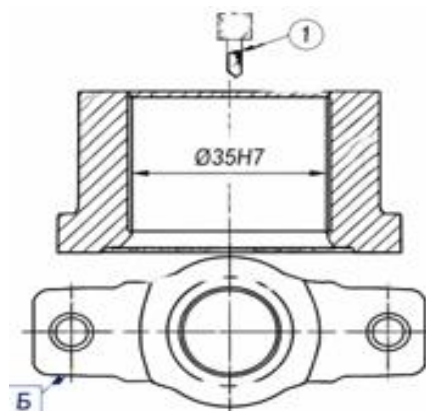


Рисунок 2.7 – Ескіз операції 025

1. Розточування тонке відп. Ø35Н7.

Установча база – 2 відп. Ø8H7

Напрямна та опорна база – вісь отворів

Розроблений технологічний процес забезпечує:

1. Отримання необхідної точності (Ø35H7).
2. Високу продуктивність.
3. Раціональне використання обладнання.
4. Мінімізацію похибок базування.

Процес повністю відповідає умовам крупносерійного виробництва та конструктивним особливостям деталі.

2.4 Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом

Для забезпечення заданої точності та якості поверхні отвору Ø35H7 необхідно визначити припуски на кожному етапі механічної обробки. Технологічний процес передбачає послідовне виконання трьох переходів:

- чорнове розточування з досягненням точності H12 та шорсткості поверхні $Ra = 20$ мкм;
- чистове розточування з точністю H10 та шорсткістю $Ra = 5$ мкм;
- тонке розточування з точністю H7 та шорсткістю $Ra = 1,25$ мкм.

На початковому етапі визначається величина поверхневого шару, який підлягає видаленню під час першої операції обробки. Для литої заготовки сума висоти мікронерівностей та дефектного поверхневого шару становить:

$$R_z + h = 160 + 200 = 360 \text{ мкм}$$

Після кожного переходу якість поверхні покращується, тому значення висоти нерівностей і дефектного шару зменшуються:

- для чорнового розточування: $R_z=50$ мкм, $h=50$ мкм,
- для чистового розточування: $R_z=25$ мкм, $h=25$ мкм,
- Для тонкого розточування: $R_z = 5$ мкм, $h = 5$ мкм.

Мінімальний припуск для кожного переходу визначається з урахуванням шорсткості попередньої обробки, глибини дефектного шару, просторових відхилень та похибок встановлення за формулою:

$$2Z_i^{min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \Sigma_i^2}) \quad (2.3)$$

Для визначення просторових відхилень розраховують сумарне відхилення осі отвору:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{зм}^2}, \quad (2.4)$$

де: $\Delta_{кор}$ - відхилення осі деталі від прямолінійності,

$\Delta_{кор} = \Delta_k \cdot L = 2 \cdot 12 = 24 \text{ мкм}$, $\Delta_k = 2 \text{ мкм/мм}$,

$\Delta_{зм} = \Delta_{\pi} \cdot D$, $\Delta_{\pi} = 1 \text{ мкм/мм}$ – питомий перекис отвору,

$\Delta_{зм} = 1 \cdot 35 = 35 \text{ мкм}$.

$$\Delta E_o = \sqrt{24^2 + 35^2} = 43$$

Після виконання чорнової обробки залишкове відхилення зменшується відповідно до коефіцієнта уточнення:

$$\Delta E_o = K_y \cdot \Delta E_o, \quad (2.5)$$

де: K_y - коефіцієнт уточнення:

Для чорнового точення: $K_y = 0,06$.

$$\Delta E_o = 0,06 \cdot 43 = 3$$

Далі визначається похибка встановлення заготовки. Вона враховує похибку базування та похибку закріплення:

$$E_i = \sqrt{E_{\delta}^2 + E_3^2 + E_n^2}, \quad (2.6)$$

де, E_{δ} - похибка базування, що виникає при встановленні заготовки на 2 пальця, $E_{\delta} = IT6 + IT7 + \Delta = 12 + 8 + 4 = 24 \text{ мкм}$. (посадка $\emptyset 6H7/g6$)

E_3 - похибка закріплення при встановленні заготовки в лещатах:
=100мкм,

E_n - похибка положення, під час обробки за один установ дорівнює 0.

$$E_1 = \sqrt{24^2 + 100^2} = 103$$

Сумарна похибка установки: $E_1 = 0.06 \cdot 103 = 6 \text{ мкм}$

На підставі отриманих результатів визначаються мінімальні припуски на кожний технологічний перехід:

для чорнового розточування:

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (360 + \sqrt{127^2 + 100^2}) = 10073 \text{ мкм};$$

для чистового розточування:

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{8^2 + 6^2}) = 214 \text{ мкм};$$

для тонкого розточування:

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (25 + 25) = 100 \text{ мкм}.$$

Таблиця 2.4 – Визначення міжопераційних припусків та розмірів при обробці отвору Ø35H7

Технологічна операція (перехід)	Параметр і поверхневого шару, мкм	Просторові відхилення, мкм	Похибка установки, мкм	Мінімальний розрахунковий припуск $2Z_{i \min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск TD, мкм	Прийнятий розмір за переходом, мм	Граничні припуски, мкм
	Rz	h	Δ	Σ			Dmin	Dmax
Лита заготовка	360	—	43	—	—	33,704	1000	33,000
Чорнове розточування (H12)	50	50	3	100	1007	34,711	250	34,460
Чистове розточування (H9)	25	25	—	6	214	34,925	62	34,863
Тонке розточування (H7)	5	5	—	—	100	35,025	25	35,000

Перевірка правильності розрахунків:

$$T_3 - T_d = \Sigma 2Z_{\max} - \Sigma 2Z_{\min} = 1000 - 25 = 975 \text{ мкм}$$

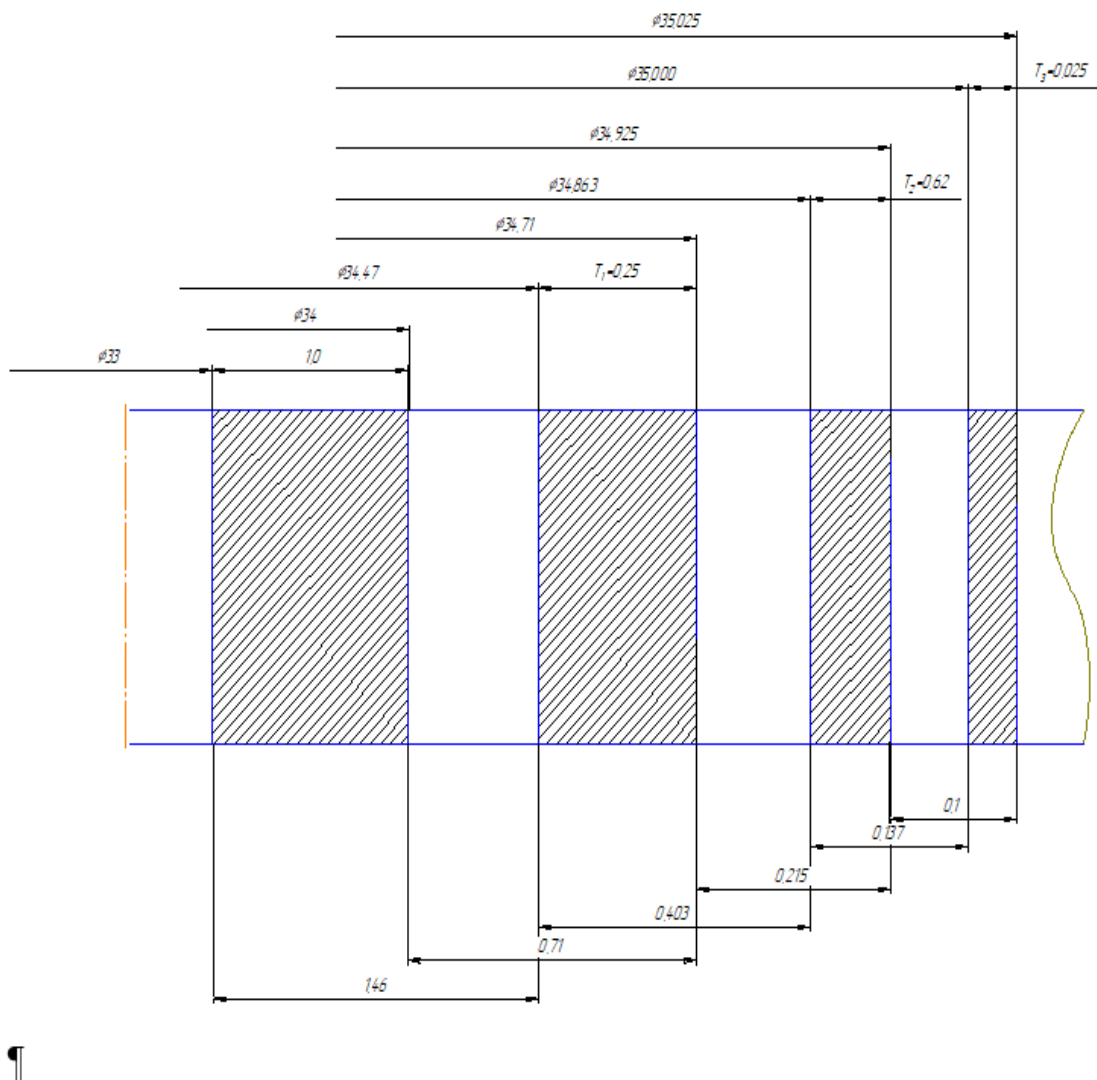


Рисунок 2.8 –Поля допусків та припуски за технологічними переходами при обробці отвору $\varnothing 35H7$

2.5 Визначення припусків табличним способом

Припуски на обробку інших поверхонь приймаємо по таблицях. Приймаємо клас розмірної точності для лиття в піщано-глинисті форми - 9. Ступінь короблення - 5.

Таблиця 2.5 - Визначення припусків і розмірів заготовки за основними поверхнями деталі

Поверхня деталі	Допуск готової деталі, мм	Допуск заготовки, мм	Відношення допусків	Завершальна операція обробки	Припуск на обробку, мм	Розмір заготовки
Ø35H7	0,025	1,8	0,0139	Тонке розточування	2,8	Ø29,5-1
18	0,52	1,6	0,325	Чистова обробка	2,7	23,4±0,8
140	1,0	2,4	0,40	Чорнова обробка	2,1	144,8±1,2
80±0,05	0,10	2,2	0,055	Чистова обробка	2,6	82,7±1,1
75	0,74	2,2	0,35	Чистова обробка	3,0	81±1,1
90±0,05	0,10	2,2	0,045	Обробка не передбачена	—	90±1,1
120	2,4	2,4	—	Обробка не передбачена	—	120±1,2
250	2,8	2,8	—	Обробка не передбачена	—	250

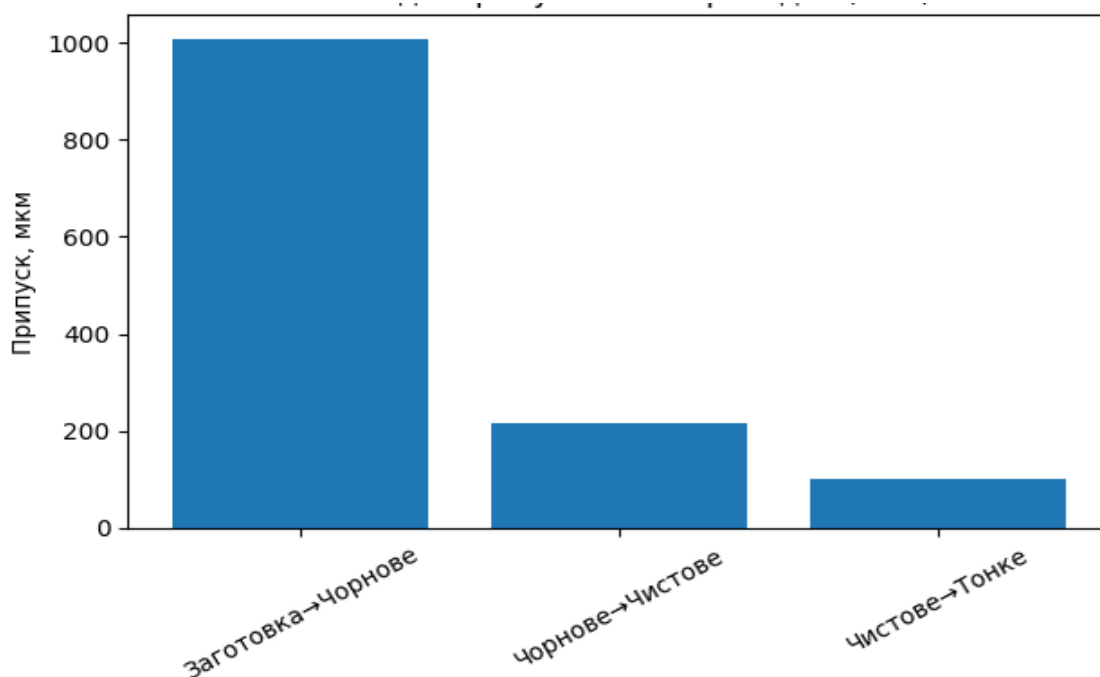


Рисунок 2.8 – Розподіл припусків по переходах

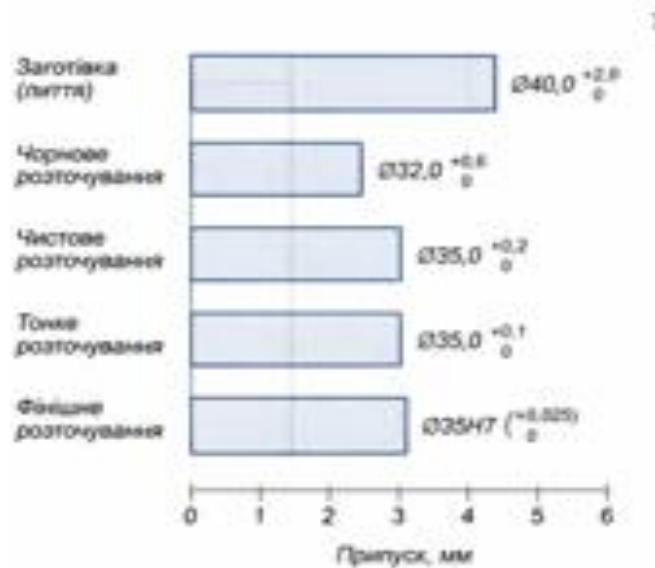


Рисунок 2.9 – Розподіл припусків для отвору Ø35H7

2.6 Розрахунок режимів різання аналітичним методом на обробку поверхні Ø35H7

1. Чорнове точіння.

Вихідні дані: оброблюваний матеріал -Чавун СЧ25

- Інструмент: токарний різець з пластиною з твердого сплаву ВК-6;

-Обладнання: горизонтально-фрезерно-розточувальний верстат ІР320ПМФ4;

-Глибина різання: $t = 1.2$ мм.

-Подача: $S = 0.2$ мм/об.

1) -Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v \cdot K_y, \quad (2.7)$$

де, $C_v = 420$; $x = 0.15$; $y = 0.2$; $m = 0.2$; $K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv}$,

де, K_{mv} - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей на швидкість різання;

$K_{pv} = 0.8$ - враховує якість поверхні заготівки,

$K_{uv} = 0.65$ - враховує матеріал ріжучого інструменту (ВК-6).

$T=60$ хв -період стійкості різця,

$$K_v = 1.25 \cdot 0.8 \cdot 0.65 = 0.65$$

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 1.2^{0.15} \cdot 0.2^{0.2}} 0.65 \cdot 1 = 162.6 \text{ м/хв}$$

2) Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 162.6}{3.14 \cdot 35} = 1362 \text{ об/хв, приймаємо за паспортом верстата}$$

$$n_{\phi} = 1360 \text{ об/хв.}$$

3) Хвилинна подача: $S_m = S \cdot n = 0.2 \cdot 1360 = 272 \text{ мм / хв}$

4) Головна складова сили різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.8)$$

$$C_p = 204, x=1, y=0.75, n=0$$

$$K_p = K_{tp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0.8 \cdot 1.25 \cdot 0.89 \cdot 0.93 \cdot 1 = 0.82$$

$$\text{де, } K_{tp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = 1,$$

$$K_{\gamma p} = 1.25, \text{ для } \gamma = -15^\circ, \quad K_{\phi p} = 0.89, \text{ для } \phi = 90^\circ,$$

$$K_{\lambda p} = 1, \text{ для } \lambda = 0^\circ, \quad K_{rp} = 0.93, \text{ для } r = 1,$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1.2^1 \cdot 0.2^{0.75} \cdot 1 \cdot 0.82 = 300 \text{ Н}$$

$$5) \text{ Потужність різання } N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{300 \cdot 162.6}{1020 \cdot 60} = 0.7 \text{ кВт,}$$

$$6) \text{ Основний час обробки } T_o = \frac{L}{S_m} = \frac{60}{272} = 0.22 \text{ хв.}$$

2. Чистове точіння.

Вихідні дані: оброблюваний матеріал -Чавун СЧ25

- Інструмент: токарний різець з пластиною з твердого сплаву ВК-8;

- Обладнання: горизонтально-фрезерно-розточувальний верстат
ІР320ПМФ4;

-Глибина різання: $t = 0,165 \text{ мм.}$

-Подача: $S = 0,14 \text{ мм/об.}$

1) -Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v \cdot K_y, \quad (2.9)$$

$$\text{де, } C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2; K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv},$$

де, $K_{mv}=1$ - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей на швидкість різання;

$K_{nv} = 1$ - враховує якість поверхні заготовки,

$K_{uv}=1$ -враховує матеріал ріжучого інструменту (ВК-6).

$T=60$ хв -період стійкості різця,

$K_v = 1.25$

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0.65^{0.15} \cdot 0.14^{0.2}} \cdot 1,25 = 436 \text{ м/хв}$$

2) Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 426}{3.14 \cdot 35} = 3460 \text{ об/хв, приймаємо за паспортом верстата}$$

$n_{\phi}=2500$ об/хв.

3) Хвилинна подача: $S_m = S \cdot n = 0.14 \cdot 2500 = 350 \text{ мм / хв}$

4) Головна складова сили різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.10)$$

$C_p=204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$

$$K_p = K_{tp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0.8 \cdot 1.25 \cdot 0.89 \cdot 0.93 \cdot 1 = 0.82$$

$$\text{де, } K_{tp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = 1 ,$$

$$K_{\gamma p} = 1.25, \text{ для } \gamma = -15^\circ, \quad K_{\phi p} = 0.89, \text{ для } \phi = 90^\circ,$$

$$K_{\lambda p} = 1, \text{ для } \lambda = 0^\circ, \quad K_{rp} = 0.93, \text{ для } r = 1, ,$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0.135 \cdot 0.14^{0.75} \cdot 1 \cdot 0.82 = 93H$$

$$5) \text{ Потужність різання } N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{93 \cdot 436}{1020 \cdot 60} = 0.66 \text{ кВт},$$

$$6) \text{ Основний час обробки } T_o = \frac{L}{S_m} = \frac{60}{350} = 0.2 \text{ хв.}$$

3.Тонке точіння

Вихідні дані: оброблюваний матеріал -чавун СЧ25

-Інструмент: токарний різець з пластиною з твердого сплаву ВК-8;

- Обладнання: горизонтально-фрезерно-розточувальний верстат ІР320ПМФ4;

-Глибина різання: $t=0,1$ мм.

-Подача: $S=0,14$ мм/об.

1) -Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v \cdot K_y, \quad (2.11)$$

де, $C_v=420$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$; $K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{uv}$,

де, $K_{mv}=1,25$ - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей на швидкість різання;

$K_{pv} = 1$ - враховує якість поверхні заготовки,

$K_{uv}=1$ -враховує матеріал ріжучого інструменту (ВК-6).

$T=60$ хв -період стійкості різця,

$K_v = 1.25$

$$V = \frac{420}{60^{0.2} \cdot 0.1^{0.15} \cdot 0.14^{0.2}} \cdot 1,25 = 500 \text{ м/хв}$$

2) Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 500}{3.14 \cdot 40} = 4000 \text{ об/хв, приймаємо за паспортом верстата}$$

$n_{\phi}=2500$ об/хв.

3) Хвилинна подача: $S_m = S \cdot n = 0.14 \cdot 2500 = 350 \text{ мм / хв}$

4) Головна складова сили різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.12)$$

$C_p=204$, $x=1$, $y=0,75$, $n=0$

$$K_p = K_{tp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 0.8 \cdot 1.25 \cdot 0.89 \cdot 0.93 \cdot 1 = 0.82$$

де, $K_{tp} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n = 1$,

$K_{\gamma p} = 1.25$, для $\gamma=-15^\circ$, $K_{\phi p} = 0.89$, для $\phi=90^\circ$,

$K_{\lambda p} = 1$, для $\lambda=0^\circ$, $K_{rp} = 0.93$, для $r=1$,

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 0.1 \cdot 0.14^{0.75} \cdot 1 \cdot 0.82 = 40H$$

5) Потужність різання $N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{40 \cdot 500}{1020 \cdot 60} = 0.3 \text{ кВт,}$

6) Основний час обробки $T_o = \frac{L}{S_m} = \frac{60}{350} = 0.18 \text{ хв.}$

На інші поверхні режими різання призначаємо згідно з таблицями.

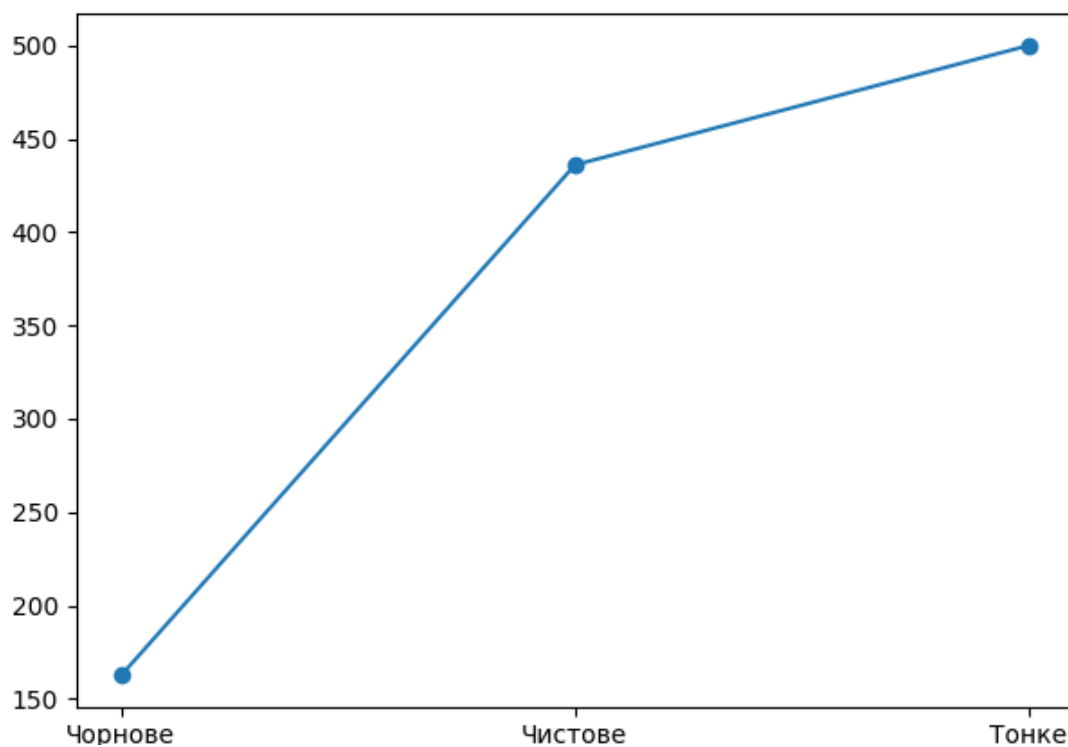


Рисунок 2.10 – Швидкість різання

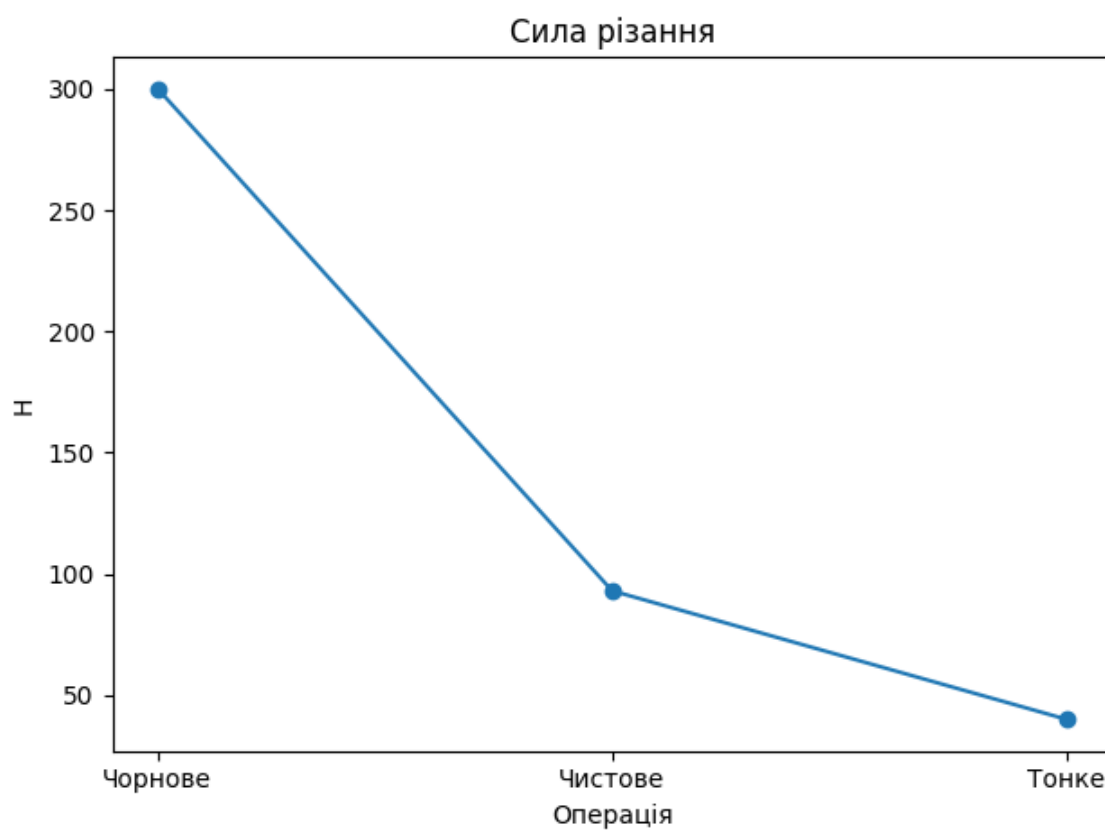


Рисунок 2.11 – Сила різання

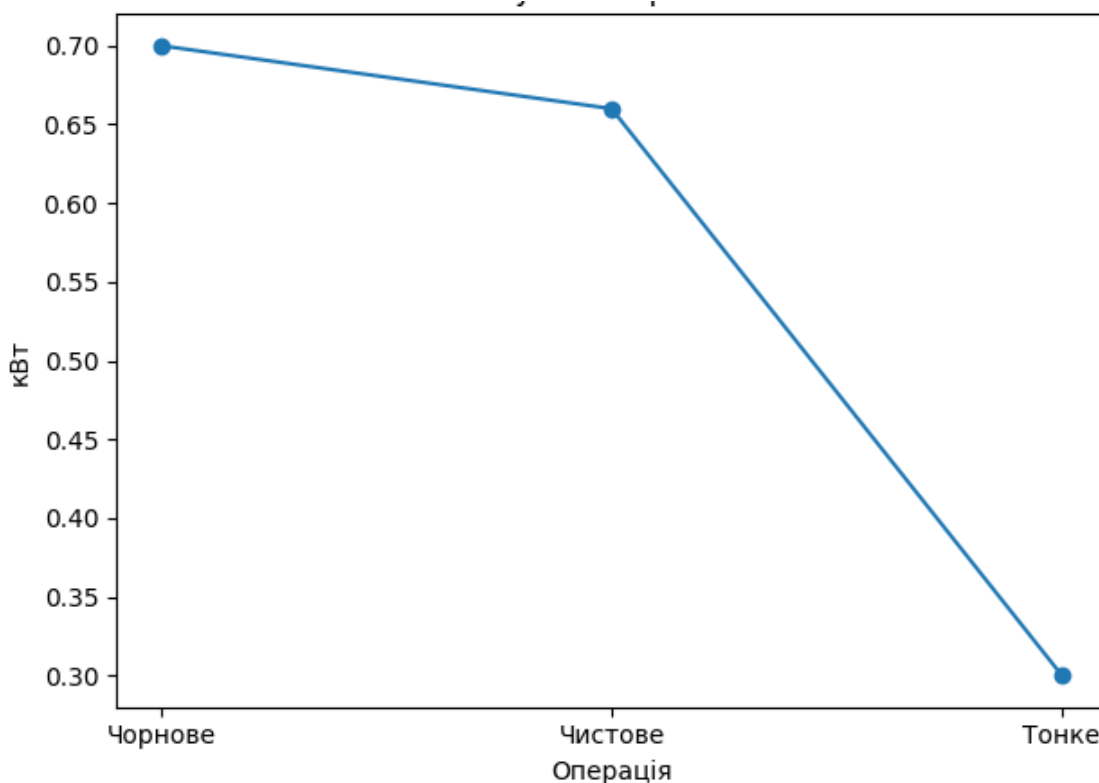


Рисунок 2.12 – Потужність різання

2.8 Вибір та характеристика технологічного устаткування

Вибір моделей обладнання, визначення частоти обертання і подачі здійснюємо згідно [1]. Для великосерійного виробництва підбираємо високопродуктивне універсальне і спеціалізоване, орієнтуючись на відповідність основних розмірів робочих органів верстата габаритним розмірам оброблюваної заготовки і досягнення необхідної точності, а також на застосування мінімальної кількості різних моделей верстатів.

Для досягнення високої якості і продуктивності при виготовленні деталі у всіх операціях згідно з рекомендаціями, наведеними в [1] для серійного виробництва застосовуємо спеціальні пристосування з швидкодіючим затискачем заготовок.

Обробку виконуємо стандартним інструментом. Матеріал різальної частини торцевих фрез, свердлів, зенкерів, розгортки, мітчиків, кінцевих фрез і зенків швидко різальної частини P6M5.

1. Операція (005) — зовнішнє точіння контуру та створення отворів Ø8H7.

Верстат

HAAS ST-10 (USA)

- 2-осьовий токарний ЧПК верстат
- Макс. діаметр обробки: ~356 мм
- Макс. довжина: ~406 мм
- Похибка: $\pm 0,005$ мм
- Підходить для дрібних і середніх деталей

Альтернатива (Європа/Азія):

- DMG MORI CLX 350
- Doosan Puma GT2100

Тип пристрою

Самоцентруючий патрон із м'якими змінними кулачками (soft jaws)

Конструкція:

База: стандартний 3-кулачковий патрон ЧПК верстата. Трикулачковий патрон для ЧПК забезпечує жорстке базування та надійне затискання заготовки за необроблену зовнішню поверхню (Ø70 мм) для виконання первинного торцювання. Використовується стандартний самоцентрувальний спіральний патрон. Встановлюється базою слугує торець, а направляючою — зовнішній діаметр.

- Робочі елементи: змінні м'які кулачки, оброблені під форму заготовки.
- Центрування: самоцентрування кулачків.
- Кріплення: через шпиндельний фланець.

Особливості:

- Забезпечує точне базування циліндричних заготовок
- Можливість швидкої переналагодки
- Висока повторюваність установки

Ріжучий інструмент

1. Різець токарний прохідний ВК8

Призначення: Зовнішнє точіння та підрізання торця.

Геометрія:

- Кут різання: Оптимізований для чавуну (наприклад, передній кут $\gamma=12^\circ$, задній кут $\alpha=8^\circ$).
- Кути в плані: Головний $\phi=95^\circ$, допоміжний $\phi_1=5^\circ$ (забезпечує можливість підрізання торця).
- Радіус при вершині: $r=0.8$ мм.

Характеристики: Хвостовик 25x16 мм. Тип пластини, наприклад, CNMG або WNMG.

2. Свердло спіральне Ø8

Призначення: Попереднє створення отворів під подальше розгортання.

Геометрія:

- Кут при вершині (2 ϕ): Оптимізований для чавуну, $\sim 118\text{--}120^\circ$.
- Діаметр: Ø8 мм (фактичний розмір свердла має бути трохи меншим, $\sim \text{Ø}7.8$ мм, щоб залишити припуск під розгортку).

3. Розгортка машинна Ø8H7

Призначення: Фінішна обробка отворів Ø8H7.

- Геометрія:
- Кількість зубів: 6 або 8.
- Забірна частина: Оптимізована для чавуну (коротша забірна частина).

Матеріал ріжучої частини: Твердий сплав ВК8.

Характеристики: Допуск за діаметром забезпечує отримання розміру $\varnothing 8H7$.

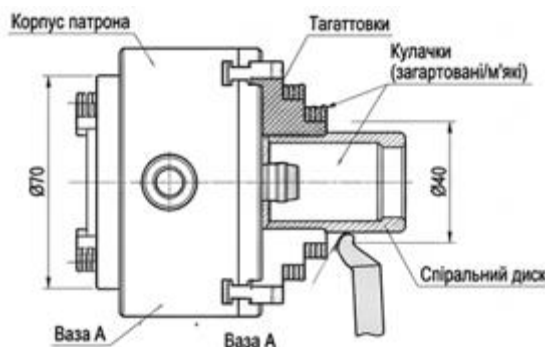


Рисунок 2.13 - 3-кулачковий патрон ЧПК верстата

2. Операція 010 - розточування внутрішнього отвору.

Верстат

HAUSER S35-600 (координатно-розточувальний)

- Висока точність (до 0,002–0,005 мм)
- Призначений для точних отворів H7

Альтернатива:

- TOS Varnsdorf WHN 13 CNC
- Mikron HSM 400

Тип пристрою: Плитний базувальний пристрій з V-подібними опорами та притисками

Точний трикулачковий патрон забезпечує точне позиціонування заготовки за вже оброблені на попередньому етапі поверхні. Це необхідно для чистового торцювання та точного розточування центрального отвору. Патрон оснащено спеціальними кулачками, які розточені "по місцю". Це забезпечує високу співвісність між обробленим зовнішнім діаметром та внутрішнім отвором.

Конструкція:

- Основа: чавунна або сталева плита.

Базування:

- 2 призматичні опори (V-блоки).
- упор по торцю.
- Закріплення: ексцентрикові або гвинтові притиски.

- Додатково: калібрована втулка для контролю осі.

Особливості:

- Висока точність співвісності.
- Жорстке закріплення для розточувальної операції.
- Мінімальні деформації.

Інструмент

1. Різець розточний прохідний ВК8

Призначення: Попереднє (чорнове) розточування головного отвору.

- Геометрія:
 - Оптимізована для забезпечення жорсткості при розточуванні. Забезпечує вхід у отвір.
 - Діаметр оправки: $\varnothing 20$ мм.
 - Довжина вильоту: Оптимізована для розточування на глибину понад 100 мм.

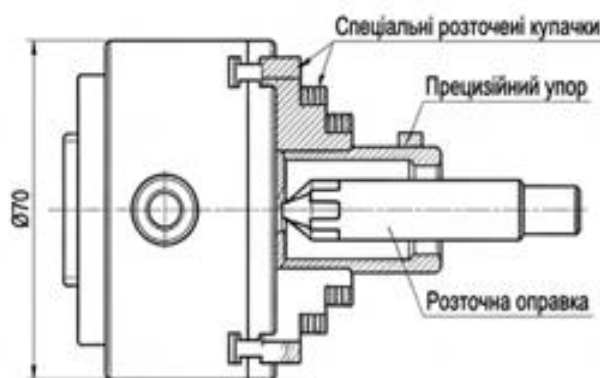


Рисунок 2.14 – Точний 3-кулачковий патрон

3. Операція 015 - фрезерування площини та створення різьбових отворів M10.

Верстат

HAAS VF-2

- 3-осьовий вертикально-фрезерний центр
- Робочий хід: $762 \times 406 \times 508$ мм
- Швидкість шпинделя: до 8100 об/хв

Альтернатива:

- DMG MORI CMX 600 V
- Mazak VCN-530C

Тип пристрою: Універсальний кондукторний пристрій з направляючими втулками

Конструкція: Кондуктор забезпечує точне взаємне розташування чотирьох кріпильних отворів відносно бази А (опорної площини) та бази В (бічної поверхні). Корпусна пристосування у вигляді плити з фіксувальними елементами та швидкодійними ексцентриковими затискачами. Для точного спрямування свердел використовуються змінні гартовані кондукторні втулки.

- Основа: плитна конструкція з Т-пазами
- Базування:
 - 3-2-1 схема (площина + упори)
- Фіксація: швидкознімні притиски (ексцентрикові)
- Напрямні елементи:
 - змінні кондукторні втулки для свердління

Особливості:

- Підвищує точність отворів
- Скорочує час розмітки
- Можливість групової обробки

Інструмент

1. Фреза торцева (Ø100)

Призначення: Фрезерування верхньої площини (80x100 мм).Геометрія:

- Тип фрези, наприклад, Ø100 мм зі вставними ножами (6 ножів).
- Тип змінних пластин (наприклад, SEKT). Кут в плані $\phi=45^\circ$ для зниження навантаження.

Характеристики: Посадковий діаметр, кількість ножів ($z=6$).

2. Свердло спіральне Ø9

Призначення: Свердління під різьбу M10.

- Геометрія: Діаметр Ø9 мм. Оптимізована для чавуну заточка.

3. Зенкер циліндричний Ø20

Призначення: Цекування отворів під кріплення (Ø20 мм).

- Геометрія: Діаметр Ø20 мм. Кількість зубів ($z=3$).

4. Мітчик машинний М10-7Н

Призначення: Нарізання різьби М10-7Н.

Геометрія:

- Різьба М10х1.5 (крок різьби).
- Забірна частина: тип, наприклад, В (для наскрізних отворів) або С.
- Допуск різьби: 7Н.

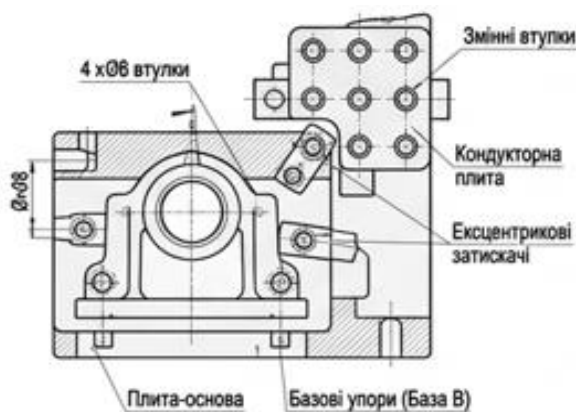


Рисунок 2.12 – Кондуктор для фрезерування та свердління

4. Операція 020 -чорнове, чистове, тонке розточування головного отвору, створення канавки та підрізання торця

Обладнання

Верстат горизонтально-розточний 2М615

Тип пристрою:

Розточний стенд з базуючими пальцями

- Призначення: Точне орієнтування осі центрального отвору відносно раніше оброблених кріпильних отворів та опорної площини для виконання чорнового та чистового розточування.
- Конструкція: Пристосування являє собою масивну плиту з двома високоточними пальцями (циліндричним та ромбічним), які входять у кріпильні отвори (База Б). Заготовка притискається гвинтовими

затискачами до опорної площини А. Передбачена стійка для підтримки розточної оправки.

Інструмент

1. Розточна головка в зборі з вставними різцями ВК8

Призначення: Комплексна обробка основного отвору $\varnothing 35H7$.

- Вставка розточна (чорнова/чистова): Різець для розточування діаметра.
- Вставка канавочна (внутрішня): Спеціальний різець для створення внутрішньої канавки (наприклад, підрізки торця на 180°).
- Вставка підрізна торцева: Різець для підрізання внутрішнього торця.

Геометрія: Кожен різець має специфічну геометрію для своєї дії, матеріал ріжучої частини — твердий сплав ВК8.

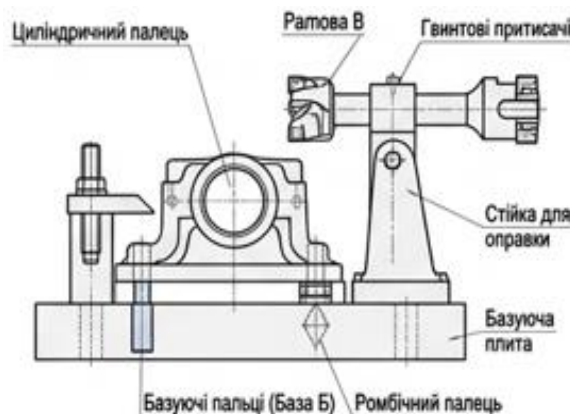


Рисунок 2.13 -Розточний стенд з базуючими пальцями

Операція 025 -чорнове, чистове, тонке розточування головного отвору, створення канавки та підрізання торця

Обладнання

Верстат горизонтально-розточний 2М615

Технологічна оснастка: Забезпечення максимальної точності розміру, геометричної форми та чистоти поверхні фінішного отвору ($\varnothing 35H7$).

Конструкція: Це вдосконалена версія попереднього стенда. Для досягнення субмікронної точності конструкцію підсилено віброгасними елементами та прецизійними опорами кочення. Основа пристосування виготовлена з термостабільного матеріалу для мінімізації температурних деформацій.

Інструмент:

1. Різець розточний фінішний (з твердосплавною пластиною ВК8)

- Призначення: Фінішне, тонке розточування отвору Ø35H7.

Геометрія:

- Спеціальна "фінішна" геометрія (наприклад, передній кут $\gamma=5^\circ-8^\circ$ для зниження вібрації, малий радіус при вершині $r=0.2-0.4$ мм для отримання високої чистоти поверхні).
- Довжина вільоту оптимізована для забезпечення максимальної жорсткості.

2.9 Визначення норм часу

Для визначення норми часу на виконання операції 005 виконується розрахунок складових технологічного часу.

1. Допоміжний час на встановлення та закріплення деталі

Час, необхідний для встановлення заготовки в пристосування та її закріплення, становить:

$$t = 0.25 \text{ хв.}$$

2. Допоміжний час, не врахований у керуючій програмі

До цієї складової входять дії оператора, які виконуються поза автоматичним циклом роботи верстата:

- увімкнення та вимкнення верстата — 0,05 хв;
- відкривання та закривання захисного екрана — 0,05 хв;
- встановлення координат по осях X і Y — 0,16 хв;
- введення корекції на інструмент — 0,30 хв.

Сумарний допоміжний час становить

Допоміжний час, пов'язаний з обробкою, не включений до програми:

- увімкнути та вимкнути верстат: $t = 0.04$ хв.
- відкрити загороджувальний щиток від стружки, закрити: $t = 0.03$ хв.
- встановити координати X та Y : $t = 0.15$ хв.
- ввести корекцію на інструмент: $t = 0.2$ хв.

$$T_v = 0.26 + 0.05 + 0.04 + 0.16 + 0.3 = 0.81 \text{ хв}$$

3. Час на контрольні вимірювання

Контрольні вимірювання виконуються паралельно з технологічним процесом, тому окремо до норми часу не включаються.

4. Визначення автоматичного часу роботи

Автоматичний час складається з машинного часу та допоміжного часу, пов'язаного з автоматичними переміщеннями інструмента:

$$T_a = T_{o.a.} + T_{v.a.} \quad (2.13)$$

де: $T_{o.a.}$ - сума машинного часу за всіма інструментальними переходами:

$$T_{o.a.} = 2. + 1 + 0.9 = 3.9 \text{ хв}$$

$$T_a = 3.9 + 0.25 = 4.15 \text{ хв}$$

5. Час на обслуговування робочого місця

Витрати часу на організаційне та технічне обслуговування приймаються у розмірі 3,5 % від оперативного часу:

$$T_{обс.} = 3.5\% T_{оп} \quad (2.14)$$

6. Час на відпочинок і особисті потреби

Для забезпечення нормальних умов праці передбачається додатковий час у розмірі 4 % від оперативного часу:

$$T_{від.} = 4\% T_{оп}$$

7. Визначення норми штучного часу

На підставі розрахованих складових визначається штучний час виконання операції:

$$T_{шт} = (T_a + T_v \cdot K_v) \cdot \left(1 + \frac{T_{обсл.} + T_{отд.}}{100}\right) = (2.5 + 0.6 \cdot 0.7) \cdot \left(1 + \frac{4 + 3.5}{100}\right) = 3.87 \text{ хв}$$

8. Підготовчо-заключний час

До підготовчо-заключних робіт належать:

- отримання інструменту та пристосувань — 4 хв;
- ознайомлення з технологічним завданням — 4 хв;
- встановлення та демонтаж інструментального блока — 18 хв;
- встановлення і зняття програмоносія — 1 хв.

Загальний підготовчо-заключний час становить:

$$T_{пз} = 4 + 4 + 18 + 5 + 1 = 27 \text{ хв}$$

9. 9. Розрахунок штучно-калькуляційного часу

Штучно-калькуляційний час визначається з урахуванням частки підготовчо-заключного часу, що припадає на одну деталь партії:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 3.87 + \frac{27}{200} = 4.0 \text{ хв.}$$

Отже, норма штучного часу для операції 005 становить 3,87 хв, а норма штучно-калькуляційного часу — 4,0 хв на одну деталь.

Таблиця 2.2 - Штучний та штучно-калькуляційний час виконання технологічних операцій

№ операції	Штучний час, ($T_{шт}$), хв	Штучно-калькуляційний час, ($T_{шк}$), хв
005	1,35	1,42
010	0,90	0,94
015	2,28	2,35
020	2,50	2,56
025	0,48	0,49

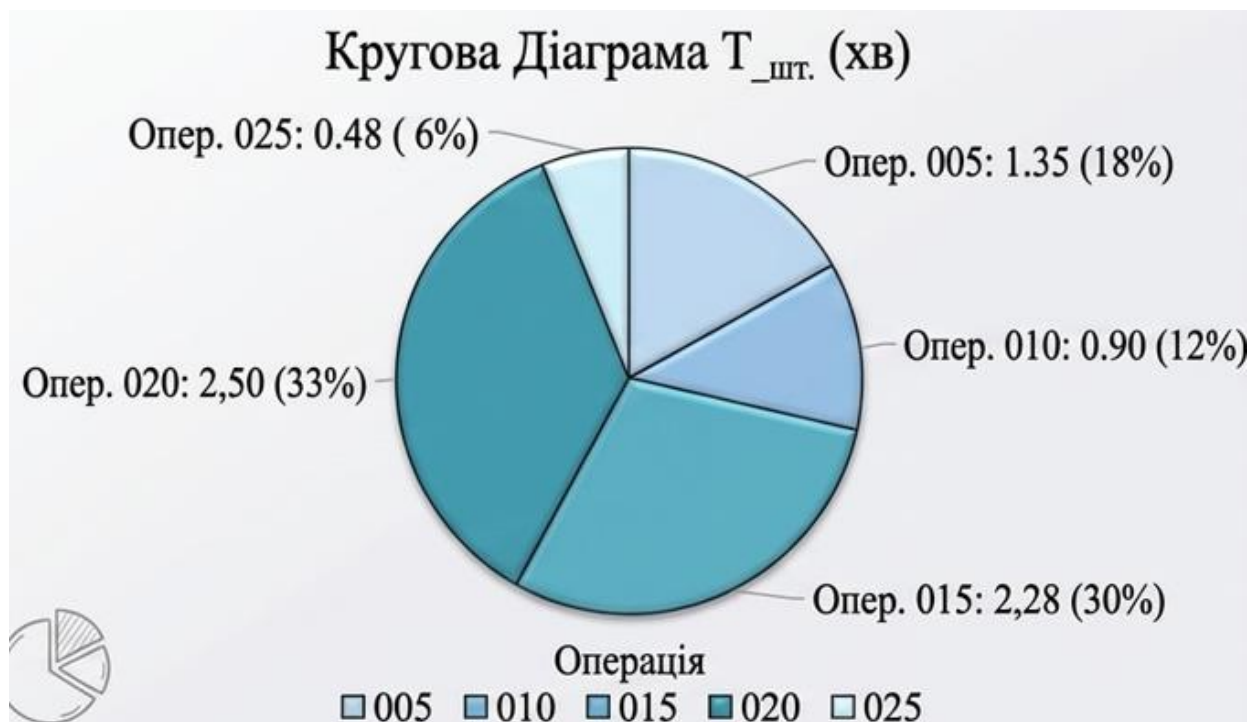


Рисунок 2.14 -Структура трудомісткості переходів операцій за $T_{шт}$

- Найбільша частка: операція 020 (розточування) → ~35%
- Далі: операція 015 (фрезерно-свердлильна) → ~32%
- Менші: токарні операції
- Найменша: фінішна операція Ø35H7

Таблиця 2.2 – Дані для S- кривою

№ операції	Найменування операції	Штучний час, ($T_{шт.}$), хв	Сумарний (накопичений) час, хв
1	005	1,35	1,35
2	010	0,90	2,25
3	015	2,28	4,53
4	020	2,50	7,03
5	025	0,48	7,51

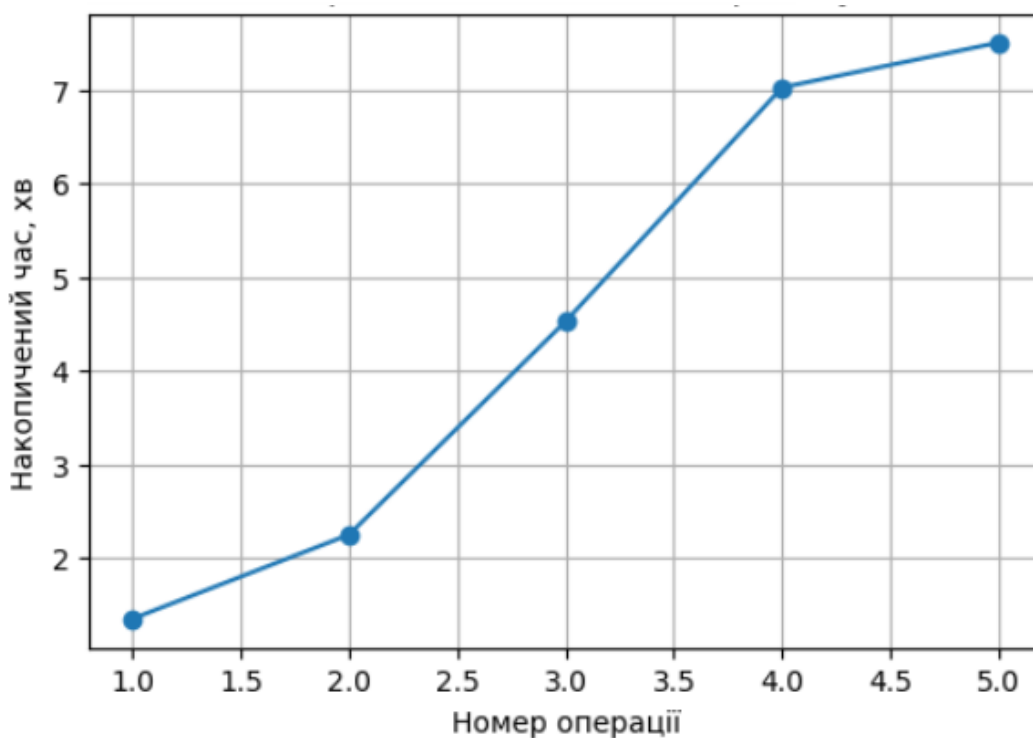


Рисунок 2.15 - S- крива накопичення трудомісткості

У таблиці наведено значення штучного часу для кожної технологічної операції та розраховано накопичений час, необхідний для побудови S-кривої технологічного процесу. Накопичений час визначається шляхом послідовного додавання тривалості кожної наступної операції до суми часу попередніх операцій.

Загальна трудомісткість виготовлення деталі становить 7,51 хв, при цьому найбільший внесок у сумарний час вносять операції 015 та 020, на які припадає основна частина технологічного циклу.

Побудова S-кривої дає можливість проаналізувати розподіл трудомісткості між операціями та оцінити ефективність технологічного процесу з точки зору завантаження обладнання і виробничих ресурсів.

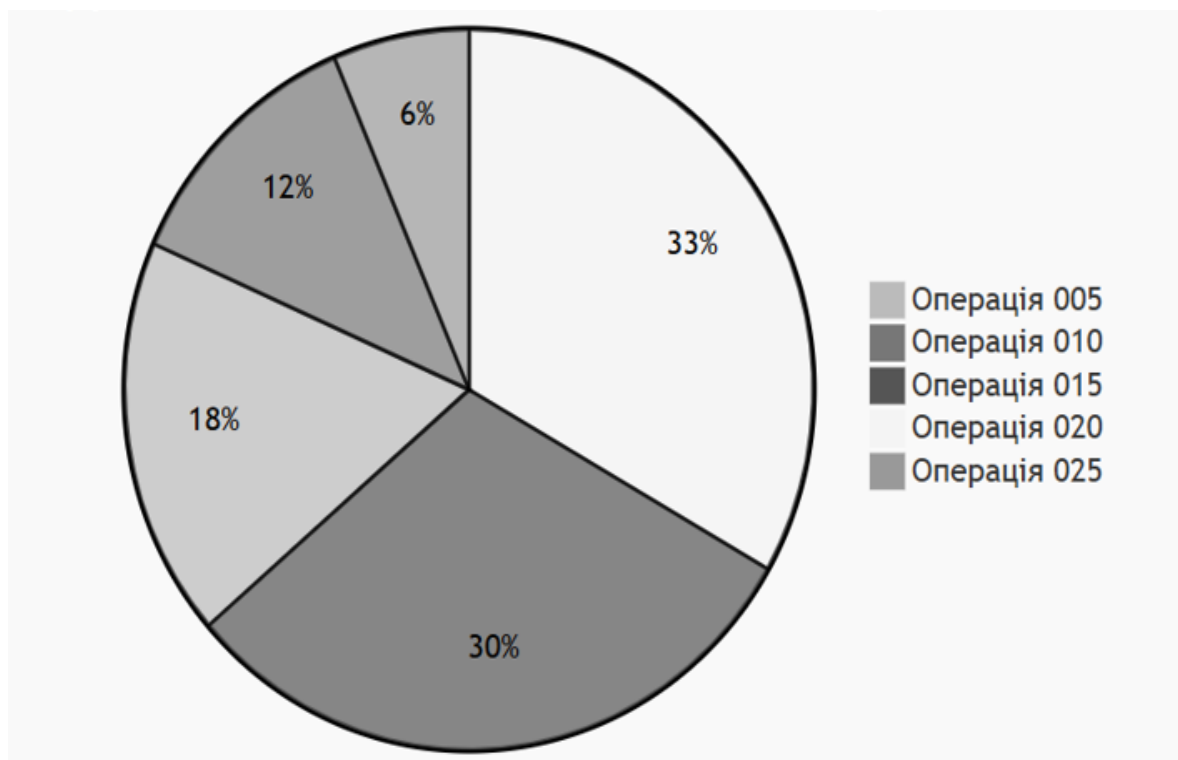


Рисунок 2.16 – Трудомісткість виготовлення деталі Кронштейн

На рисунку наведено розподіл трудомісткості між окремими технологічними операціями під час виготовлення деталі «Кронштейн». Діаграма відображає частку кожної операції у загальній трудомісткості технологічного процесу.

Найбільшу частку займає операція 020, на яку припадає 33 % загального часу обробки. Це свідчить про те, що дана операція є найбільш трудомісткою та суттєво впливає на тривалість виробничого циклу. Тому саме вона є основним резервом для підвищення продуктивності праці та скорочення часу виготовлення деталі.

Друге місце за трудомісткістю посідає операція 015, частка якої становить 30 %. Разом операції 015 та 020 формують 63 % загальної трудомісткості процесу, тобто на них припадає понад половина часу виготовлення деталі.

Операція 005 характеризується середнім рівнем трудомісткості та становить 18 % від загального обсягу робіт. Її внесок є значним, однак істотно меншим порівняно з операціями 015 та 020.

Частка операції 010 складає 12 %, що свідчить про відносно невелику тривалість її виконання. Найменш трудомісткою є операція 025, на яку припадає лише 6 % загального часу обробки.

Таким чином, аналіз діаграми показує, що основна трудомісткість технологічного процесу зосереджена на операціях 015 та 020. Для підвищення ефективності виробництва доцільно приділити особливу увагу вдосконаленню саме цих операцій шляхом застосування більш продуктивного обладнання, спеціального інструменту або оптимізації режимів обробки. Це дозволить суттєво скоротити загальну тривалість виготовлення деталі та підвищити економічну ефективність.

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис будови та принципу роботи планшайби з пневмоприводом

Планшайба з пневмоприводом є елементом затискного пристрою, призначеного для базування та надійного закріплення заготовок під час механічної обробки. Застосування пневматичного приводу забезпечує швидке та рівномірне затискання, підвищує продуктивність та стабільність технологічного процесу.

Планшайба з пневмоприводом складається з наступних основних вузлів і елементів:

- Корпус – несуча частина пристрою, в якій розміщуються всі механізми та елементи приводу.
- Планшайба (диск) – робочий елемент, що передає зусилля на затискні механізми та забезпечує базування деталі.
- Пневмоциліндр – виконавчий механізм, у якому енергія стисненого повітря перетворюється на поступальний рух.
- Шток – передає зусилля від пневмоциліндра до системи затиску.
- Тяга – проміжний елемент, який забезпечує передачу руху від штока до підкулачників.
- Підкулачник – елемент, що перетворює поступальний рух у радіальне переміщення кулачків.
- Кулачки – безпосередньо здійснюють затиск заготовки.
- Повзуни з призмою – забезпечують направлений рух кулачків і точне позиціонування деталі.

Робота планшайби з пневмоприводом базується на використанні енергії стисненого повітря, що подається в пневмоциліндр.

При подачі стисненого повітря в робочу порожнину циліндра шток здійснює поступальний рух. Далі зусилля через тягу передається на підкулачники, які забезпечують синхронне переміщення повзунів із кулачками. У результаті

кулачки переміщуються в радіальному напрямку та здійснюють затиск заготовки на планшайбі.

Після припинення подачі повітря або подачі його в протилежну порожнину пневмоциліндра відбувається зворотний рух штока, що призводить до розтискання кулачків і звільнення деталі.

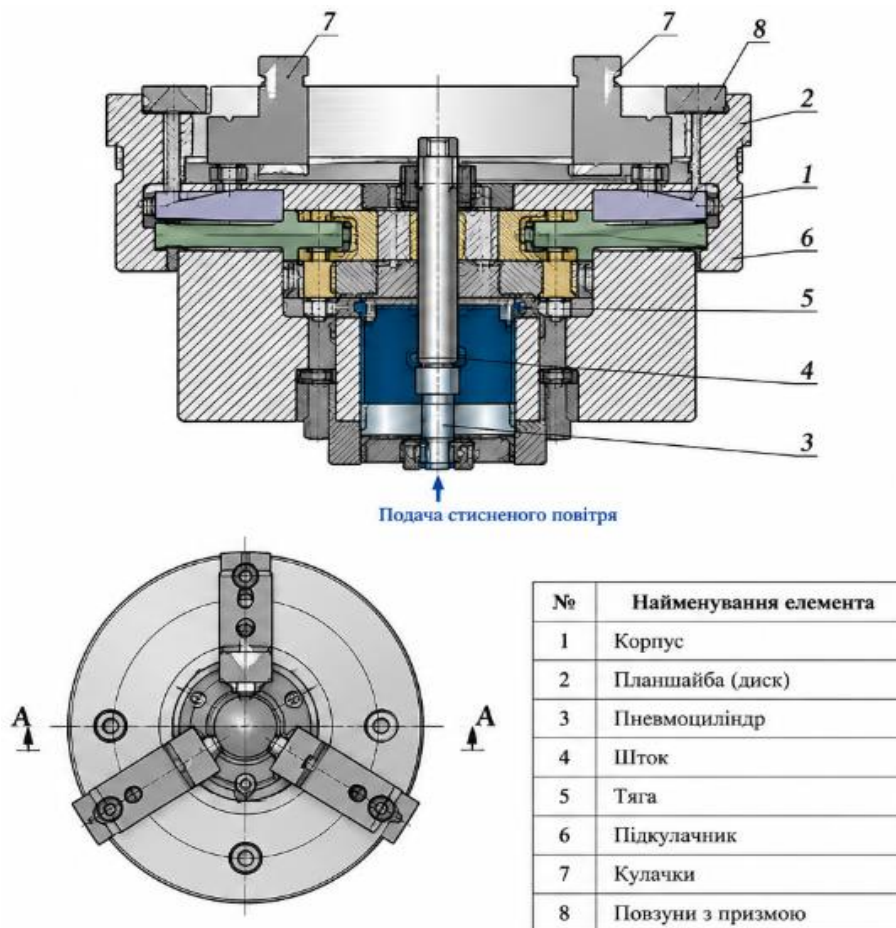


Рисунок 3.1 - Схема пристрою з нумерацією елементів

Планшайба з пневмоприводом забезпечує швидке, надійне та рівномірне закріплення заготовок, що підвищує продуктивність обробки та точність базування деталей у технологічному процесі.

3.2 Опис пристосування для фрезерної обробки

При базуванні заготовки для фрезерної обробки застосуємо установку по двох отворах та площині. Головними перевагами такого способу базування є простота

конструкції пристосування та досить висока точність установки заготовки.

Конструктивно розрізняють установку на два циліндричні пальці або один циліндричний і один зрізаний палець. Кордон застосування цих поєднань визначається точністю діаметрів і взаємного розташування базових отворів і необхідною точністю відносних відстаней і поворотів оброблюваних поверхонь, що витримуються на операції.

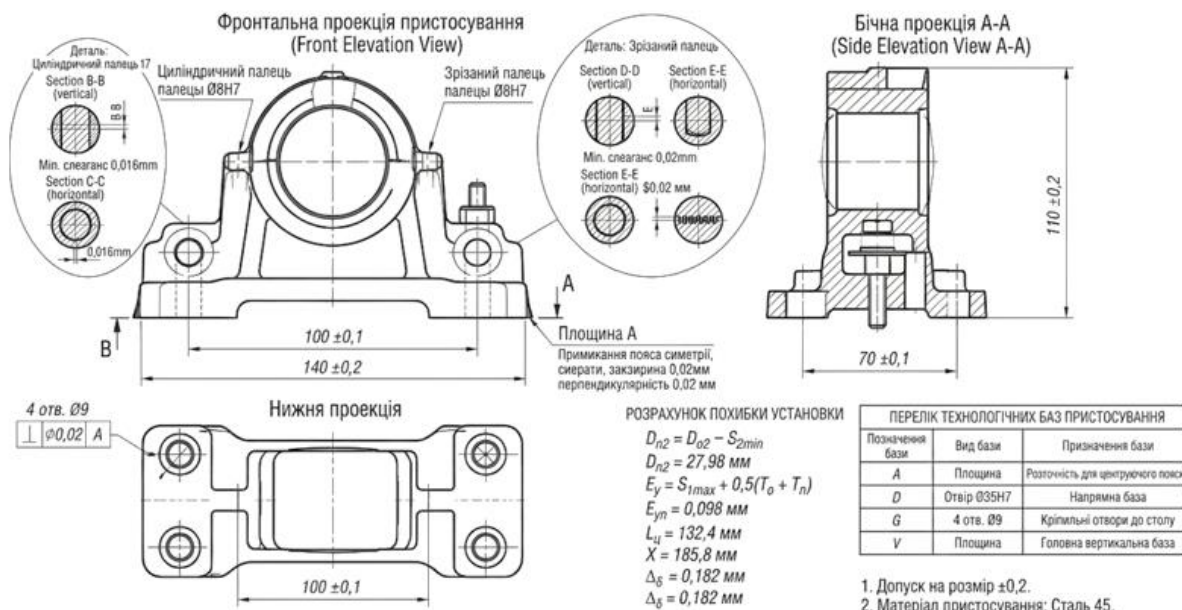
У перший отвір встановлюємо палець посадки f7, що має діаметр $\varnothing 14_{-0,034}^{-0,016}$. Тоді

Розрахуємо діаметр другого пальця за формулою:

$$d_{П2} = (d_{o2} + S_{1min} - T_{MO} - T_{М.П.})_{-T_{П2}}, \quad (3.1)$$

$$d_{П2} = (14 + 0,016 - 0,04 - 0,046)_{-0,018} = 13,93_{-0,018} \text{ мм}$$

Для підвищення точності базування при збереженні можливості гарантованої установки будь-якої заготовки з партії з міжцентровою відстанню базових отворів у межах заданого допуску використовуємо замість одного циліндричного пальця зрізаний.



Риунок 3.2 - Схема встановлення заготовок на циліндричний та зрізаний пальці

Умову встановлення заготовки на циліндричний та зрізаний пальці можна записати у вигляді формули:

:

$$d_{П2} = \sqrt{d_{o2}^2 + b^2 - (b + T_{М.О.} + T_{М.П.} - S_{1min})^2} \quad (3.3)$$

$$d_{П2} = \sqrt{14^2 + 4^2 - (4 + 0,04 + 0,046 - 0,016)^2} = 13,98_{-0,018} \text{ мм.}$$

Для циліндричного пальця величина зазору $S_{2min}=0,07$ мм, а зрізаного $S_{2min}=0,02$ мм. Звідси видно, застосування зрізаного пальця значно знижує похибку установки.

Зміщення заготовки від її середнього положення у напрямках, перпендикулярних осі циліндричного пальця, визначаються мінімальним радіальним зазором S_1 , допуском на розмір отвору бази T_{do1} і допуском на діаметр пальця T_{dn1} . Схема розрахунку похибки установки представлена на рис. Найменше усунення дорівнює S_1 , а найбільше

$$S = 0,5T_{do1} + 0,5T_{dn1} = 0,5 \cdot 0,027 + 0,5 \cdot 0,018 = 0,0225 \text{ мм.}$$

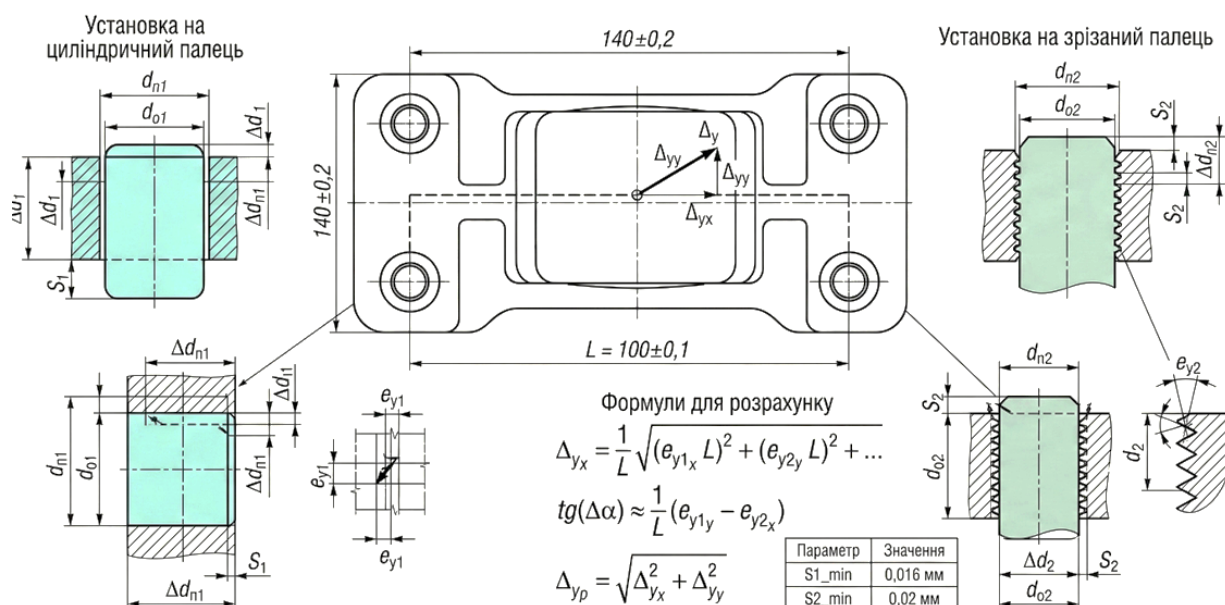


Рисунок 3.3 - Схема для розрахунку похибки встановлення заготовки на циліндричний та зрізаний палець

За величинами зміщень знайдемо похибку установки для розмірів, що виконуються. Найбільший кут повороту заготовки α від її номінального положення знайдемо за формулою:

$$\sin \alpha = \frac{S_{1max} + S_{2max}}{L} \frac{0,061 + 0,065}{188,7} = 0,00067$$

Відстань центру повороту від осі циліндричного пальця визначимо за такою формулою:

$$A = \frac{S_{1max}}{S_{1max} + S_{2max}} \cdot L = \frac{0,061}{0,061 + 0,065} \cdot 188,7 = 91,35 \text{ мм.}$$

Знаючи кут та центр повороту заготовки, визначимо похибку обробки заданого параметра, викликаного базуванням заготовки. Розміром, якого пред'являються найвищі вимоги до виконання розміру є розмір 9+0,1.

Маючи координати точки обертання заготовки при встановленні на два пальці та відстань до поверхні, на яку може вплинути поворот заготовки, можна розрахувати відстань від центру до досліджуваної поверхні:

$$R = 91,35 - 9,5 = 81,85 \text{ мм}$$

Тоді відстань X, визначиться

$$X = R \cdot tg \frac{\alpha}{2} \quad (3.4)$$

$$X = 81,85 \cdot tg \frac{0,038}{2} = 0,027 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір, що виконується, перевищує можливу похибку. Отже, спроектований пристрій можна використовувати для обробки деталі.

3.3 Силевий розрахунок пристосування

Дана схема складається з двох частин: верхня частина: безпосередньо схема базування прямокутної заготовки на опори (одна плоска та одна призматична) та прикладання сил різання (Pz), затискання (Q1) і реакцій опор (N1), а нижня частина: конструктивне виконання пристосування (важеля), яке забезпечує це затискання, з визначенням його геометричних параметрів (L1, L2, L3, L4) та прикладених моментів (M).

Визначаємо сили різання через потужність, а останню – за допомогою режимів різання. При обробці твердосплавної кінцевої фрези з подачею на зуб $S_z = 0,14$ мм/зуб, числом зубів $Z = 2$, швидкістю різання $v = 396,89$ м/хв, а колова сила:

$$P_z = \frac{10 C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (3.5)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 20^{0,85} \cdot 0,14^{0,75} \cdot 2^{1,0} \cdot 2}{20^{0,73} \cdot 6360^{-0,13}} \cdot 1 = 985,67 \text{ Н.}$$

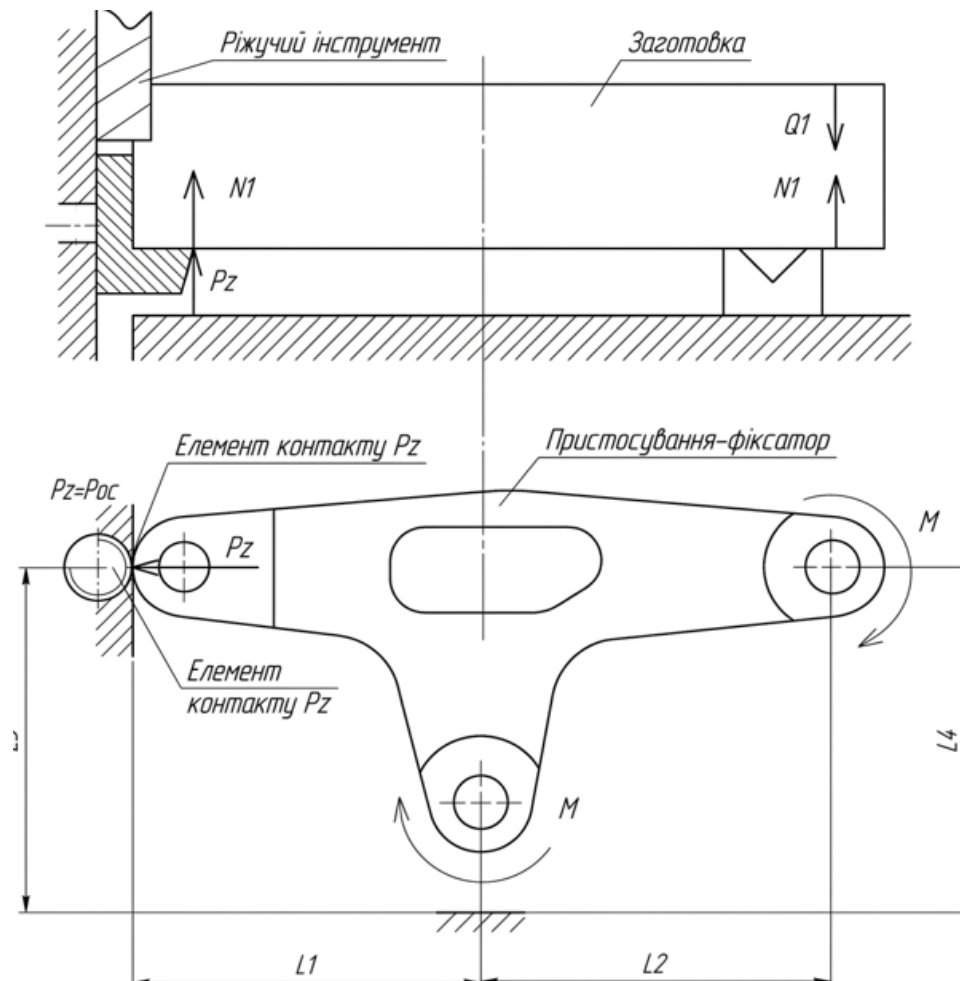


Рисунок 3.4 -Схема базування та закріплення заготовки

Визначимо потрібні сили затиску. Для цього прикладемо до заготовки сили різання, затиску, тертя і реакції опор, що діють на неї..

Складемо рівняння рівноваги, маючи на увазі, що сили тертя $F = N$:

$$\sum F_x = 0;$$

$$P_{oc} - Q1 - Q1 + N1 + N1 = 0;$$

$$P_{oc} - 2Q1 + 2N1 = 0;$$

$$\sum F_y = 0;$$

$$\sum F_z = 0;$$

$$\sum M_x(F) = 0;$$

$$k \cdot P_{oc} \cdot l1 - \frac{2}{3} \cdot f \cdot Q1 \cdot \frac{24^3 - 12^3}{24^2 - 12^2} - \frac{2}{3} \cdot f \cdot N1 \cdot \frac{24^3 - 12^3}{24^2 - 12^2} = 0;$$

$$\sum M_y(F) = 0;$$

$$kP_{oc} \cdot l3 - Q1 \cdot l4 + N1 \cdot l4 = 0;$$

$$\begin{aligned}
\sum M_z (F) &= 0; \\
kP_{oc} \cdot l + N1 \cdot l2 - Q1 \cdot l2 &= 0; \\
N1 &= Q1 \cdot l2 - k \cdot P_{oc} \cdot l = 0; \\
kP_{oc} \cdot l3 - Q1 \cdot l4 + Q1 \cdot l2 - k \cdot P_{oc} \cdot l \cdot l4 &= 0 \\
Q1(-l4 + l2) &= -k \cdot P_{oc} \cdot l \cdot l4 - kP_{oc} \cdot l3 \\
Q1 &= (-k \cdot P_{oc} \cdot l4 - kP_{oc} \cdot l3) / (-l4 + l2) \\
Q1 &= 2 \cdot \frac{985,67(80+80)}{80+100} = 1753,2 \text{ Н} \\
M &= 0,1dQ1 + 0,05Q \cdot \frac{24^3 - 12^3}{24^2 - 12^2} = 0,1 \cdot 12 \cdot 1752,3 + 0,05 \cdot \\
\frac{1752,3(13824-1728)}{576-144} &= 2102,76 + 87,61 \cdot \frac{12096}{432} = 45645,78 \text{ Н}\cdot\text{мм}
\end{aligned}$$

$$\text{Момент на ключі дорівнює } F = \frac{M}{L} = 22,77 \text{ Н}$$

На основі заданих режимів різання (подача на зуб, кількість зубів фрези, швидкість різання та геометричні параметри інструмента) визначено колову складову сили різання $P_z = 985,67 \text{ Н}$, що є основною навантажувальною силою, яка діє на заготовку під час обробки.

Далі, шляхом складання рівнянь рівноваги сил і моментів, враховуючи сили тертя, реакції опор та зусилля затиску, визначено необхідне зусилля затискання $Q1 = 1753,2 \text{ Н}$. Отримане значення забезпечує надійну фіксацію заготовки в процесі обробки та виключає її зміщення під дією сил різання.

Також проведено розрахунок зусилля на приводному механізмі та моменту затискання, який склав $M = 45645,78 \text{ Н}\cdot\text{мм}$. Визначено зусилля на ключі $F \approx 22,77 \text{ Н}$, що підтверджує працездатність конструкції та допустимість прикладених навантажень.

Отримані результати свідчать, що розроблене пристосування забезпечує достатню жорсткість.

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

6.1 Санітарно – гігієнічна характеристика умов праці на дільниці

Метеорологічні умови на дільниці повинні забезпечувати нормальні умови праці. Параметри мікроклімату повинні знаходитися в межах оптимальних норм температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочих зонах виробничих приміщень.

Рациональне освітлення виробничої дільниці є одним з факторів, які забезпечують нормальні умови праці.

Збільшення освітлюваності робочої поверхні покращує яскравість, збільшує шкідливість розрізнювання. На характер зорової роботи найбільший вплив мають розміри об'єкту розрізнення на контрольних операціях. Зважаючи на те, що маємо серійний тип виробництва, де основними засобами контролю є калібри (пробки, скоби, різеві калібри), приймаємо розряд зорових робіт IV в.

Джерелом шуму на виробничій дільниці є технологічне обладнання. Шум виникає в результаті пружних коливань, звукових хвиль, що утворюються обладнанням і окремими його частинами.

Виробничий шум на дільниці відноситься до другого класу. Середня частота шуму складає 80 – 125 Гц , який виникає від обладнання неударної дії. Рівень звуку на дільниці не повинен перевищувати 85 дБ.

Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину. Фізична сутність звуку – це механічні коливання пружного середовища (повітря, рідини). Під час звукових коливань утворюються області зниженого і підвищеного тиску, що діють на слуховий аналізатор (мембрану вуха).

Основними фізичними характеристиками звуку є: частота f (Гц), звуковий тиск P (Па), інтенсивність або сила звуку I (Вт/м²), звукова потужність Π (Вт) тощо. Швидкість поширення звукових хвиль в атмосфері при 20о С складає 344 м/с. Органи слуху людини сприймають звукові коливання в інтервалі частот від

16 до 20000 Гц. Але деякі із звуків не сприймаються органами слуху людини: коливання з частотою нижче 16 Гц – інфразвуки, з частотою вище 20000 Гц – ультразвуки.

Мінімальна інтенсивність звуку, яку людина відчуває, називається порогом чутливості.

У різних людей він різний, і тому умовно за поріг чутливості приймають звуковий тиск, який дорівнює $2 \times 10^{-5} \text{ Н/м}^2$ при стандартній частоті 1000 Гц. При цій частоті поріг чутливості $I_0 = 10 - 12 \text{ Вт/м}^2$, а відповідний йому тиск $P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Па}$. Максимальна інтенсивність звуку, при якій вухо починає відчувати болючі відчуття, називається порогом болісного відчуття, рівним 102 Вт/м^2 , а відповідний йому звуковий тиск $P = 2 \times 10^{-2} \text{ Па}$.

Зміни інтенсивності звуку і звукового тиску, що чує людина, величезні і складають відповідно 1014 і 107 разів, тому оперувати такими великими числами незручно.

Таким чином, для оцінки шуму прийнято вимірювати його інтенсивність і звуковий тиск не абсолютними фізичними величинами, а логарифмами відношень цих розмірів до умовного нульового рівня, що відповідає порогові чутливості стандартного тону, частотою 1000 Гц.

Ці логарифми відношень називають рівнями інтенсивності і звукового тиску, виражені в белах (Б). Одиниця виміру “бел” названа іменем винахідника телефону А. Белла (1847–1922). Оскільки орган слуху людини спроможний розрізняти зміни рівня інтенсивності звуку на 0,1 Б, то для практичного використання більш зручнішою є одиниця в 10 разів менше – децибел (дБ).

Якщо значення гучності звуку (інтенсивності) перевищує 60 – 80 дБ, то такий шум уже може шкідливо впливати на здоров'я людини: підвищувати кров'яний тиск, викликати порушення ритму серця, створювати значне навантаження на нервову систему, впливати на психічний стан особи.

Дуже сильний шум (понад 140 – 180 дБ) може викликати розірвання барабанної перетинки.

Шум має акумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему.

Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

Шуми викликають функціональні розлади серцево-судинної системи; шкідливо впливають на зоровий і вестибулярний аналізатори; знижують рефлекторну діяльність, що часто стає причиною нещасних випадків і травм.

Як довели дослідження вчених, звук, якого не чути, також може зробити шкідливий вплив на здоров'я людини. Так, інфразвуки особливий вплив роблять на психічну сферу людини: уражають усі види інтелектуальної діяльності; погіршують настрій; іноді з'являється відчуття розгубленості, тривоги, переляку, страху, а при високій інтенсивності – почуття слабкості, як після сильного нервового потрясіння.

Навіть слабкі звуки, інфразвуки можуть робити на людину істотний вплив, особливо якщо вони носять тривалий характер. На думку вчених, саме інфразвуками, що нечутно проникають крізь самі товсті стіни, викликається багато нервових захворювань жителів великих міст.

Ультразвуки, що займають помітне місце в гамі виробничих шумів, також небезпечні. Механізми їх дії на живі організми вкрай різноманітні. Особливо сильно до їх негативного впливу схильні клітини нервової системи.

Шум підступний, його шкідливий вплив на організм відбувається незримо, непомітно. Організм людини проти шуму практично беззахисний.

Лікарі говорять про шумову хворобу як про наслідок впливу шуму із переважними поразками слуху і нервової системи.

Зменшення рівня шуму покращує самопочуття людини і підвищує продуктивність праці. З шумом необхідно боротися як на виробництві, так і в побуті. Уміння дотримуватися тиші – показник культури людини і його доброго ставлення оточуючих. Тиша потрібна людям так само, як сонце і свіже повітря.

У даному розділі розглянуті найбільш загальні з усіх можливих методів і засобів захисту. У першу чергу потрібно використовувати колективні методи і

засоби. Найефективнішими є заходи зниження шуму в джерелі його виникнення. Шум можна понизити на шляху його розповсюдження.

До засобів індивідуального захисту від шуму належать:

- протишумні навушники, які закривають вушну раковину;
- протишумні вкладиші, що перекривають зовнішній слуховий прохід;
- протишумні шоломи – закривають усю голову. Їх застосовують у сполученні з навушниками;
- протишумні костюми;
- застосування малошумного обладнання, заміна металевих частин на пластмасу, установка глушителів і т. д.;
- установка обладнання на демпфіруючих прокладках;
- розміщення джерел шуму в шкірі, приміщеннях і т. д. зі звукоізоляцією або звукопоглинанням;
- установка “антизвуку”, тобто джерела, рівного за величиною і протилежного за фазою звуку – архітектурно-планувальні методи (розміщення будівель, обладнання, захисні зелені смуги, екрани і т. д.);
- звукоізолюючі кабіни, акустичні екрани місць роботи;
- оснащення шумних машин і технологій засобами дистанційного телеавтоматичного управління. Вібрація – це коливання твердих тіл, яке виникає при зсуві центру ваги тіла, що рухається, обертається або при періодичній зміні форми тіла порівняно зі статичним станом цього тіла.

Вібрація характеризується частотою (Гц), амплітудою зсуву, тобто розміром найбільшого відхилення точки, що коливається від положення рівноваги (м), коливальною швидкістю (м/с) та коливальним прискоренням (м/с²). Ступінь і характер впливу на людину залежить від амплітуди і частоти коливань. Так, власні частоти внутрішніх органів знаходяться в області 6 – 9 Гц. Отже, вібрація машин, площадок, ручних інструментів і т. д. особливо небезпечна при частотах 8 – 12; 17 – 25 Гц і т. д., тому що вони можуть бути резонансними для органів.

При роботі з ручними машинами (їхня вібрація знаходиться в області 100 Гц) виникають судинні розлади. Загальна вібрація, що має широкий спектр

частоти, справляє несприятливий вплив на центральну нервову систему, вестибулярний апарат, шлунково-кишковий тракт, викликає запаморочення, оніміння кінцівок, захворювання суглобів. Тривалий вплив вібрації викликає фахові захворювання – вібраційну хворобу.

Методи боротьби з вібрацією зводяться в основному до демпфірування установок, машин, механізмів, використання різноманітного роду амортизаторів, вібропоглинання.

4.3 Влаштування протипожежних перешкод

До протипожежних перешкод відносяться протипожежні стіни (брандмауери) і перекриття. Протипожежні перешкоди повинні бути незгораємими і мати межу вогнестійкості не менше 4 год.

Пройоми (двері, ворота, кришки люків, вікна та ін.) в протипожежних перешкодах влаштовують незгораємими або важкозгораємими, з межею вогнестійкості не менше 1,5 год. загальна площа проїмів в протипожежній перешкоді не повинна перевищувати 25 % її площі.

Протипожежні двері і ворота обладнюються замками із застосуванням легкоплавких матеріалів і пристроями для самозакривання. При виникненні пожежі в одному із суміжних приміщень проїоми закриваються автоматично.

Протипожежні стіни спираються на фундаменти і зводяться на всю висоту, розділюючи згораємі і важкозгораємі покриття, перекриття, ліхтарі та інші конструкції будівлі цеху, і підносяться над згораємим дахом не менше ніж на 80 см, а над незгораємим на 30 см.

Брандмауери є найбільш досконалими протипожежними перешкодами для розділення на секції великих виробничих приміщень і комор.

Для попередження розповсюдження пожежі на висоті будівлі служать вогнестійкі перекриття (зони). Вогнестійкі перекриття можуть бути міжповерховими, горищними, над підвальними приміщеннями, а також над сходовими клітками, проходами і вестибюлями.

На розвиток пожежі у будівлях та спорудах значно впливає здатність окремих будівельних елементів чинити опір впливу теплоти, тобто їх вогнестійкість.

Вогнестійкість — здатність будівельних елементів та конструкцій зберігати свою несучу здатність, а також чинити опір нагріванню до критичної температури^утворенню наскрізних тріщин та поширенню вогню. Вогнестійкість конструкцій та елементів будівель характеризується межею вогнестійкості.

Межа вогнестійкості — це час (у годинах) від початку вогневого стандартного випробування зразків до виникнення одного з граничних станів елементів та конструкцій (втрата несучої та теплоізолюючої здатності, щільності). Межі вогнестійкості та максимальні межі розповсюдження вогню визначаються шляхом дослідження у спеціальних печах під відповідним навантаженням.

Межа розповсюдження вогню — максимальний розмір пошкоджень, см, яким вважається обвуглення або вигорання матеріалу, що визначається візуально, а також оплавленням термопластичних матеріалів.

Протипожежні перешкоди. При проектуванні і будівництві промислових підприємств передбачаються заходи, які запобігають поширенню вогню шляхом:

- поділу будівлі протипожежними перекриттями на пожежні відсіки;
- поділу будівлі протипожежними перегородками на секції;
- влаштування протипожежних перешкод для обмеження поширення вогню по конструкціях, по горючих матеріалах (гребені, бортики, козирки, пояси);
- влаштування протипожежних дверей і воріт;
- влаштування протипожежних розривів між будівлями.

Протипожежна перешкода — конструкція у вигляді стіни, перегородки, перекриття або об'ємний елемент будівлі, призначені для запобігання поширенню пожежі у прилеглих до них приміщеннях протягом нормованого часу. До протипожежних перешкод ставиться ряд вимог. Протипожежні стіни мають спиратися на фундаменти, фундаментні балки,

встановлюватися на всю висоту будинку, перетинати всі поверхи і конструкції. Вони мають бути вище даху не менше як на 60 см, якщо хоч один з елементів горища виконаний з горючих матеріалів і на 30 см — якщо елементи горища виготовлені з важкогорючих матеріалів (крім даху). Протипожежні стіни можуть не підніматися над дахом, якщо всі елементи горища, за винятком даху, виконані з негорючих матеріалів. У протипожежних стінах дозволяється прокладати вентиляційні і димові канали так, щоб у місцях їх розміщення межа вогнестійкості протипожежної стіни з кожного боку каналу була не менше 2,5 год.

Для розподілу будівлі на пожежні відсіки замість протипожежних стін допускаються протипожежні зони, які виконуються у вигляді вставки по всій ширині і висоті будинку. Вставка — це частина об'єму будівлі, яка утворюється протипожежними стінами (мінімальна межа вогнестійкості — 0,75 год). Ширина зони — не менше 12 м. У межах зони не дозволяється зберігати горючі речовини. На межах зони з пожежними відсіками передбачаються вертикальні діафрагми і дренчерні водяні завіси. У межах зони ставлять пожежні сходи на дах, а в зовнішніх стінах зони — двері або ворота.

Отвори у протипожежних стінах, перегородках та перекриттях повинні бути обладнані захисними пристроями (протипожежні двері, вогнезахисні двері, вогнезахисні клапани, водяні завіси) проти поширення вогню та продуктів горіння. Не допускається встановлювати будь-які пристрої, які перешкоджають нормальному закриванню протипожежних та протидимових дверей, а також знімати пристрої для їх самозакривання. У разі перетинання протипожежних перешкод (стін, перегородок, перекриттів, загороджувальних конструкцій) різними комунікаціями зазори (отвори), що утворилися між цими конструкціями та комунікаціями, повинні бути наглухо зашпаровані негорючим матеріалом, який забезпечує межу вогнестійкості та димо-газонепроникнення, що вимагається будівельними нормами для цих перешкод.

При складанні генеральних планів підприємств з точки зору пожежної безпеки важливо забезпечувати відповідні відстані від меж підприємств до інших підприємств і будівель. Протипожежні відстані між будівлями мають

виключати загорання сусідньої будівлі протягом часу, який необхідний для приведення у дію засобів пожежогасіння.

Для захисту конструкцій із металу, дерева, полімерів застосовують відповідні речовини (штукатурка, спеціальні фарби, лаки, обмазки). Зниження горючості полімерних матеріалів досягається введенням в них наповнювачів, антипіренів, нанесенням вогнезахисних покриттів. Як наповнювачі застосовуються крейда, каолін, графіт, вермикуліт, перліт, керамзит. Антипірени захищають деревину і полімери. При нагріванні вони виділяють негорючі речовини, перешкоджають розкладу деревини і виділенню горючих газів.

Змішуючись з полімерами, вони утворюють однорідну суміш. Після просочування антипіренами дерев'яних конструкцій, тканин та інших горючих матеріалів повинен бути складений акт про проведення роботи підрядною організацією. Після закінчення термінів дії просочування та у разі втрати або погіршення вогнезахисних властивостей обробку (просочування) треба повторити. Перевірку стану вогнезахисної обробки слід проводити не менше одного разу на рік зі складанням акту перевірки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У КРБ було проведено аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі кронштейн та обґрунтовано доцільність його вдосконалення з урахуванням умов великосерійного виробництва.

На основі аналізу конструкції деталі та вимог до її точності встановлено раціональні методи отримання заготовки, зокрема лиття з мінімальними припусками, що забезпечує зменшення обсягу механічної обробки та підвищення коефіцієнта використання матеріалу.

У роботі виконано розроблення технологічного процесу механічного оброблення, визначено послідовність операцій, вибрано оптимальні схеми базування та обробки основних поверхонь. Обґрунтовано застосування сучасного високопродуктивного обладнання з ЧПК, що дозволяє забезпечити стабільну якість та високу продуктивність виготовлення.

Проведено розрахунок припусків на механічну обробку, що гарантує отримання заданої точності поверхонь, зокрема отвору Ø35H7. Також виконано розрахунок режимів різання, що підтвердив можливість ефективної обробки при заданих умовах різання та вибраному інструменті.

Розроблено технологічне оснащення для основних операцій, включаючи пристосування для токарної, фрезерної та розточувальної обробки. Виконано силовий розрахунок пристосування, який підтвердив його працездатність, жорсткість та надійність закріплення заготовки.

У результаті впровадження запропонованого технологічного процесу забезпечується:

- підвищення точності та стабільності виготовлення деталі;
- зменшення трудомісткості операцій;
- підвищення продуктивності виробництва;
- зниження собівартості виготовлення;
- підвищення надійності та довговічності виробу в експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСЛАНЬ

1. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. посібник – К.:ІСДО, 1996 – 300 с.
2. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
3. Грабченко А.І., Узунян М.Д., Зубкова Н.В та ін. Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні. Харків НТУ «ХП» 2014. 87 с.
4. Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
5. Джигерей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. Вид. 2-ге, стер. Київ : Знання, 2002. 203 с.
6. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В., Дячун А. Є. Механоскладальні дільниці та цехи : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 40 с.
7. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.
8. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. — Тернопіль : ТНТУ , 2016. — 156 с.
9. Паливода Ю. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя, 2019. – 240с.
10. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування: навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 207. 275 с.
11. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навч. посіб. / Ж. П. Дусанюк та ін. Вінниця, 2009. 199 с.