

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі
«Плита АП 77.501»

Виконав: студент 4 курсу групи МВз-41
спеціальності
133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)
Зосяк А.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник
Лещук Р.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль
Кобельник В.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри
Крупа В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
Сташків М.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Крупа В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Зосяку Андрію Теодоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі
«Плита АП 77.501»

Керівник роботи Лещук Роман Ярославович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «31» 01 2024 року № 4/7-84

2. Термін подання студентом завершеної роботи 05.06.2024

3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі «Плита АП 77.501»

Базовий технологічний процес обробки деталі

Річна програма випуску N=2000 шт.

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

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ 1. Характеристика об'єкту виробництва

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ Технологічний розрахунок

Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки

Інструментальне забезпечення технологічної операції

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ Розробка кінематичної схеми верстату

Конструювання вузла верстату

Розробка конструкції пристрою для механічної обробки

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

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

Кінематична схема верстата – 1 ф.А1

Інструментальні налагодження – 1 ф.А1

Виконавчі механізми верстата – 2 ф.А1.

Пристосування верстатне – 1 ф.А1.

Контрольне пристосування – 1 ф.А1.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності,	к.т.н., доцент Окіпний І.Б.		
основи охорони праці			
Нормоконтроль	к.т.н., доцент Кобельник В.Р.		

[illegible]

(підпис)

Зосяк А.Т.

(прізвище та ініціали)

Лещук Р.Я.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу.....	2
ВСТУП.....	5
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1. Службове призначення оброблюваної деталі.....	6
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.3. Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	14
1.4. Вибір способу одержання заготовки.....	19
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1. Вибір технологічних баз.....	20
2.2. Аналіз варіантів технологічного маршруту механічної обробки та вибір раціонального.....	22
2.3. Визначення припусків та міжопераційних розмірів для механічної обробки.....	24
2.4. Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки деталі «Плита АП 77.501».....	29
2.5. Розрахунок режимів різання по операціях (переходах).....	31
2.6. Вибір обладнання та визначення його кількості.....	36
2.7. Вибір різального та вимірювального інструменту.....	46
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1. Кінематичний розрахунок приводу подач.....	48
3.2. Кострювання та розрахунок коробки подач.....	57
3.2.1. Опис конструкції та принцип роботи коробки подач.....	57
3.2.2. Конструктивний розрахунок коробки подач.....	57
3.2.3. Силловий розрахунок приводу подач	60
3.3. Конструювання та розрахунок гвинт-гайки ковзання.....	63

					КРБ 20-413.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ		
Розроб.	Зосяк						
Перевір.	Лещук						
Консульт.							
Н. Контр.	Кодельник						
Зав.каф.	Крупа						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, гр. МВз-41		

3.3.1. Опис конструкції гвинт-гайки ковзання.....	63
3.3.2. Розрахунок гвинт-гайки ковзання.....	64
3.3.3. Підбір підшипників.....	67
3.4. Проектування та розрахунок контрольного пристрою.....	69
3.5. Розробка конструкції затискного пристрою для механічної обробки.....	73
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	78
ВИСНОВКИ.....	85
ПЕРЕЛІК ПОСЛАНЬ.....	86
ДОДАТКИ	

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість виготовленої продукції у значній мірі залежать від випереджуючого розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів і апаратів, від всесвітнього впровадження методів техніко – економічного аналізу, що забезпечує рішення технічних питань і економічну ефективність технологічних та конструкторських розробок. Науково-технічний прогрес у машинобудуванні визначає розвиток і вдосконалення всього народного господарства держави. Удосконалення технологічних методів виготовлення машин має при цьому першочергове значення. Якість машин, надійність, довговічність та економість в експлуатації залежить не тільки від сучасної її конструкції, але і від технології виробництва. Велике значення має постановка цих питань і задач при підготовці кваліфікованих кадрів спеціалістів виробництва, які повністю оволоділи інженерними методами проектування виробничих процесів. У зв'язку з цим у навчальному процесі вищих учбових закладів значне місце відводиться дипломному проектуванню, в результаті якого проводиться аналіз конструкції деталей машин, проектуванню заготовки деталі, розробці та проектуванню оптимального технологічного процесу виготовлення деталі, розрахунку припусків на обробку деталі, режимів різання та норм часу на обробку, конструювання необхідного технологічного оснащення. При цьому майбутній фахівець самостійно вирішує ряд інженерних, конструкторських, економічних та організаційних задач і на практиці доказує свою підготовку як інженера.

					КРБ 20-413.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.	Зосyak						
Перевір.	Лещук						
Консульт.							
Н. Контр.	Кобельник						
Зав.каф.	Крупа						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, гр. МВз-41		

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Службове призначення оброблюваної деталі

Деталь «Плита АП 77.501» являє собою плоске тіло з розмірами 230×90×30 мм з однієї сторони і 230×90×23 мм, в якій просвердлено отвори практично з кожної сторони корпуса, причому більшість отворів виконано ступінчатими, багато різьбових поверхонь. Деталь є складовою частиною машини для термопластичного формування виробів із пластичних мас і служить зв'язуючою ланкою між шнеком, нагрівачем і поршнем вприскування розтопленої маси в прес-форму. Крім того деталь «Плита К-15.10.125» виконує функції дозування, тобто забезпечує вприскування необхідного об'єму матеріалу, не більшого 26 см³. Отвори в тілі деталі призначені для кріплення її до деталей машини, а також виконують магістральні функції, площини призначені для встановлення деталі та для забезпечення необхідних зазорів та запорів в механізмі машини, виконують функції направляючих.

Загальний вид деталі представлено на рисунку 1.1.

Основними базовими поверхнями плити є поверхні А, Б і В у вигляді площин, з допомогою яких він кріпиться до механізмів машини. За допомогою отворів Т, Х, О, Н, М, Е, Р, Ш, Щ передається розплав пластмаси в прес-форму. Отвори Ї та Ю виконують функції дозування розплаву, а отвори П та S служать для кріплення в них датчика температури машини. За допомогою різьбових отворів R служать для кріплення плити до машини. Отвори Ж, D та L служать для переключення каналів передачі розплаву пластмаси.

					КРБ 20-413.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ		
Розроб.		Зосяк					
Перевір.		Лещук					
Консульт.							
Н. Контр.		Кобельник					
Зав.каф.		Крупа					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, гр. МВз-41		

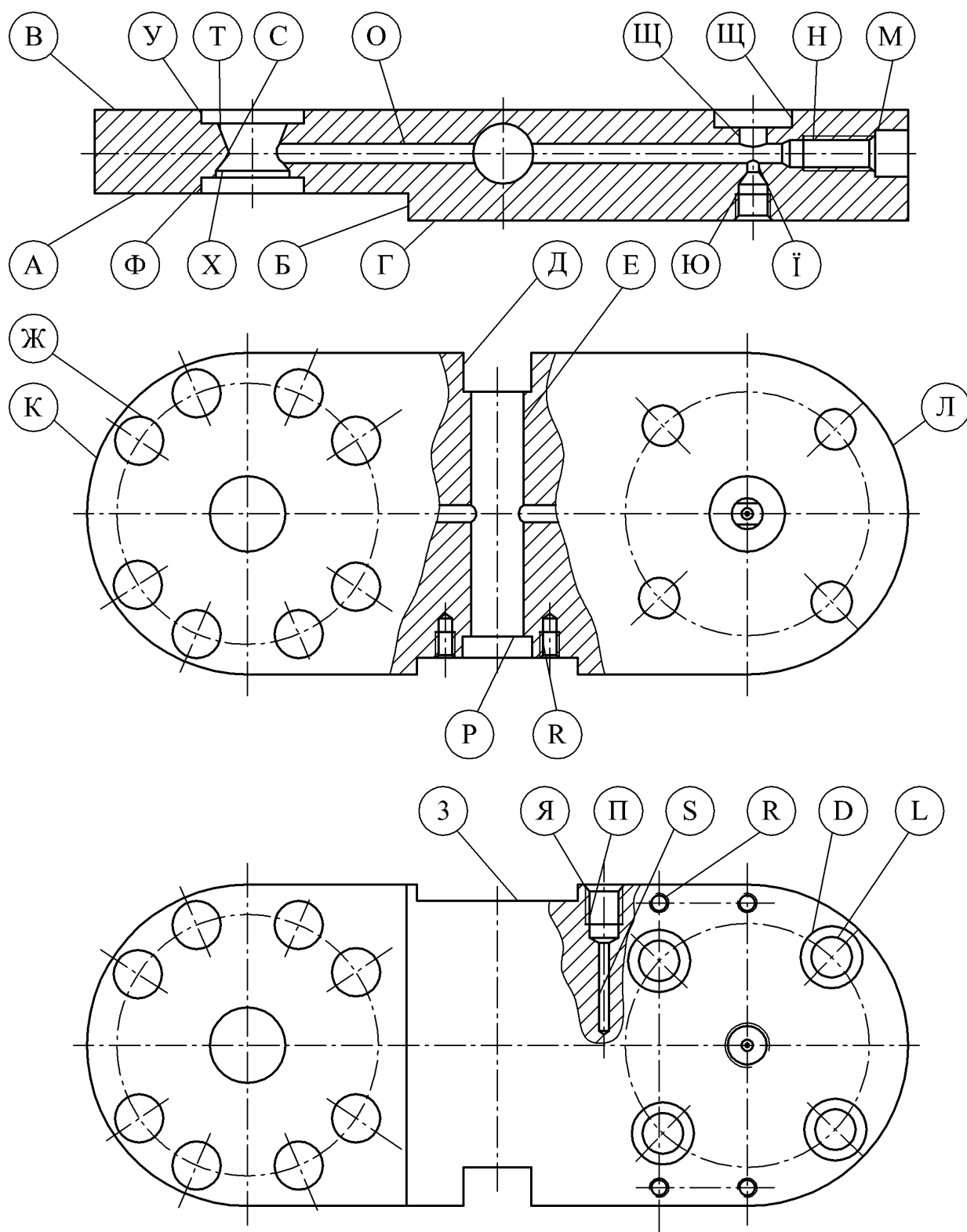


Рисунок 1.1. Ескіз деталі «Плита АП 77.501»

Матеріал деталі, з якого виготовлена дана деталь – Сталь 38Х2М10А згідно ГОСТ4543-81. Це легована хромоалюмінієва з молібденом сталь

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покращеної якості. Необхідність вибору цієї марки сталі була викликана тим, що необхідно було вибрати матеріал, який би не вступав у взаємодію з розплавом пластмаси. У цього матеріалу під дією високої температури між металом та пластмасою утворюється тонка плівка, яка виконує функції масла в парах тертя, тобто поверхнях, які труться. Тому під час роботи не відбувається закупорювання каналів.

Хімічний склад та механічні властивості цього матеріалу представлені в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад Сталі 38Х2М10А згідно ГОСТ4543-81

C, %	Si, %	Mn, %	Xr %	Mo %	Al %	P, %	S, %	Co, %	Ni, %
0,35-0,42	0,2-0,45	0,3-0,6	1,35-1,65	0,15-0,25	0,7-1,1	0,025	0,3	0,3	0,3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості Сталі 38Х2М10А згідно ГОСТ4543-81

Термообробка	Твердість НВ	σ_T , кгс/мм ²	σ_B , кгс/мм ²	Відносне видоваження δ , %	Відносне звуження ψ , %	Ударна в'язкість КСУ
Гартування, відпуск	229	835	980	14	50	88

Після заготівельної операції – отримання заготовок штампуванням, необхідно провести відпуск, для того щоб зняти залишкові напруження. В кінці механічного оброблення необхідно проазотувати поверхні деталі, так як вона працює в умовах високих температур і досить високих тисків.

Проведемо аналіз технічних умов на виготовлення деталі і представимо їх у вигляді таблиці 1.3.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Аналіз технічних умов

Позначення поверхні	Технічна вимога	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
А	Забезпечити шорсткість 3,2.	Шліфування чистове	ШЦ-II-250 _{0,1} – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Б	Забезпечити шорсткість 3,2.	Шліфування чистове	ШЦ-I-125 _{0,1} – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
В	Забезпечити шорсткість 3,2.	Шліфування чистове	ШЦ-II-250 _{0,1} – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Г	Забезпечити шорсткість 3,2.	Шліфування чистове	ШЦ-II-250 _{0,1} – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Д	Забезпечити шорсткість 1,6.	Фрезерування чистове	ШЦ-I-125 _{0,1} – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Е	Забезпечити шорсткість 0,4.	Полірування	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Ї	Забезпечити шорсткість 3,2.	Свердління чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Ж	Забезпечити шорсткість 3,2.	Свердління чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
З	Забезпечити шорсткість 3,2.	Фрезерування чистове	ШЦ-I-125 _{0,1} – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
К	Забезпечити шорсткість 3,2.	Фрезерування чистове	ШЦ-I-125 _{0,1} – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Л	Забезпечити шорсткість 3,2.	Фрезерування чистове	ШЦ-I-125 _{0,1} – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
М	Забезпечити шорсткість 3,2.	Свердління чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Н	Забезпечити шорсткість 3,2.	Свердління чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
О	Забезпечити шорсткість 0,4.	Полірування	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

П	Забезпечити шорсткість 3,2.	Свердління чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Р	Забезпечити шорсткість 3,2.	Фрезерування чистове	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
С	Забезпечити шорсткість 0,4.	Розточування, полірування	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Т	Забезпечити шорсткість 0,8.	Шліфування чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
У	Забезпечити шорсткість 0,4.	Шліфування чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Х	Забезпечити шорсткість 0,8.	Розточування чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Ф	Забезпечити шорсткість 0,4.	Шліфування чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Ш	Забезпечити шорсткість 0,4.	Шліфування чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Щ	Забезпечити шорсткість 0,8.	Розточування чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Ю	Забезпечити шорсткість 0,8.	Розточування чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Я	Забезпечити шорсткість 3,2.	Зенкерування	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Д	Забезпечити шорсткість 3,2.	Свердління чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Л	Забезпечити шорсткість 3,2.	Свердління чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
Р	Забезпечити шорсткість 3,2.	Свердління чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.
С	Забезпечити шорсткість 3,2.	Свердління чистове	Калібр-пробка. Взірці шорсткості ГОСТ9378-75.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

По технічних умовах всі поверхні повинні мати твердість 58...62 HRC. Але зразу таку твердість отримати неможливо, тому в технічних умовах необхідно було записати:

1. Гартувати до 32-37 HRC.
2. Азотувати $h=0,4...0,6$, 650...750 HV.

Наступна вимога – поверхню Г притерти по деталі. Ця деталь представляє собою клапан, який відкриває та закриває канал, по якому проходить розплав пластмаси. Тому зазори на поверхні Г недопустимі. Високі вимоги до шорсткості обумовлені умовами експлуатації, так як чим вищий клас шорсткості, тим краще буде проходити розплав.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

На кресленні деталі вказані всі необхідні проекції та січення. Вказані допустимі відхилення концентричності отворів, співвісності, радіального биття, прямолінійності. На кресленні вказано матеріал деталі – Сталі 38X2M10A згідно ГОСТ4543-81, а також захисні покриття внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

Щодо постановки розмірів, то можна відмітити наступні недоліки:

- не вказаний розмір зниження виступу, так як креслення виконане в масштабі 1:1, то в результаті вимірювання отримаємо 90 мм, але в зв'язку з наступним базуванням деталі по виступу для подальшого оброблення, виникає необхідність поставити допуск $\pm 0,043$ мм;
- не вказана глибина свердління під термодатчик. Так як термопара повинна бути максимально наближена до місця вимірювання, визначаємо глибину свердління рівну 40,5 мм.

Якісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Деталь – Плита являє собою по конфігурації плоску деталь з великою кількістю отворів різного діаметра та довжини під різними кутами. Заготовка отримується методом штампування з прокату. Матеріал деталі – високо

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вуглецева легована сталь з високою твердістю, яка важко піддається механічному обробленню.

До недоліків також можна віднести наступне:

- свердлиться отвір Ø5 мм на довжину 180 мм, причому відхилення від перпендикулярності осі отвору не більше 0,01 мм відносно бази Е – нереально виконати. Відвід свердла в сторону на довжині 100 мм складає 0,1 мм, то на довжині 180 мм складе 0,18 мм, що набагато перевищує представлений допуск;
- нетехнологічними є глухі отвори в деталі;
- нетехнологічні радіуси заокруглення, які отримуються на універсальному обладнанні.

Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Рівень технологічності конструкції по точності обробки характеризується коефіцієнтом точності, який визначається за формулою:

$$K_{T.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum Tn_i},$$

де $T_{сер} = \frac{\sum Tn_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 17n_{17}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{17}}$ - середній клас точності обробки

виробу;

n_i - число розмірів відповідного класу точності;

T - клас точності обробки.

Класи точності поверхонь:

Поверхні У, Т, Ш і Ф – 6 квалітет, $n = 4$; $T = 6$;

Поверхні Е, С, Н, Х, Ю, R і П – 7 квалітет, $n = 7$; $T = 7$;

Поверхні В і Г – 8 квалітет, $n = 2$; $T = 8$;

Поверхня Д – 11 квалітет, $n = 1$; $T = 11$;

Поверхні А, Б, Ї, Р, О, Щ, М, Р і S – 12 квалітет, $n = 9$; $T = 12$;

Поверхні З, Ж, К, Л, Я, D і L – 14 квалітет, $n = 7$; $T = 14$.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ср}} = \frac{6 \cdot 4 + 7 \cdot 7 + 8 \cdot 2 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 9 + 14 \cdot 7}{4 + 7 + 2 + 1 + 9 + 7} = 10,2$$

$$K_{T, \text{ч.}} = 1 - \frac{1}{10,2} = 0,9019$$

Згідно ГОСТ14.205-83 при $K_{T, \text{ч.}} > 0,8$ - деталь середньої точності, і відповідно є технологічною.

Рівень технологічності конструкції по шорсткості оцінюється по коефіцієнту шорсткості, який визначається по формулі:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}} = \frac{\sum n_{i \text{ш}}}{\sum \text{Ш}_i},$$

де $\text{Ш}_{\text{ср}}$ - середній клас шорсткості деталі;

n_i - кількість розмірів з шорсткістю даного класу.

Поверхні А, Б, В, Г, Ї, З, К, Л, М, Н, П, Я, D, L, R, S – Ra3,2 n=16 – 5 клас шорсткості;

Поверхні Д і Р – Ra1,6 n=2 – 6 клас шорсткості;

Поверхні Т, Х, Щ – Ra0,8 n=3 – 7 клас шорсткості;

Поверхні Е, О, С, У, Ф, Ш – Ra0,4 n=6 – 8 клас шорсткості;

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{17 \cdot 5 + 2 \cdot 6 + 3 \cdot 7 + 6 \cdot 8}{17 + 2 + 3 + 6} = \frac{166}{28} = 5,93 ;$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{5,93} = 0,1687 ;$$

За ГОСТ14.205-83 при $K_{\text{ш}} > 0,16$ - деталь не важкообробна. Середній клас шорсткості $R_a=3,2$.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{\text{yc}} = \frac{N_{\text{ye}}}{N_e} = \frac{19}{30} = 0,62 ,$$

де N_{ye} - число уніфікованих типорозмірів;

N_e загальне число конструктивних елементів в деталі.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Уніфіковані елемент – такі, що обробляються стандартним ріжучим інструментом і не потребують спеціального.

По ГОСТ14.205-83 при $K_y > 0,6$ деталь відноситься до технологічних.

Коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_{в.м} = \frac{M_{\partial}}{M_{з}};$$

де $M_{\partial} = 3,4$ кг. – маса деталі по кресленню;

$M_{з} = 3,92$ кг. – маса заготовки ,.

$$K_{в.м} = \frac{3,4}{3,92} = 0,87 \text{ - коефіцієнт використання матеріалу для серійного типу}$$

виробництва.

1.3. Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій згідно ГОСТ14.004-83.

$$K_{зо} = \frac{\sum O}{\sum P};$$

де $\sum O$ - сумарне число різноманітних операцій, що виконуються на дільниці за місяць;

$\sum P$ - сумарне число робочих місць на даній дільниці цеху.

Виходячи з штучного часу на операціях визначаємо кількість верстатів для кожної операції:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}},$$

де N - річна програма, 2000 шт в рік;

$T_{шт}$ - штучний час, хв.;

F_{∂} - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $F_{\partial} = 3979$ год при двохзмінній роботі;

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\eta_{з.н.}$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (при
двохзмінній роботі $\eta_{з.н.} = 0,75 - 0,8$.

1. Робоче місце m_{P_1} .

$$\sum T_{ум} = 59 \text{ хв.}$$

$$m_{P_1} = \frac{2000 \cdot 59}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,45 \text{ .}$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP_1} = 1$.

2. Робоче місце m_{P_2} .

$$\sum T_{ум} = 13 \text{ хв.}$$

$$m_{P_2} = \frac{2000 \cdot 13}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,09 \text{ .}$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP_2} = 1$.

3. Робоче місце m_{P_3} .

$$\sum T_{ум} = 156 \text{ хв.}$$

$$m_{P_3} = \frac{2000 \cdot 156}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 1,18 \text{ .}$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP_3} = 2$.

4. Робоче місце m_{P_4} .

$$\sum T_{ум} = 377 \text{ хв.}$$

$$m_{P_4} = \frac{2000 \cdot 377}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 2,85 \text{ .}$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP_4} = 1$.

5. Робоче місце m_{P_5} .

$$\sum T_{ум} = 102 \text{ хв.}$$

$$m_{P_5} = \frac{2000 \cdot 102}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,77 \text{ .}$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP_5} = 1$.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Робоче місце m_{P_6} .

$$\sum T_{ум} = 183,7 \text{ хв.}$$

$$m_{P_6} = \frac{2000 \cdot 183,7}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 1,39.$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP_6} = 2$.

7. Робоче місце m_{P_7} .

$$\sum T_{ум} = 534,4 \text{ хв.}$$

$$m_{P_7} = \frac{2000 \cdot 534,4}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 4,03.$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP_7} = 2$.

8. Робоче місце m_{P_8} .

$$\sum T_{ум} = 265 \text{ хв.}$$

$$m_{P_8} = \frac{2000 \cdot 265}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 2,01.$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP_8} = 3$.

9. Робоче місце m_{P_9} .

$$\sum T_{ум} = 705,6 \text{ хв.}$$

$$m_{P_9} = \frac{2000 \cdot 705,6}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 5,33.$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP_9} = 6$.

10.Робоче місце $m_{P_{10}}$.

$$\sum T_{ум} = 13 \text{ хв.}$$

$$m_{P_{10}} = \frac{2000 \cdot 13}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,09.$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP_{10}} = 1$.

11.Робоче місце $m_{P_{11}}$.

$$\sum T_{ум} = 264,6 \text{ хв.}$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_{P11} = \frac{2000 \cdot 264,6}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 2,01 .$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP11} = 3 .$

12.Робоче місце $m_{P12} .$

$$\sum T_{ум} = 132,3 \text{ хв.}$$

$$m_{P12} = \frac{2000 \cdot 132,3}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 1,09 .$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP12} = 2 .$

13.Робоче місце $m_{P13} .$

$$\sum T_{ум} = 13 \text{ хв.}$$

$$m_{P13} = \frac{2000 \cdot 13}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,09 .$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP13} = 1 .$

14.Робоче місце $m_{P14} .$

$$\sum T_{ум} = 88,2 \text{ хв.}$$

$$m_{P14} = \frac{2000 \cdot 88,2}{3979 \cdot 60 \cdot 0,8} = 0,67 .$$

Прийнята кількість верстатів - $C_{PP14} = 1 .$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{3\phi} = \frac{C_P}{C_{PP}} ,$$

де C_P - розрахований коефіцієнт завантаження обладнання;

C_{PP} - прийнятий коефіцієнт завантаження обладнання.

$$K_{3\phi1} = \frac{0,45}{1} = 0,45 .$$

$$K_{3\phi2} = \frac{0,098}{1} = 0,098 . \quad K_{3\phi3} = \frac{1,18}{2} = 0,59 . \quad K_{3\phi4} = \frac{2,85}{3} = 0,95 .$$

$$K_{3\phi5} = \frac{0,77}{1} = 0,77 . \quad K_{3\phi6} = \frac{1,39}{2} = 0,69 . \quad K_{3\phi7} = \frac{4,03}{5} = 0,81 .$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{3\phi 8} = \frac{2,01}{3} = 0,67 \cdot K_{3\phi 9} = \frac{5,33}{6} = 0,89 \cdot K_{3\phi 10} = \frac{0,09}{1} = 0,09 \cdot$$

$$K_{3\phi 11} = \frac{2,01}{3} = 0,67 \cdot K_{3\phi 12} = \frac{1,09}{2} = 0,50 \cdot K_{3\phi 13} = \frac{0,09}{1} = 0,09 \cdot$$

$$K_{3\phi 14} = \frac{0,67}{1} = 0,67 \cdot$$

Кількість робочих місць складе:

$$P = 1 + 1 + 2 + 3 + 1 + 2 + 5 + 3 + 6 + 1 + 3 + 2 + 1 + 1 = 32$$

Кількість операцій, що виконуються на даних робочих місцях:

$$O = \frac{\eta_{3.H.}}{K_{3\phi}}$$

$$O_1 = \frac{0,8}{0,45} = 1,78 \cdot \text{Приймаємо } O_1 = 2 \cdot O_2 = \frac{0,8}{0,09} = 8,9 \cdot \text{Приймаємо } O_2 = 9 \cdot$$

$$O_3 = \frac{0,8}{0,59} = 1,36 \cdot \text{Приймаємо } O_3 = 2 \cdot O_4 = \frac{0,8}{0,95} = 0,84 \cdot \text{Приймаємо } O_4 = 1 \cdot$$

$$O_5 = \frac{0,8}{0,77} = 1,04 \cdot \text{Приймаємо } O_5 = 2 \cdot O_6 = \frac{0,8}{0,69} = 1,16 \cdot \text{Приймаємо } O_6 = 2 \cdot$$

$$O_7 = \frac{0,8}{0,81} = 0,9 \cdot \text{Приймаємо } O_7 = 1 \cdot O_8 = \frac{0,8}{0,67} = 1,19 \cdot \text{Приймаємо } O_8 = 2 \cdot$$

$$O_9 = \frac{0,8}{0,89} = 0,89 \cdot \text{Приймаємо } O_9 = 1 \cdot O_{10} = \frac{0,8}{0,09} = 8,89 \cdot \text{Приймаємо } O_{10} = 9 \cdot$$

$$O_{11} = \frac{0,8}{0,67} = 1,19 \cdot \text{Приймаємо } O_{11} = 2 \cdot O_{12} = \frac{0,8}{0,5} = 1,6 \cdot \text{Приймаємо } O_{12} = 2 \cdot$$

$$O_{13} = \frac{0,8}{0,09} = 8,89 \cdot \text{Приймаємо } O_{13} = 9 \cdot O_{14} = \frac{0,8}{0,67} = 1,19 \cdot \text{Приймаємо } O_{14} = 2 \cdot$$

$$O_{\text{заг}} = \sum O = 2 + 9 + 2 + 1 + 2 + 2 + 1 + 2 + 1 + 9 + 2 + 2 + 9 + 2 = 46 \cdot$$

Коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{30} = \frac{46}{32} = 1,4375 \cdot ;$$

Оскільки $1 \leq K_{30} \leq 10$, то тип виробництва – крупносерійний.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Форма організації виробничого процесу – предметно-потокова.

Розміщення обладнання – по ходу технологічного процесу.

Повторюваність партій – періодична.

Технологічне обладнання – універсальне, частково спеціалізоване.

Технологічна оснастка – УНС, ЗРП (збірно-розбірні пристрої).

Різальний інструмент – універсальний і спеціальний.

Вимірювальний інструмент – калібри, спецінструмент.

Види заготовок – прокат, виливки з металевими моделями.

Собівартість продукції – середня.

1.4. Вибір способу одержання заготовки

Метод одержання заготовок для деталей визначається призначенням, конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Вибрати заготовку для даної деталі – значить вибрати спосіб її одержання.

Виходячи з матеріалу – Сталь 38Х2М10А згідно ГОСТ4543-81 та аналізу процесу виготовлення даної деталі на базовому підприємстві, де вона виготовляється із круглого прокату, так як по переліку чорних металів, ця сталь отримується підприємством тільки в круглому сортаменті. Кругляк Ø250 мм розрізають на шари товщиною 35 мм і з цієї заготовки виготовляють деталь.

Ми пропонуємо виготовляти заготовку з листового прокату, який розрізається газовим різанням.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір технологічних баз

При достатньо високих вимогах до точності обробки необхідно вибрати таку схему базування, яка забезпечує найменшу похибку установки. Для забезпечення точності виготовлення деталі необхідно дотримуватись принципу суміщення баз – технологічних, вимірювальних, установочних, намагатись забезпечити їх постійність при послідовних операціях обробки.

При зміні баз в процесі обробки, точність оброблення знижується із-за похибок взаємного розміщення нових і раніше застосовуваних баз.

В нашому випадку в якості технологічних баз будуть виступати дві площини. Тому для подальшої обробки необхідно підготувати базу.

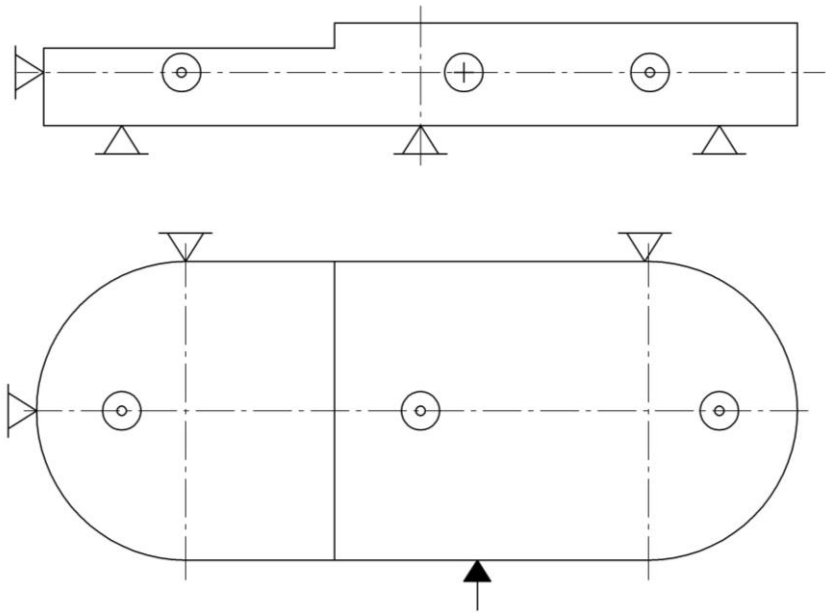
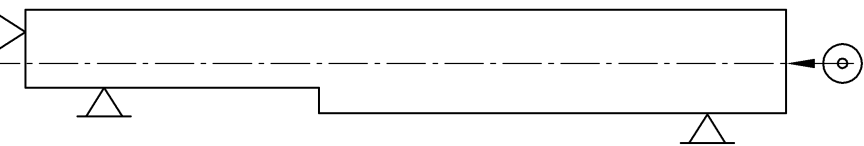
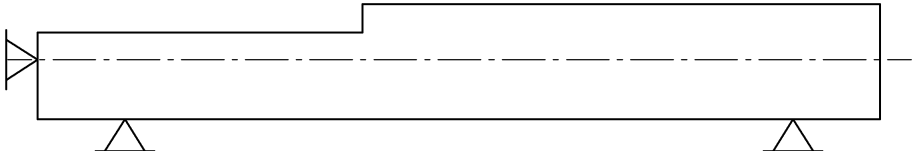
На фрезерній операції фрезерується уступ. Деталь базуємо по поверхнях В, К і Л. На наступній плоско-шліфувальній операції, на якій готуються для подальшої обробки використовується двохмісне пристосування, базами будуть служити поверхні А, Г, К і Л на першому установі і поверхні В, К та Л на другому установі. При такій схемі витримується паралельність площини відносно бази, автоматично витримуються всі необхідні розміри. На фрезерній операції при обробленні пазів використовуємо базами поверхні К, Л, та Б. При цьому виникає необхідність перерахунку конструкторських розмірних ланцюгів на технологічні. На фрезерній операції при обробленні контуру деталі базовими будуть поверхні А, Б, Г, та Д і З. На горизонтально-розточній та координатно-розточній операціях використовуємо призми, стаціонарні та змінні кондукторні втулки. Така схема забезпечує перпендикулярність осей отворів. При свердлінні отворів та нарізанні різі використаємо плаваючі конуси, що забезпечить чітку і

					КРБ 20-413.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ		
Розроб.		Зосyak					
Перевір.		Лещук					
Консульт.							
Н. Контр.		Кобельник					
Зав.каф.		Крупа					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, гр. МВз-41		

однозначну фіксацію осей отворів. Аналогічно використовуємо схему базування на чистовій шліфувальній обробці.

Результати вибору баз приводимо у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Вибір баз при обробці деталі «Плита АП 77.501»

Позначення оброблюваної поверхні	Технологічні базы	Теоретична схема базування та закріплення
1	2	3
А, Б	К, Л, В	
В	А, Г, К, Л	
Г	В, К, Л	

2.2. Аналіз варіантів технологічного маршруту механічної обробки та вибір раціонального

Складемо два варіанти технологічного процесу механічної обробки деталі та представимо їх у вигляді таблиць 2.2 і 2.3.

Таблиця 2.2 – I варіант технологічного процесу виготовлення

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Модель обладнання
1	2	3	5
005	Заготівельна	-	-
010	Термічна	-	-
015	Фрезерна	А, Б, Д	6Р11
020	Розмітка	-	-
025	Фрезерна	В, З, К, Л	6Р83Ш
030	Плоскошліфувальна	Г	3П722Н
035	Горизонтально-розточна	О, Н, М, Е, Р, У, Т, Ш, Щ	2614
040	Координатно-розточна	Ж, Ю, Ї, D, L	2431
045	Токарна	Ж, Ю, Ї, D, L	16К20
050	Слюсарна	Р	2Н118
055	Термічна	Ф, Х, С	-
060	Плоскошліфувальна	А, В, Г	3Б721
065	Слюсарна	Р	Верстак
070	Гальванічна	-	-
075	Слюсарна	-	-

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – II варіант технологічного процесу виготовлення

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Модель обладнання
1	2	3	5
005	Заготівельна	-	АПР-404
010	Термічна	-	-
015	Фрезерна	А, Б	6Р11
020	Плоско-шліфувальна	А, В, Г	3П722Н
025	Фрезерна	Д, З	6Р83Ш
030	Фрезерна з ЧПК	К, Л,	6Р13Ф3-37
035	Горизонтально-розточна	О, Н, М, Е, Р	2614
040	Координатно-розточна	У, Т, Ш, Щ, Ф, Х, С	2431
045	Свердлильна з ЧПК	Ж, Ю, Ї, D, L	2Р135Ф-2-1
050	Вертикально-свердлильна	Р	2Н135
055	Термічна	-	-
060	Плоско-шліфувальна	А, В, Г	3Б721
065	Внутрішньо-шліфувальна	У, Щ, Ф	3К227В
070	Слюсарна	Н, А, Г	-
075	Гальванічна	-	-
080	Миття	-	-
085	Контрольна	-	-

В якості проектного варіанту технологічного процесу виготовлення деталі «Плита АП 77.501» вибираємо II варіант.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Визначення припусків та міжопераційних розмірів для механічної обробки

Розрахунок припусків на обробку проводимо аналітичним методом для фрезерного оброблення.

Заготовку отримуємо із листового прокату, тобто товщина отримується автоматично, а на лінійні розміри розрахуємо необхідні припуски, тобто розмір $230 \pm t_2/2$ і на розмір $90 \pm t_2/2$.

Сумарне значення просторових відхилень складає: $\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}$,

де $\rho_{кор} = 0,6$ мм. $\rho_{зм} = 0,8$ мм. $\rho = \sqrt{0,8^2 + 0,6^2} = 1$ мм = 1000 мкм. — для заготовки.

Похибка установки визначається за формулою: $\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2}$.

Похибка базування при обробці деталі, що базується на незношені опори складає: $\varepsilon_{\delta_1} = 0$. Похибка закріплення $\varepsilon_z = 90$ мкм при встановленні в затискний пристрій з гвинтовим або ексцентриковим затиском. Похибка положення $\varepsilon_{np} = 0$.

$$\varepsilon_y = 90 \text{ мкм.}$$

Залишкова величина просторових відхилень:

після чорнового фрезерування: $\rho_1 = K_y \cdot \rho_{заг}$,

де K_y - коефіцієнт уточнення форми.

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 1000 = 60 \text{ мкм.}$$

після чистового фрезерування:

$$\rho_1 = 0,04 \cdot 60 = 2,4 \text{ мкм.}$$

Залишкова похибка установки після чистового фрезерування:

$$\varepsilon_y = K_y \cdot \varepsilon = 0,04 \cdot 90 = 3,6 \text{ мкм.}$$

Мінімальне значення величини припуску розраховується за формулою:

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

Для чорнового фрезерування: $Z_{1 \min} = 150 + 250 + 1000 + 90 = 1490$ МКМ.

Для чистового розточування: $Z_{2 \min} = 50 + 50 + 60 + 3,6 = 163,6$ МКМ.

Розрахунковий розмір визначаємо по формулі:

$$d_{p_2}^{230} = 229,5 + 0,1636 = 229,6636 \text{ , мм.}$$

$$d_{p_2}^{90} = 89,7 + 0,1636 = 89,8636 \text{ , мм}$$

$$d_{p_1}^{230} = 229,6636 + 1,490 = 231,1536 \text{ мм.}$$

$$d_{p_1}^{90} = 89,8636 + 1,490 = 91,3536 \text{ мм.}$$

Найбільші граничні розміри:

$$d_{\max_3}^{230} = 229,5 + 0,184 = 229,684 \text{ мм.} \quad d_{\max_3}^{90} = 89,7 + 0,14 = 89,84 \text{ мм.}$$

$$d_{\max_2}^{230} = 229,664 + 0,29 = 229,954 \text{ мм.} \quad d_{\max_2}^{90} = 89,864 + 0,22 = 90,084 \text{ мм.}$$

$$d_{\max_1}^{230} = 231,154 + 2,0 = 233,154 \text{ мм.} \quad d_{\max_3}^{90} = 91,354 + 1,4 = 92,754 \text{ мм.}$$

Значення (граничні максимальні і мінімальні) припусків:

$$Z_{zp_3}^{\max} = 229,954 - 229,684 = 0,27 \text{ мм} = 270 \text{ МКМ.}$$

$$Z_{zp_3}^{\max} = 90,084 - 89,84 = 0,244 \text{ мм} = 244 \text{ МКМ.}$$

$$Z_{zp_2}^{\max} = 233,154 - 229,954 = 3,2 \text{ мм} = 3200 \text{ МКМ.}$$

$$Z_{zp_2}^{\max} = 92,754 - 90,084 = 2,67 \text{ мм} = 2670 \text{ МКМ.}$$

$$Z_{zp_3}^{\min} = 229,664 - 229,5 = 0,164 \text{ мм} = 164 \text{ МКМ.}$$

$$Z_{zp_3}^{\min} = 89,864 - 89,7 = 0,164 \text{ мм} = 164 \text{ МКМ.}$$

$$Z_{zp_2}^{\min} = 231,154 - 229,664 = 1,49 \text{ мм} = 1490 \text{ МКМ.}$$

$$Z_{zp_2}^{\min} = 92,754 - 90,084 = 2,67 \text{ мм} = 2670 \text{ МКМ.}$$

Всі розрахункові значення зводимо в таблиці 2.5 та 2.6.

Графічно схему розміщення припусків на обробку отвору можна зобразити так, як представлено на рисунках 2.1 та 2.2.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для решти поверхонь припуски на обробку визначаємо табличним методом, згідно ГОСТ26645-85 (табл.2.4).

Таблиця 2.4. – Табличні значення припусків

Поверхня	Розмір, мм.	Припуск, мм.	Допуск, мм.	Квалі- тет	Новий розмір, мм.
<i>A</i>	<i>230</i>	<i>2×1,6</i>	<i>2,0</i>	<i>12</i>	<i>230^{+1,3}_{-0,7}</i>
<i>B, Г</i>	<i>90</i>	<i>2×1,4</i>	<i>1,6</i>	<i>12</i>	<i>90^{+0,9}_{-0,5}</i>
<i>З</i>	<i>30</i>	<i>2×1,2</i>	<i>1,3</i>	<i>12</i>	<i>30^{+0,5}_{-0,7}</i>

Решта розмірів: отвори точні, отвори кріпильні $M10 \times 1-7H$; $M5-7H$, належать тілу заготовки, тому припуски на них забезпечуються автоматично.

Таблиця 2.5 - Розрахункові припущення на механічну обробку поверхні 230

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				Z_{min}	d_p	δ	d_{min}	d_{max}	Z_{min}	Z_{max}
	Rz	T	ρ	ε							
Заготовка	150	250	1000	0	-	231,154	2000	231,154	233,154	-	-
Фрезерування чорнове	50	50	60	90	1490	229,664	290	229,664	229,954	1490	3200
Фрезерування чистове	30	30	2,4	3,6	163,6	229,5	184	229,5	229,684	164	270

Таблиця 2.6 - Розрахункові припущення на механічну обробку поверхні 90

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				$2Z_{min}$	d_p	δ	d_{mi} n	d_{max}	$2 \cdot$ Z_{min}	$2 \cdot$ Z_{max}
	Rz	T	ρ	ε							
Заготовка	150	250	1000	0	-	91,354	1400	91,354	92,754	-	-
Фрезерування чорнове	50	50	60	90	1490	89,864	220	89,864	90,084	1490	2670
Фрезерування чистове	30	30	2,4	3,6	163,6	89,7	140	89,7	89,84	164	244

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

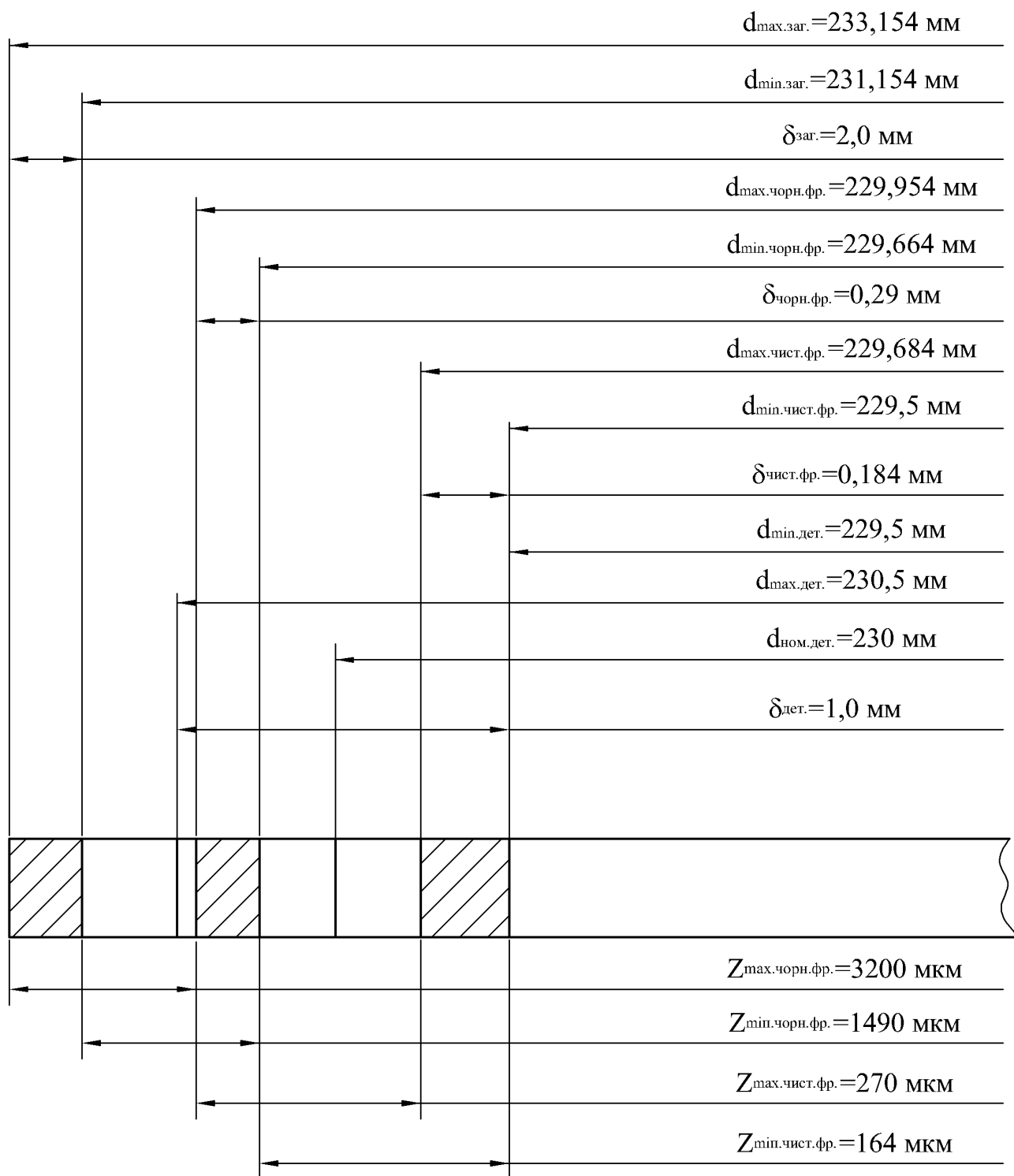


Рисунок 2.1 – Схема графічного розміщення припусків на обробку (на сторону) поверхні $230 \pm 0,5$ мм

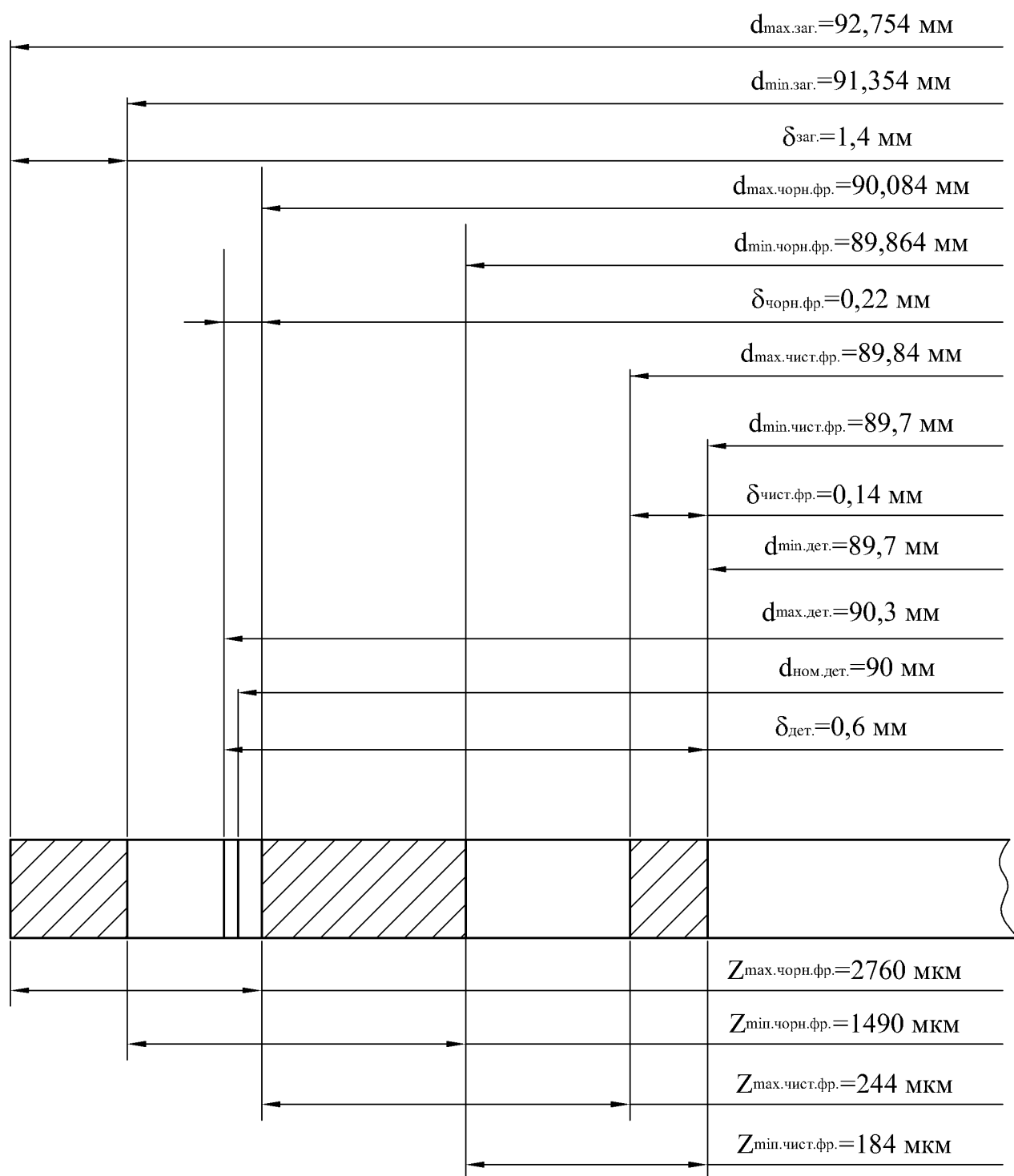


Рисунок 2.2 – Схема графічного розміщення припусків на обробку (на сторону) поверхні $90 \pm 0,3$ мм

2.4. Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки деталі «Плита АП 77.501»

На основі проведеного аналізу та вибору оптимального варіанту маршруту технологічного процесу виготовлення деталі проведемо детальне проектування техпроцесу.

Таблиця 2.7 – Технологічний процес виготовлення деталі

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Оброблювані поверхні	Обладнання
1	2	3	5
005	Заготівельна 1. Різати з прокату заготовки.	-	АПР-404 «Кристал»
010	Термічна 1. Відпустити заготовки до HRC 30...35.	-	Електропід камерна
015	Фрезерна 1. Фрезерувати уступ витримуючи розміри $90 \pm 0,7$ і $24^{-0,083}$.	А, Б	6Р11
020	Плоскошліфувальна 1. Шліфувати площину в розмір $31,07^{-0,2}$. 2. Шліфувати площину, витримуючи розміри $26,6^{-0,033}$ і $30,6^{+0,1}$.	А, В, Г	3П722
025	Фрезерна 1. Фрезерувати паз, витримуючи розміри $78,2 \pm 0,05$, $15^{+0,035}_{-0,05}$, $19,7^{+0,1}$. 2. Фрезерувати паз з другої сторони витримуючи розміри $86 \pm 0,01$, $2,5 \pm 0,02$ і $45 \pm 0,089$.	Д, З	6Р83Ш
030	Фрезерна з ЧПК 1. Фрезерувати контур деталі, витримуючи розміри 230, 90, R45.	К, Л	6Р13Ф3-37 «Н33-2М»
035	Горизонтально-розточна 1. Центрувати, свердлити отвір витримуючи розміри $\varnothing 5$ на довжину 180 мм. 2. Розсвердлити отвір витримуючи розмір $\varnothing 9$ на довжину 34 мм. 3. Розсвердлити отвір витримуючи розмір $\varnothing 15$ на довжину 10 мм. 4. Свердлити отвір витримуючи розмір $\varnothing 14,74$ мм на довжину 90 мм. 5. Розточити отвір витримуючи розмір $\varnothing 15,96^{-0,01}$ на довжину 90 мм. 6. Розточити отвір витримуючи розмір $\varnothing 21H12$.	О, М, Н, Е, Р	2614

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

040	Координатно-розточна 1. Центрувати, свердлити, зенкерувати отвори витримуючи розміри $\varnothing 10$ на довжину 23,6 мм, конус 60^0, $\varnothing 19,7H9$ і $18,3\pm 0,1$ мм. 2. Розточити отвір витримуючи розміри $\varnothing 27,7H9$, $19,3^{+0,024}_{-0,057}$ мм, 185 мм, розточити канавку витримуючи розміри $\varnothing 29,1$, R0,5 мм, точити фаску $0,5\times 45^0$. 3. Центрувати, свердлити отвір витримуючи розміри $\varnothing 8$ мм, $18,3\pm 0,1$, 45 мм. 4. Розточити отвір витримуючи розміри $\varnothing 19,7H9$, $26,3^{+0,124}_{-0,024}$, 45 мм. 5. Розточити канавку витримуючи розміри $\varnothing 21$, 1, R0,5 мм, точити фаску $0,5\times 45^0$. 6. Зенкувати конус витримуючи розміри 60^0, 17, 12, 45 мм. 7. Розточити отвір в розміри $\varnothing 19,7H9$, 17, $19^{+0,024}_{-0,057}$, розточити канавку $\varnothing 29,1$, 1, R0,5 мм, точити фаску $0,5\times 45^0$.	Т, С, Ш, Щ, Ф, Х, У, Ф	2421
045	Свердлильна з ЧПК 1. Центрувати, свердлити 8 отворів $\varnothing 14$ мм витримуючи розміри згідно ескізу. 2. Центрувати, свердлити, зенкувати 4 отвори $\varnothing 12$ і $\varnothing 18$ мм витримуючи розміри згідно ескізу. 3. Центрувати, свердлити отвір $\varnothing 3,2$ витримуючи довжину 18 мм. 4. Розсвердлити отвір витримуючи розмір $\varnothing 9^{+0,2}$, 10 мм, $30^0\pm 30^0$.	D, L, Ж, S, П	2P135Ф2-1
050	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити 4 отвори витримуючи розмір $\varnothing 4,2$ мм на глибину 10 мм. 2. Нарізати різь М5-7Н на довжину 6 мм. 3. Свердлити 2 отвори витримуючи розміри $\varnothing 4,2$ мм на довжину 16 мм. 4. Нарізати різь М5-7Н на довжину 12 мм. 5. Нарізати різь М10×1-7Н витримуючи довжину 30 і розмір 10 мм. 6. Центрувати, свердлити отвір витримуючи розміри $\varnothing 3,2$, 15 мм на довжину 40,5 мм. 7. Розсвердлити отвори, витримуючи розміри $\varnothing 9,2^{+0,2}$ на довжину 10 мм і 15 мм. 8. Нарізати різь М10×1-7Н на довжину 10 мм. 9. Полірувати отвір $\varnothing 5$ і 2 конуси 60^0, $\varnothing 5$ до шорсткості 0,4.	R	2H118
055	Термічна 1. Азотувати поверхні до твердості 60...62HRC. Різьбові отвори закрити захисними пробками.	-	Електропіч камерна

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження Таблиці 2.7.

1	2	3	4
060	Плоско-шліфувальна 1. Шліфувати площину витримуючи розміри 230, 30, 50 мм. 2. Шліфувати площину, витримуючи розміри 30, 140 мм. 3. Шліфувати уступ витримуючи розміри $23^{-0,033}$, $90 \pm 0,03$ мм.	А, В, Г	3Б721
065	Внутрішньо-шліфувальна 1. Шліфувати отвір витримуючи розміри $\varnothing 28H6$, $19^{+0,024}_{-0,057}$, 45 мм. 2. Переустановити деталь. 3. Повторити перехід 1. 4. Шліфувати отвір витримуючи розмір $\varnothing 20H6$, $26 \pm 0,024$, 45 мм.	У, Щ, Ф	3К229А
070	Полірувальна 1. Полірувати поверхні до шорсткості $Ra=0,4$, $Ra=0,8$. Притерти поверхню Г по деталі ПК 26.101.206.	О, Е, Р	Верстак
075	Гальванічна 1. Провести хімічне окислення деталі.	-	Ванна електрохімічна
080	Миття 1. Промити деталі.	-	Машина мочна
085	Контрольна 1. Проконтролювати правильність виконання мехобробки деталі.	-	Стіл контролера

2.5. Розрахунок режимів різання по операціях (переходах).

По емпіричних формулах розраховуємо режими різання для чорнового розточування отвору $\varnothing 27,7^{+0,054}$, щоб оцінити потужність різання при максимальній глибині різання для вибору верстату (необхідно забезпечити умову $N_{\text{різання}} < N_{\text{верстату}}$).

Глибина різання з попередніх розрахунків:

$\varnothing 24,1$ мм. – діаметр заготовки;

$\varnothing 27,7$ мм. – діаметр чорнового розточування отвору.

Отже:
$$t = \frac{D_{\text{дет}} - D_{\text{заг}}}{2} = \frac{27,7 - 24,1}{2} = \frac{3,6}{2} = 1,8 \text{ мм.},$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Різальний інструмент – розточний різець з пластинами із твердого сплаву Т15К6 по ГОСТ18879-73. Геометричні параметри різця: $r = 1,2$ мм., $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0$, $\varphi_1 = 45^\circ$.

Назначаємо подачу $S = 0,3 \div 0,5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ – при чорновому розточуванні при вильоті різця $l = 100$ мм.

Приймаємо подачу $S = 0,05 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$. Період стійкості різця $T = 60$ хв.

Швидкість різання при токарній обробці визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v;$$

Значення коефіцієнту C_v і показників степенів вибираємо $C_v = 292$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$.

Загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання визначаємо із залежності: $K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\varphi_1v} \cdot K_{\lambda v} \cdot K_{Ov} \cdot K_{uv}$;

де $K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{380} \right)^{-0,9} = 0,74$ - коефіцієнт, що залежить від

властивостей оброблюваного матеріалу ($K_r = 1$; $n_v = -0,9$;

$K_{nv} = 0,8$ - коефіцієнт, що залежить від стану оброблюваної поверхні;

$K_{uv} = 0,93$ - коефіцієнт, що залежить від матеріалу різальної частини інструменту;

$K_{\varphi v} = 1$ - коефіцієнт, що залежить від геометричних параметрів різця (при $\varphi = 45^\circ$);

$K_{Ov} = 0,9$ - коефіцієнт, що враховує вид обробки поверхні;

K_{φ_1v} та K_{rv} враховуються тільки при обробці різцями із швидкорізальної сталі.

Звідси швидкість різання:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 1,28^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,74 \cdot 0,8 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 34,61 \text{ м/хв.}$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо розрахункове число обертів шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 34,61}{3,14 \cdot 27,7} = 392 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо число обертів шпинделя по паспорту верстату:

$$n = 400 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання буде складати:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 27,7 \cdot 400}{1000} = 34,8 \text{ м/хв.}$$

Силу різання прийнято розкласти на складові сили, які напрямлені по осях координат верстату (P_z , P_y і P_x).

При розточуванні ці складові розраховуються по залежності:

$$P_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Коефіцієнти і показники степенів для складових сил різання:

P_z	P_y	P_x
$C_p = 300$	$C_p = 243$	$C_p = 339$
$x = 1,0$	$x = 0,9$	$x = 1,0$
$y = 0,75$	$y = 0,6$	$y = 0,5$
$n = -0,15$	$n = -0,3$	$n = -0,4$

Поправочний коефіцієнт визначаємо по формулі:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp};$$

де $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$ - коефіцієнт, що враховує вплив властивостей

оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$$K_{Mp_z} = \left(\frac{520}{750} \right)^{0,4} = 0,87; K_{Mp_y} = \left(\frac{520}{750} \right)^{1,0} = 0,69; K_{Mp_x} = \left(\frac{520}{750} \right)^{0,8} = 0,75;$$

$$K_{\varphi p_{x,y,z}} = 1,0 \text{ - поправочний коефіцієнт при } \varphi = 45^\circ;$$

$$K_{\gamma p_{x,yz}} = 1,0 \text{ - поправочний коефіцієнт переднього кута;}$$

$$K_{\lambda p_{x,y,z}} = 1,0 \text{ - поправочний коефіцієнт кута нахилу різальної кромки;}$$

$$K_{rp} \text{ враховується тільки при обробці різцями із швидкорізальної сталі.}$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,28^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 34,8^{-0,15} \cdot 0,87 = 2400 \text{ Н.};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,28^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 34,8^{-0,3} \cdot 0,69 = 1500 \text{ Н.};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,28^{1,0} \cdot 0,3^{0,5} \cdot 34,8^{-0,4} \cdot 0,75 = 1800 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2400 \cdot 34,8}{1020 \cdot 60} = 0,17 \text{ кВт.}$$

Проведемо перевірку достатності потужності приводу головного руху верстату необхідній потужності різання: $N_{\text{різ}} < N_{\text{ун}}$, де: $N_{\text{ун}} = N_{\text{д}} \cdot \eta$,

$N_{\text{ун}} = 4,5 \text{ кВт.}$ – потужність електродвигуна приводу головного руху; $\eta = 0,85$ – коефіцієнт корисної дії механізму приводу верстату.

$$0,17 < (4,5 \cdot 0,85) = 3,91 \text{ кВт.}$$

З розрахунків видно, що потужність верстату достатня для обробки даної деталі.

Основний технологічний час на обробку визначається по формулі: $T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}$;

де: L – довжина різання з урахуванням врізання і перебігу різця:

$$L = l + y + \Delta = 10 + 6 + 2 = 18 \text{ мм.}$$

$l = 10 \text{ мм.}$ – довжина обробки по кресленню деталі; $y = 6 \text{ мм.}$ – врізання різця; $\Delta = 2 \text{ мм.}$ – перебіг .

$$T_o = \frac{18 \cdot 2}{400 \cdot 0,05} = 0,2 \text{ хв.}$$

Режими різання інших операцій вибираємо по нормативних даних і зводимо в таблицю 2.8.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8 – Зведена таблиця режимів різання по операціях

Назва операції та зміст переходу	t , мм.	L , мм	i	T_m , хв.	S_p , мм/об	n , об/хв	V , м/хв.	S_M , мм/хв.	T_o , хв.	N , кВт	T_o , хв.
015. Вертикально-фрезерна	3,4	91	3	60	0,02	500	314	10	2,16	3,6	0,67
020. Плоско-шліфувальна	0,95	232	1	45	0,6		60	45	7,2	0,7	1,12
025. Фрезерна 1. Перехід. 2. Перехід.	14,4 6,6	23 23	2 2	60 60	0,36 0,36	100 31,5	25,1 24,7	36 11,3	6,0 12,4	2,6 2,1	0,32
030. Фрезерна ЧПК 1. Перехід. 2. Перехід	2,0 6,0	36 40	2 2	60 60	0,3 0,3	160 160	20,1 20,1	48 48	82,4 82,4	2,1 2,1	12,32
035. Горизонтально-розточна 1. Перехід. 2. Перехід. 3. Перехід.	7,5 4,5 2,5	11 5 18	1 2 1	45 45 45	0,25 0,15 0,01	500 800 1600	23,6 22,6 11,58	125 120 16	1,88 12,13 1,2	2,2 1,7 0,9	0,6
040. Координатно-розточна 1. Перехід. 2. Перехід. 3. Перехід.	5,0 3,5 4,0	19,3 26,3 18,3	1 1 1	45 45 45	0,12 0,08 0,15	400 320 400	12,6 26,8 10,1	48 25,6 60	0,8 0,16 0,23	2,1 0,5 2,3	1,12
045. Свердлильна з ЧПК 1. Перехід. 2. Перехід.	7,0 6,0	25,3 27,0	8 4	60 60	0,26 0,08	180 250	8,79 14,1	46,8 20	2,6 2,6	1,12 1,14	1,35
050. Вертикально-свердлильна 1. Перехід. 2. Перехід. 3. Перехід. 4. Перехід. 5. Перехід. 6. Перехід. 7. Перехід. 8. Перехід. 9. Перехід.	2,1 0,4 2,1 0,4 1,0 1,6 2,9 1,0 0,01	10,0 10,0 16,0 12,0 30,0 40,2 14,0 10,0 14,0	4 4 2 2 1 1 1 1 4	60 60 60 60 60 60 60 60 60	0,01 0,8 0,8 0,8 1,5 0,03 0,1 1,5 0,012	1400 250 250 250 200 1800 560 200 560	18,4 3,9 3,9 3,9 6,3 15,8 15,8 6,3 15,4	14 200 200 200 300 54 56 300 6,72	3,43 0,28 1,71 0,15 0,81 0,2 0,08 0,35 1,23	1,12 1,1 0,97 1,1 0,7 0,78 0,69 0,92 0,03	2,1
060. Плоско-шліфувальна	0,15	230	2	45	0,05	400	40	20	0,12	0,7	1,04
065. Внутрішньо-шліфувальна 1. Перехід. 3. Перехід. 5. Перехід.	0,15 0,15 0,15	4,0 4,0 4,0	1 1 1	45 45 45	0,06 0,06 0,06	380 380 380	33,4 33,4 33,4	22,8 22,8 22,8	0,09 0,09 0,09	0,17 0,17 0,17	0,27

2.6. Вибір обладнання та визначення його кількості

Проведемо вибір технологічного обладнання для забезпечення технологічного процесу виготовлення деталі “Плита АП 77.501” і представимо його технічні характеристики.

Операція 005 Вертикально - фрезерна.

Вибираємо вертикально-фрезерний верстат моделі 6P11. Його технічні характеристики:

Розміри робочої поверхні стола	1200×800 мм.
Найбільша маса оброблюваної заготовки	120 кг.
Найбільше переміщення стола:	
повздовжнє	900 мм.
поперечне	400 мм.
Віддаль від осі шпинделя до робочої поверхні стола	100-250 мм.
Частота обертання шпинделя	12,5-2000 об/хв.
Число швидкостей шпинделя	24.
Найбільше переміщення супорта:	
повздовжнє	900 мм.
поперечне	250 мм.
Число ступенів подач	22.
Потужність електродвигуна приводу головного руху	7,5 кВт.
Габаритні розміри:	
довжина	4600 мм.
висота	2400 мм.
ширина	3400 мм.

Операція 020. Плоско-шліфувальна

Вибираємо плоско-шліфувальний верстат моделі 3П722. Його технічні характеристики:

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміри робочої поверхні стола	630×320 мм.
Частота обертання шпинделя	4500 об/хв.
Найбільші розміри заготовок	600×300 мм.
Найбільше переміщення стола і шліфувальної бабки:	
Повздовжнє	710 мм.
Поперечне	390 мм.
Вертикальне	400 мм.
Подача	2 - 35 м/хв.
Потужність головного приводу	7,5кВт.
Габаритні розміри:	
довжина	3404 мм.
ширина	2073 мм.
Висота	2090 мм.
Маса	5 000 кг.

Операція 025 Фрезерна.

Вибираємо вертикально-фрезерний верстат моделі 6Р83Ш. Його технічні характеристики:

Розміри робочої поверхні стола	630×1600 мм.
Найбільша маса оброблюваної заготовки	120 кг.
Найбільше переміщення стола:	
повздовжнє	1250 мм.
поперечне	800 мм.
Віддаль від осі шпинделя до робочої поверхні стола	125-900 мм.
Частота обертання шпинделя	5,6-1250 об/хв.
Число швидкостей шпинделя	18.
Потужність електродвигуна головного руху	11 кВт.
Габаритні розміри:	
довжина	5300 мм.
ширина	3900 мм.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висота

4000 мм.

Маса

19 100 кг.

Операція 030 Фрезерна з ЧПК

Вибираємо вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6P13Ф3-37.

Його технічні характеристики:

Розміри робочої поверхні стола

400×1600 мм.

Найбільша маса оброблюваної заготовки

160 кг.

Найбільше переміщення стола:

повздовжнє

1000 мм.

поперечне

400 мм.

вертикальне

380 мм.

Частота обертання шпинделя

40-2000 об/хв.

Число швидкостей шпинделя

18.

Потужність електродвигуна головного руху

7,5 кВт.

Габаритні розміри:

довжина

3425 мм.

ширина

3200 мм.

Висота

2520 мм.

Маса

6 750 кг.

Операція 035. Горизонтально - розточна

Вибираємо горизонтально-розточний верстат моделі 2614. Його технічні характеристики:

Діаметр оброблюваних отворів

2-250 мм.

Розміри робочої поверхні стола

320×500 мм.

Хід стола

360 мм.

Число швидкостей шпинделя

16.

Частота обертання шпинделя

4 – 5000 об/хв.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подача шпиндельної бабки	0,08 – 200 мм/хв.
Подача стола	0,8 – 800 мм/хв.
Потужність електродвигуна головного руху	7,5 кВт.
Габаритні розміри:	
довжина	1550 мм.
ширина	1220 мм.
Висота	1450 мм.
Маса	2800 кг.

Операція 040. Координатно-розточна.

Вибираємо координатно-розточний верстат моделі 2421. Його технічні характеристики:

Діаметр оброблюваних деталей	2-250 мм.
Число швидкостей шпинделя	24.
Частота обертання шпинделя	120 – 2100 об/хв.
Подача супорта	0,01 – 3,2 мм/об.
Потужність електродвигуна головного руху	7,5 кВт.
Габаритні розміри:	
довжина	3660 мм.
ширина	751 мм.
Висота	1610 мм.
Маса	1900 кг.

Операція 045. Свердлильна з ЧПК

Вибираємо вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2-

1. Його технічні характеристики:

Найбільший діаметр свердління	50 мм.
Віддаль від осі шпинделя до направляючої колони шпинделя	350-1600 мм.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Віддаль від нижнього торця шпинделя

до робочої поверхні плити

200-1600 мм.

Найбільше переміщення свердлильної головки

1000 мм.

Число швидкостей шпинделя

21.

Частота обертання шпинделя

18-2000 об/хв.

Число подач шпинделя

18.

Подача шпинделя

0,05-12,50 мм/хв.

Потужність електродвигуна приводу головного руху

5,5 кВт.

Габаритні розміри:

довжина

2685 мм.

ширина

1028 мм.

висота

3390 мм.

Операція 050. Вертикально-свердлильна.

Вибираємо вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н118. Його технічні характеристики:

Найбільший діаметр свердління

22 мм.

Віддаль від осі шпинделя до

направляючої колони шпинделя

250-1400 мм.

Віддаль від нижнього торця шпинделя

до робочої поверхні плити

200-1600 мм.

Найбільше переміщення свердлильної головки

1000 мм.

Число швидкостей шпинделя

21.

Частота обертання шпинделя

16-1600 об/хв.

Число подач шпинделя

18.

Подача шпинделя

0,2-12,50 мм/хв.

Потужність електродвигуна приводу головного руху

3,5 кВт.

Габаритні розміри:

довжина

2700 мм.

ширина

1050 мм.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

висота

2640 мм.

Маса

3 200 кг.

Операція 060. Плоскошліфувальна

Вибираємо плоско-шліфувальний верстат моделі 3Б721. Його технічні характеристики:

Розміри робочої поверхні стола 630×400 мм.

Частота обертання шпинделя 3200 об/хв.

Найбільші розміри заготовок 600×380 мм.

Найбільше переміщення стола і шліфувальної бабки:

Повздовжнє 520 мм.

Поперечне 370 мм.

Вертикальне 360 мм.

Подача 1,1 - 12 м/хв.

Потужність головного приводу 3,6 кВт.

Габаритні розміри:

довжина 2980 мм.

ширина 1780 мм.

Висота 1950 мм.

Маса 4 600 кг.

Операція 065. Внутрішньо-шліфувальна

Вибираємо внутрішньо-шліфувальний верстат моделі 3К229А. Його технічні характеристики:

Найбільший діаметр шліфованих отворів 300 мм.

Частота обертання шпинделя 12 000 об/хв.

Подача 1 - 7 м/хв.

Потужність головного приводу 7,5 кВт.

Габаритні розміри:

довжина 4630 мм.

ширина 2405 мм.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висота

2000 мм.

Маса

4 800 кг.

Для кожного робочого місця в технологічному процесі повинно бути розраховано кількість обладнання, яке забезпечить виготовлення заданої програми випуску деталей в рік, а також визначені коефіцієнти завантаження обладнання та використання обладнання по часу і по потужності. Розрахункова кількість верстатів визначається по формулі:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{зн}}};$$

де $N = 2000$ шт. – програма випуску деталей;

$F_{\text{д}} = 3979$ год. – дійсний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{\text{зн}} = 0,8$ - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для серійного виробництва.

Операція 015.

$$T_{\text{шт}} = 3,96 \text{ хв.}$$

$$m_{p_1} = \frac{2000 \cdot 3,96}{3979 \cdot 0,8} = 2,48 .$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_{n_1} = 3$.

Операція 020,

$$T_{\text{шт}} = 18,98 \text{ хв.}$$

$$m_{p_2} = \frac{2000 \cdot 18,98}{3979 \cdot 0,8} = 11,92 .$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_{n_2} = 12$.

Операція 025

$$T_{\text{шт}} = 8,98 \text{ хв.}$$

$$m_{p_3} = \frac{2000 \cdot 8,98}{3979 \cdot 0,8} = 5,64 .$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_{n_3} = 6$.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 030

$$T_{\text{ум}} = 47,73 \text{ хв.}$$
$$m_{p_4} = \frac{2000 \cdot 47,73}{3979 \cdot 0,8} = 29,98 .$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_{n_4} = 31 .$

Операція 035

$$T_{\text{ум}} = 24,83 \text{ хв.}$$
$$m_{p_5} = \frac{2000 \cdot 24,83}{3979 \cdot 0,8} = 15,6 .$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_{n_5} = 16 .$

Операція 040

$$T_{\text{ум}} = 15,94 \text{ хв.}$$
$$m_{p_6} = \frac{2000 \cdot 15,94}{3979 \cdot 0,8} = 10,01 .$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_{n_6} = 11 .$

Операція 045

$$T_{\text{ум}} = 25,1 \text{ хв.}$$
$$m_{p_7} = \frac{2000 \cdot 25,1}{3979 \cdot 0,8} = 15,77 .$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_{n_7} = 16 .$

Операція 050

$$T_{\text{ум}} = 24,09 \text{ хв.}$$
$$m_{p_8} = \frac{2000 \cdot 24,09}{3979 \cdot 0,8} = 15,13 .$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_{n_8} = 16 .$

Операція 060

$$T_{\text{ум}} = 25,61 \text{ хв.} \quad m_{p_9} = \frac{2000 \cdot 25,61}{3979 \cdot 0,8} = 16,09 .$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_{n_9} = 17 .$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 065

$$T_{\text{шт}} = 4,56 \text{ хв.} \quad m_{p_{10}} = \frac{2000 \cdot 4,56}{3979 \cdot 0,8} = 2,87 .$$

Приймаємо кількість верстатів рівною $m_{n_{10}} = 3 .$

$$O_{\text{заг}} = \sum O = 3 + 12 + 6 + 31 + 16 + 11 + 16 + 16 + 17 + 3 = 131 .$$

Визначимо коефіцієнти завантаження обладнання по операціях технологічного процесу за формулою:

$$\begin{aligned} \eta_{z_1} &= \frac{2,48}{3} \cdot 100 \% = 83 \% ; & \eta_{z_2} &= \frac{11,92}{12} \cdot 100 \% = 99 \% \\ \eta_{z_3} &= \frac{5,64}{6} \cdot 100 \% = 94 \% ; & \eta_{z_4} &= \frac{29,98}{31} \cdot 100 \% = 96,7 \% ; \\ \eta_{z_5} &= \frac{15,6}{16} \cdot 100 \% = 97 \% ; & \eta_{z_6} &= \frac{15,94}{16} \cdot 100 \% = 99 \% ; \\ \eta_{z_7} &= \frac{15,77}{16} \cdot 100 \% = 98 \% ; & \eta_{z_8} &= \frac{15,13}{16} \cdot 100 \% = 94,5 \% ; \\ \eta_{z_9} &= \frac{16,09}{17} \cdot 100 \% = 94,1 \% ; & \eta_{z_{10}} &= \frac{2,87}{3} \cdot 100 \% = 96 \% . \end{aligned}$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання буде складати:

$$\eta_{z_c} = \frac{\sum \eta_{z_i}}{i} = 95,1 \%$$

Коефіцієнт використання обладнання по основному часу буде визначатись по формулі $\eta_o = \frac{T_o}{T_{\text{шт.к.}}}$.

$$\begin{aligned} \eta_{o_1} &= \frac{1,23}{3,96} \cdot 100 \% = 31,06 \% ; & \eta_{o_2} &= \frac{14,65}{18,4} \cdot 100 \% = 77,2 \% ; \\ \eta_{o_3} &= \frac{18,4}{28,98} \cdot 100 \% = 63,4 \% ; & \eta_{o_4} &= \frac{175,8}{268,2} \cdot 100 \% = 65,5 \% ; \\ \eta_{o_5} &= \frac{20,35}{24,83} \cdot 100 \% = 81,9 \% ; & \eta_{o_6} &= \frac{4,62}{15,94} \cdot 100 \% = 28,9 \% ; \end{aligned}$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_{o_7} = \frac{7,63}{25,1} \cdot 100 \% = 30,4 \% ; \quad \eta_{o_8} = \frac{6,92}{24,06} \cdot 100 \% = 28,8 \% ;$$

$$\eta_{o_9} = \frac{9,62}{25,61} \cdot 100 \% = 37,6 \% ; \quad \eta_{o_{10}} = \frac{0,27}{4,56} \cdot 100 \% = 5,9 \% .$$

Середній коефіцієнт використання обладнання по основному часу:

$$\eta_{o_c} = \frac{\sum \eta_{o_i}}{i} = 45,06 \% .$$

Коефіцієнт використання обладнання по потужності буде визначатись за формулою: $\eta_n = \frac{N_{пиз}}{N_{верст}}$;

Середній коефіцієнт використання обладнання по потужності:

$$\eta_{n_c} = \frac{\sum \eta_{n_i}}{i} = 0,62 .$$

На основі визначених коефіцієнтів завантаження та використання обладнання будуюмо графіки завантаження обладнання та представляємо їх на рис.2.3.

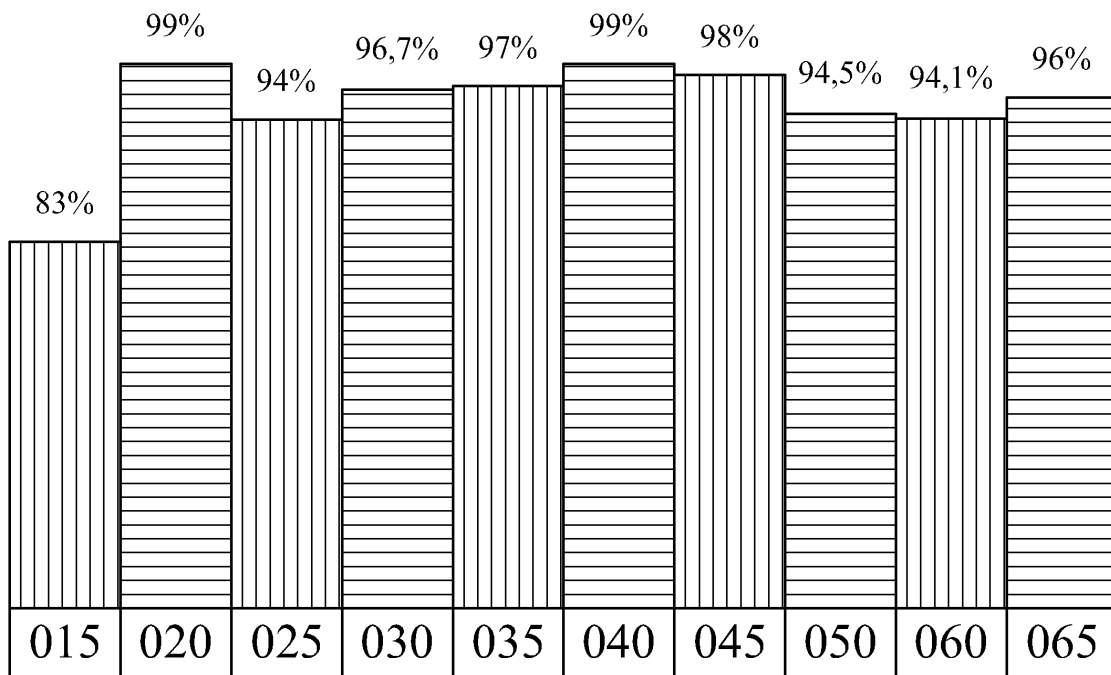


Рисунок 2.3 - Графік завантаження обладнання

2.7. Вибір різального та вимірювального інструменту

Проведемо вибір різального та вимірювального інструменту, що буде необхідний для здійснення спроектованого технологічного процесу виготовлення деталі “ Плита АП 77.501” та представимо його результати у вигляді таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Вибір різального та вимірювального інструменту

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		різальний	вимірювальний
1	2	3	4
015	Фрезерна	Фреза 2214-0159 ВК8 ГОСТ9473-80	Штангенрейсмус ШР 0-250 ГОСТ164-80.
020	Плоско-шліфувальна	Круг ПП500×63×203 38А 200/125/40 ЧТ Б ГОСТ2424-83	Мікрометр МК-125 ГОСТ6507-78.
025	Фрезерна	Фреза 2240-0408 ГОСТ3755-78. Фреза 2241-0192 ВК8 ГОСТ1669-78	Шаблон. Штангенрейсмус ШР 0-250 ГОСТ164-80.
030	Фрезерна з ЧПК	Фреза 2225-0201 ГОСТ4675-71. Фреза Ø40 ВК-8 ГОСТ17026-71	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ166-80.
035	Горизонтально-розточна	Свердло спеціальне подовжене Ø5 мм Р6М5. Свердло 2301-0393 ГОСТ1092-77. Свердло 2301-0420 ГОСТ10902-77. Борштанга з різцями Т15К6 розточними. Свердло 2301-3434 ГОСТ12121-77.	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ166-80. Калібр пробка Ø16Н7, Ø21Н12.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

040	Координатно-розточна	Свердло-зенкер Р6М5 спеціальне. Свердло 2301-3373 ГОСТ12121-77. Різець розточний Т15К6 спеціальний канавочний. Зенкер конічний Р6М5. Свердло спеціальне Р6М5.	Калібр-пробка Ø19,7Н9. Калібр пробка Ø27,7Н9.
045	Свердлильна з ЧПК	Свердло центрувальне комбіноване ГОСТ14952-76. Свердло 2301-3439 ГОСТ12121-77. Свердло-зенківка спеціальне Р6М5. Свердло 2300-7523 ГОСТ10902-77. Свердло спеціальне Ø9 з кутом 2φ60°.	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ166-80.
050	Вертикально-свердлильна	Свердло 2300-7551 ГОСТ10902-77. Мітчик М5-7Н ГОСТ3266-81. Мітчик М10×1-7Н ГОСТ3266-81.	Калібр-пробка різьбова М5-7Н. Калібр-пробка різьбова М10×1-7Н.
060	Плоско-шліфувальна	Круг ПП450×63×51 24А-40 СМ1 7К ГОСТ2424-83.	Мікрометр гладкий МК-75 ГОСТ6507-78.
065	Внутрішньо-шліфувальна	Круг ПВ25×13×13 24А 12 СМ1 7К ГОСТ2424-83. Круг ПВ16×20×6 24А 12 СМ1 7К ГОСТ2424-83.	Калібр-пробка Ø28Н6. Калібр пробка Ø20Н6.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Кінематичний розрахунок приводу подач

Визначаємо максимальну і мінімальну частоти обертання за формулою:

$$n_i = \frac{S_i}{K \cdot t},$$

де S_i - максимальна і мінімальна подачі для обробки матеріалу, мм/хв;

K – кількість заходів гвинта;

t – крок різі гвинта.

Отже,

$$n_{\max} = \frac{S_{\max}}{K \cdot t} = \frac{212}{1 \cdot 8} = 27 \text{ об / хв};$$

$$n_{\min} = \frac{S_{\min}}{K \cdot t} = \frac{67,9}{1 \cdot 8} = 8,2 \text{ об / хв};$$

На основі побудови ряду числа ступеней по закону геометричної прогресії діапазон регулювання приводу визначаємо за формулою:

$$K_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \varphi^{z-1}$$

Звідси,

$$K_n = \frac{27}{8,2} = 3,3$$

Отже, визначаємо число ступеней z за формулою:

$$z = \frac{\lg K_n}{\lg \varphi} + 1 \quad z = \frac{\lg 3,3}{\lg 1,12} + 1 \approx 12$$

					КРБ 20-413.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ		
Розроб.	Зосyak						
Перевір.	Лещук						
Консульт.							
Н. Контр.	Кобельник						
Зав.каф.	Крупа						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, гр. МВз-41		

$$X_{\max} = X_3 = \frac{\lg 14}{\lg 1,12} \leq 23,$$

Оскільки $X_3 = X_{\max} \leq 23$, побудова графіка чисел подач у вигляді нормальної структури можлива. Визначаємо загальне передаточне відношення за формулою:

$$U_{\text{заг}} = \frac{U_1}{U_{\text{ел.дв}}}; \quad U_{\text{заг}} = \frac{8,2}{1500} = \frac{1}{182};$$

Робимо $U_{\text{заг}}$ на складові:

$$U_1 > U_2 > U_3 > U_4;$$

Отже,

$$U_{\text{заг}} = \frac{1}{U_1} \cdot \frac{1}{U_2} \cdot \frac{1}{U_3} \cdot \frac{1}{U_4};$$

$$\frac{1}{182} = \frac{1}{2,66} \cdot \frac{1}{3,55} \cdot \frac{1}{3,98} \cdot \frac{1}{4,73}$$

Проводимо аналіз кожної групової передачі, тобто визначаємо, яку кількість клітинок на графіку повинен пересікати промінь клинопасової передачі кожної групи:

а) одинична передача;

$$\frac{1}{2,66} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,12^y}; \quad y=2$$

б) основна група;

$$\frac{1}{3,55} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,12^y}; \quad y=3$$

в) перша переборна група;

$$\frac{1}{3,98} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,12^y}; \quad y=3$$

г) друга переборна група

$$\frac{1}{4,73} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{1,12^y}; \quad y=4$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Звідси будуємо графік чисел подач

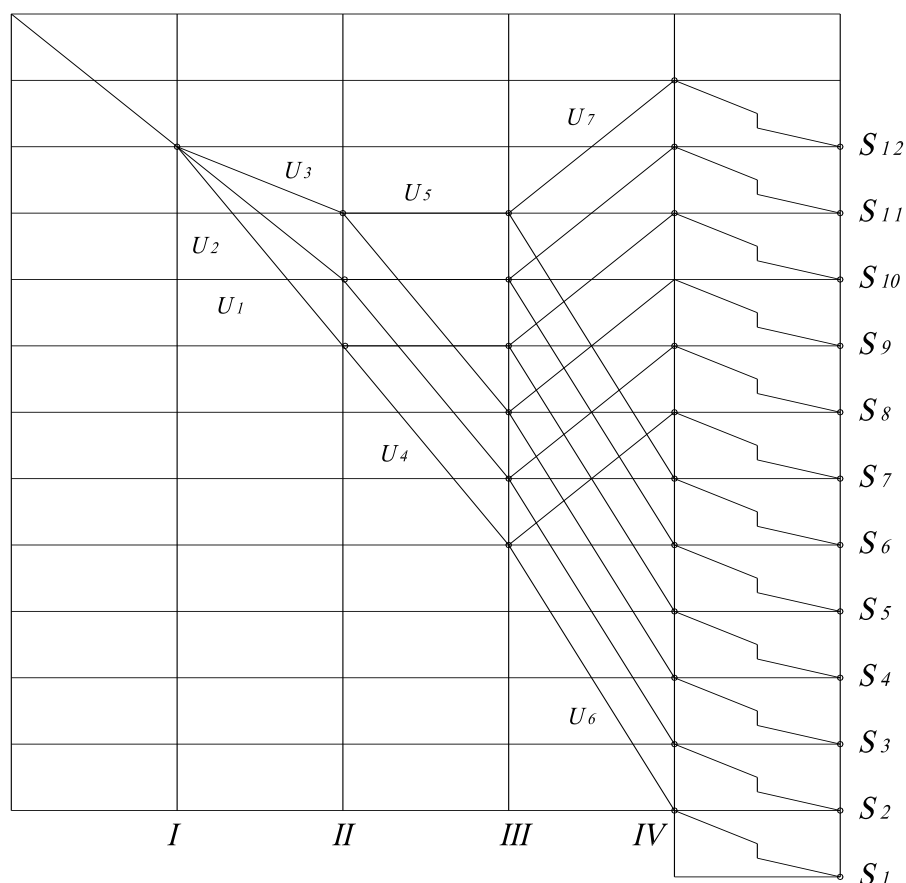


Рисунок 3.2 – Графік чисел подач

Визначаємо передаточні відношення і числа зубів коліс зубчатих механізмів. По графіку чисел подач легко визначити передаточні відношення окремих пар зубчастих коліс. Для графіку чисел коліс. Для графіку чисел подач на рисунку 3.2 будемо мати:

$$U_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,12^3} = \frac{1}{3};$$

$$U_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,12^2} = \frac{1}{2};$$

$$U_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,12} = \frac{1}{1,12};$$

$$U_4 = \frac{z_7}{z_8} = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,12^3} = \frac{1}{3};$$

$$U_5 = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{1}{\varphi^0} = \frac{1}{1,12^0} = 1;$$

$$U_6 = \frac{z_{11}}{z_{12}} = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,12^4} = \frac{1}{4};$$

$$U_7 = \frac{z_{13}}{z_{14}} = \varphi^2 = 1,12^2 = 2;$$

Маючи конкретні значення передаточних відношень для кожної незалежності групи можна визначити числа зубів окремих пар зубчастих коліс, що входять в неї. При цьому приймаємо що модуль всіх зубчастих коліс групи однаковий, а між осьова відстань незмінна.

Виходячи із цієї умови, можна записати наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} z_1 + z_2 = z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = \Sigma z \\ \frac{z_1}{z_2} = U_1; \frac{z_3}{z_4} = U_2; \frac{z_5}{z_6} = U_3 \end{cases}$$

Звідси,

$$\begin{cases} \frac{z_1}{z_2} = U_1 \\ z_1 + z_2 = \Sigma z \end{cases}$$

Приймаємо $z_1=18$ знаходимо $z_2=18/U_1$, а $\Sigma z=18(1+1/U_1)$.

Тоді рівняння другої пари цієї ж групи:

$$\begin{cases} \frac{z_3}{z_4} = U_2 \\ z_3 + z_4 = \Sigma z \end{cases}$$

Звідси одержимо:

$$z_3 = \frac{\Sigma z \cdot U_2}{1 + U_2} = 18 \cdot U_2 \frac{1 + U_1}{(1 + U_2)U_1};$$

а

$$z_4 = 18 \cdot \frac{1 + U_1}{(1 + U_2)U_1};$$

Отже, приймаємо $z_{min}=18$, знаходимо для основної групи:

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Sigma z_{\min} = 18 \frac{U_1 + 1}{U_1} = \frac{18 \cdot \left(\frac{1}{3} + 1 \right)}{\frac{1}{3}} = 72 .$$

По таблиці 2 [4, ст.80] знаходимо, що при мінімальному числі зубів $\Sigma z = 72$ забезпечити передаточні числа:

$$U_1 = 1/3; \quad U_2 = 1/2; \quad U_3 = 1/1,12,$$

можливо, і йому відповідають числа зубів:

$$z_1 = 18 \quad z_2 = 54$$

$$z_3 = 24 \quad z_4 = 48$$

$$z_5 = 34 \quad z_6 = 38$$

Аналогічно знаходимо числа зубів першої, другої переборних груп.

Перша переборна група:

$$\Sigma z = 18 \frac{U_4 + 1}{U_4} = \frac{18 \cdot \left(\frac{1}{3} + 1 \right)}{\frac{1}{3}} = 72 .$$

Звідси,

$$U_4 = 1/3 \quad z_7 = 18 \quad z_8 = 54$$

$$U_5 = 1 \quad z_9 = 36 \quad z_{10} = 36$$

Друга переборна група:

$$\Sigma z = 18 \frac{U_6 + 1}{U_6} = \frac{18 \cdot \left(\frac{1}{4} + 1 \right)}{\frac{1}{4}} = 90 .$$

Звідси,

$$U_6 = 1/4 \quad z_{11} = 18 \quad z_{12} = 72$$

$$U_7 = 1 \quad z_{13} = 60 \quad z_{14} = 30$$

Виходячи з цієї умови, зобразимо схему коробки подач.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

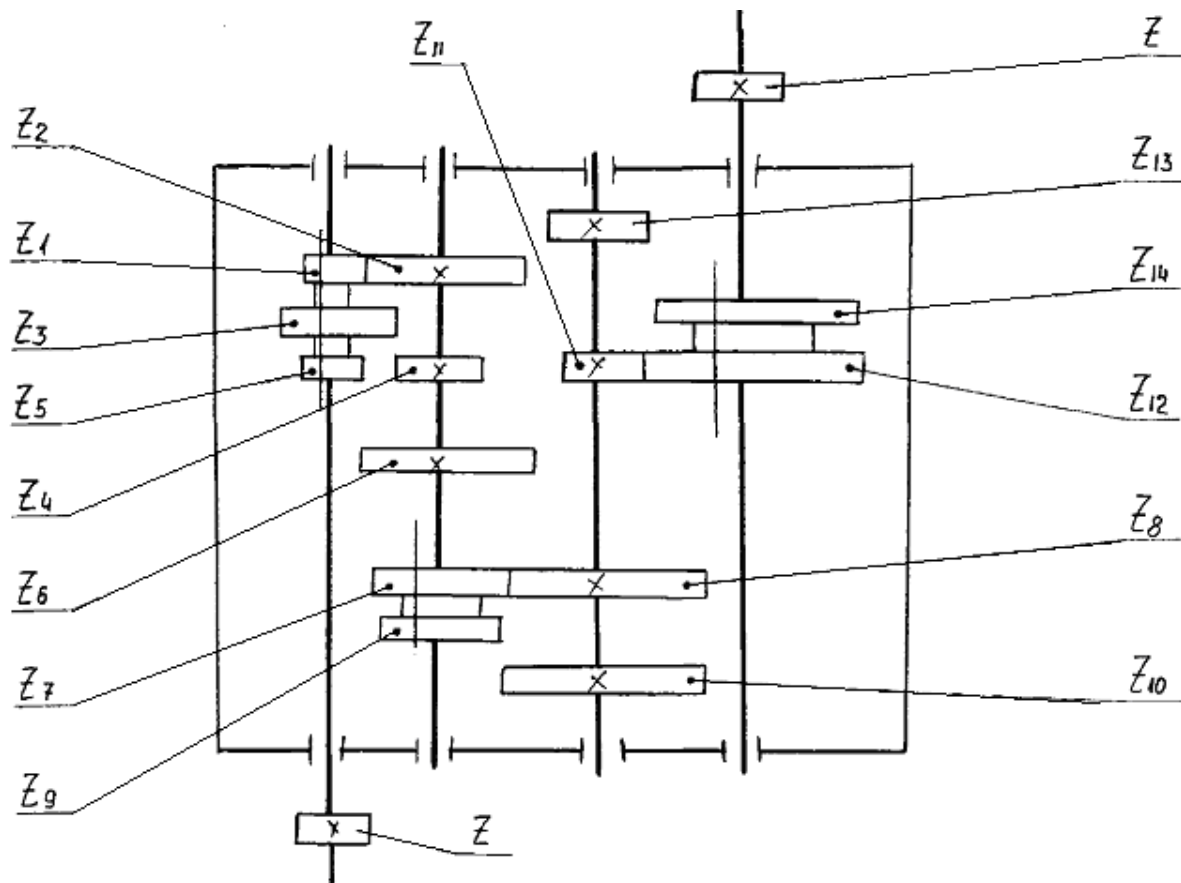


Рисунок 3.3 – Схема коробки подач

Вибір потужності та типу двигуна

Оскільки швидке переміщення свердлильної головки здійснюється від окремого електродвигуна, то здійснюємо його розрахунок, а також його вибір. Потужність електродвигуна визначається за формулою:

$$N_{\text{д}} = \frac{N_{\text{еф}}}{\eta},$$

де $N_{\text{еф}}$ – ефективна потужність корисної роботи;

η – к.к.д. корисної передачі, яка зв'язує джерело енергії з робочим органом.

Ефективну потужність визначаємо за формулою:

$$N_{\text{еф}} = \frac{P_0 \cdot V}{1000 \cdot 60};$$

де P_0 – осьова сила різання;

V_1 – швидкість переміщення свердлильної головки;

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже,

$$N_{\text{дв}} = \frac{1,5}{0,95} = 1,6 \text{ кВт}$$

По знайденому значенню потужності вибираємо електродвигун типу 4АХС80В4. Технічну характеристику для двигуна 4АХС80В4 зводимо в таблицю.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика електродвигуна 4АХС80В4.

Характеристика	Значення
Потужність, кВт	1,7
Ковзання, %	10
ККД, %	70
$\cos\alpha$	0,82
$I_{\text{н}}/I_{\text{ном}}$	5
$M_{\text{н}}/M_{\text{ном}}$	2
$M_{\text{мах}}/M_{\text{ном}}$	1,6
$M_{\text{мін}}/M_{\text{ном}}$	2,2

Розрахунковий момент обертовий на будь якому валу визначається за формулою:

$$T_{\text{об}} = \frac{P_t \cdot t_2 \cdot U_2}{2000 \cdot \pi \eta},$$

де P_t – тягове зусилля;

t – крок ходового гвинта;

U – передаточне відношення кінематичного ланцюгу від розрахункового вала до ходового гвинта;

η – к.к.д. механізму від розглядуваного вала до тягового пристрою.

Тягове зусилля визначається за формулою:

$$P_m = P_0 + \mu \frac{2000 \cdot T_{\text{об.шп}}}{d_{\text{шп}}}$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де P_0 – осьове зусилля різання;

$T_{об.шп}$ – обертовий момент на шпинделі верстату що свердлить при максимальному зусиллі подач;

$d_{шп}$ – середній діаметр шпинделя;

μ – приведений коефіцієнт тертя.

Осьову силу різання визначаємо за формулою:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^g S_0^{yp} \cdot K_p;$$

$$C_p=68; \quad g_p=1; \quad y_p=0,7; \quad [3, \text{ст.281}]$$

$$K_{.м} = K_{.мр} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{np} = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,75} = 1$$

$$P_0=10 \cdot 68 \cdot 18,5^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1=4025H.$$

де η - к.кд, $\eta=0,92$;

n – частота обертання шпинделя.

Отже,

$$T_{об.шп} = \frac{11 \cdot 0,92}{63} \cdot 9550 = 1534 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Звідси, тягове зусилля:

$$P_T = 4085 + 0,15 \frac{2000 \cdot 1534}{25} = 22433 \text{ Н}$$

Обертовий момет на I валу:

$$T_{об 1} = \frac{22433 \cdot 8(1,12 + 1 \cdot 2 \cdot 1,3)}{2000 \cdot 3,14 \cdot 0,72} = 324 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Обертовий момет на II валу:

$$T_{об 2} = T_{об 1} \cdot U = 324 \cdot 1,3 = 421 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Обертовий момет на III валу:

$$T_{об 3} = T_{об 2} \cdot U = 421 \cdot 1,3 = 547 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Обертовий момет на IV валу:

$$T_{об 4} = T_{об 3} \cdot U = 547 \cdot 1,3 = 711 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Конструювання та розрахунок коробки подач

3.2.1 Опис конструкції та принцип роботи коробки подач

Коробка подач передає свердлильний головці 12 різних подач, шляхом тройних блоків.

Привід робочої частини здійснюється від вала V коробки швидкостей. Швидкі переміщення свердлильна головка одержує від електродвигуна N_2 , через конічну пару шестерень поз. 17, має одну швидкість переміщення рівну 3м/с.

3.2.2 Конструктивний розрахунок коробки подач

Розраховуємо модуль зачеплення на вхідному валі.

Вхідна група передач складається з двох пар передач з числом зубів $Z_{11}=18$, $Z_{12}=72$, $Z_{13}=60$, $Z_{14}=30$.

Передаточні числа відповідно рівні:

$$72/18=4 \quad 60/30=2.$$

Розраховувати передачу будемо з більшим передаточним відношенням $U=4$. Розрахунковий момент $T_{об}=711Н\cdot м$. Визначаємо модуль передачі з умови міцності на згин:

$$m_n = 12,6 \sqrt[3]{\frac{T_{об} \cdot K_n}{y \cdot z_k \cdot \varphi_m [\sigma]_n}},$$

Значення „ y ” для $Z_k=72$, $y=0,285$.

$$\varphi_m = \frac{b}{m}.$$

Приймаємо рівним $\varphi_m=6$. Коефіцієнт перевантаження визначаємо за формулою:

$$K_n = K_n \cdot K_{д.н} \cdot K_{н.р.н}.$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо рівний характер руху і знаходимо $K_H=1$. Для 6 степені точності і орієнтованої швидкості 5м/с , $K_{\alpha.H}=1,1$. Коефіцієнт $K_{H.p.H.}$ для жорсткого валу при $\frac{\varphi_m}{z} = \frac{6}{72} < 0,2$ $K_{H.p.H.}=1$.

Визначаємо коефіцієнт перевантаження:

$$K_H=1 \cdot 1,1 \cdot 1=1,1$$

$[\sigma]_H$ - знаходимо задавшись матеріалом і термообробкою коліс.

Вибираємо шестерні і колеса – сталь 40Х, гартуванням ТВ4 до твердості HRC.

Для шестерні HRC 55...58, для колеса HRC 50...55. Згідно таблиці 6 [4, ст.9]. $\sigma_{H.0}=240\text{МПа}$.

При чистовому режимі шліфування $K_{шл}=1,05$ [4, ст.10].

Коефіцієнт врахування режиму роботи $K_{H.реж}=1,4$. Звідси, $[\sigma]_H=240 \cdot 1,05 \cdot 1,4=750\text{МПа}$

Отже,

$$III_H = 12,6 \sqrt[3]{\frac{711 \cdot 1,1}{0,285 \cdot 72 \cdot 6 \cdot 350}} = 3,3 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартний модуль $III_H=3,5\text{мм}$. Відповідно модулі передач з умови міцності на згин на інших валах визначається аналогічно.

Отже,

на валу III при $Z_K=54$; $III_H=3,5\text{мм}$;

на валу II при $Z_K=48$; $III_H=3,5\text{мм}$;

на валу I при $Z_K=54$; $III_H=3,25\text{мм}$.

Визначаємо міжосьові відстані. Міжосьову відстань з умови поверхневої міцності визначаємо за формулою:

$$A = 10 (U + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{332}{U [\sigma]_{нов}} \right)^2 \frac{T_{об}}{\varphi_n}};$$

Величина $[\sigma]_{нов}=\sigma_{к.д.} \cdot K_{к.реж.}$

$\sigma_{к.д.}=900\text{МПа}$. Коефіцієнт $K_{к.реж.}$ знаходимо по формулі:

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{к. режим} = K_Q \sqrt[6]{\frac{K_N \cdot N_0 \cdot P}{60 \cdot T_p \cdot n_p}};$$

$$K_N=1,7, K_Q=1,2, P_n=2.$$

$$\text{Для } T_p=10000 \text{ год.}$$

$$K_{к. режим} = 1,2 \sqrt[6]{\frac{1,7 \cdot 108 \cdot 2}{60 \cdot 10^4 \cdot 63}} = 1,68$$

$$\text{Звідси, } [\sigma]_{нов} = 900 \cdot 1,68 = 1512 \text{ МПа}$$

Визначаємо $A_{розр.}$:

$$A_{розр} = 10 (4 + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{332}{U \cdot 1512} \right)^2 \cdot \frac{711}{0,15}} = 135 \text{ мм.}$$

Визначаємо величину між осьової відстані, одержувану при $III_n=3,5$.

$$A = \frac{III (z_{11} + z_{12})}{2} = \frac{3,5 (18 + 72)}{2} = 157 \text{ мм}$$

Оскільки $A > A_{розр.}$, то вибране значення модуля забезпечує працездатність передачі по згині і контактній міцності.

Отже, між осьова відстань між валами IV і III приймаємо по стандарту $A=160 \text{ мм}$.

Визначаємо між осьову відстань між валами III і II.

$$A_p = 90 (1 + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{332}{1 \cdot 1512} \right)^2 \cdot \frac{547}{0,15}} = 124 \text{ мм.}$$

Визначаємо між осьову відстань, одержану при $III_{n.3}=3,5$.

$$A = \frac{m (z_9 + z_{10})}{2} = \frac{3,5 (36 + 36)}{2} = 126 \text{ мм.}$$

Оскільки $A > A_p$, то вибране значення модуля забезпечує працездатність передачі по згині і контактній міцності. Приймаємо $A=135 \text{ мм}$.

Визначаємо між осьову відстань між валами II і I:

$$A_p = 10 (2 + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{332}{2 \cdot 1512} \right)^2 \cdot \frac{421}{0,15}} = 105 \text{ мм.}$$

Визначаємо між осьову відстань, одержану при $III_n=3,25 \text{ мм}$.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A = \frac{Ш_n (z_{10} + z_{11})}{2} = \frac{3,25 (24 + 48)}{2} = 117 \text{ мм} .$$

Оскільки $A > A_p$, то вибране значення модуля забезпечує працездатність передачі по згину, контактній міцності: $A = 120 \text{ мм}$.

3.2.3 Силовий розрахунок приводу подач

Попередній розрахунок вихідного вала

Назначимо матеріал, з якого будемо виготовляти вали, Сталь 40Х11, для якого $[\tau]_{кр} = 45 \text{ МПа}$.

За формулою визначаємо діаметр вихідного вала коробки подач, для якого $T_{об4} = 711 \text{ Н·м}$.

Отже,

$$d_{\epsilon} = 10 \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]_{кр}}};$$

$$d_{\epsilon} = 10 \sqrt[3]{\frac{711}{0,2 \cdot 45}} = 42 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{\epsilon} = 45 \text{ мм}$, в місцях подачі зубчастих коліс. Діаметр в місці посадки підшипників $d = 35 \text{ мм}$. Аналогічно за формулою визначаємо, діаметри інших валів, оскільки обертові моменти на них:

$T_{об3} = 547 \text{ Н·м}$, $T_{об2} = 421 \text{ Н·м}$, $T_{об1} = 324 \text{ Н·м}$, то приймаємо різні $[\tau]_{кр}$.

Отже,

$$d_{\epsilon3} = 10 \sqrt[3]{\frac{541}{0,2 \cdot 35}} = 30 \text{ мм} .$$

Приймаємо $d_{\epsilon3} = 30 \text{ мм}$, в місцях посадки зубчастих колі. Діаметр в місці посадки підшипників $d_H = 20 \text{ мм}$.

$$d_{\epsilon2} = 10 \sqrt[3]{\frac{421}{0,2 \cdot 30}} = 30 \text{ мм} .$$

Приймаємо $d_{\epsilon2} = 30 \text{ мм}$, в місцях посадки зубчастих колі. Діаметр в місці посадки підшипників $d_H = 20 \text{ мм}$.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{e1} = 10 \sqrt[3]{\frac{324}{0,2 \cdot 35}} = 25 \text{ мм}.$$

Приймаємо $d_{e1}=25\text{мм}$ в місцях посадки зубчастих коліс. Діаметр в місці посадки підшипників $d_H=15\text{мм}$.

Уточнений розрахунок вихідного вала

Визначаємо сили, які діють в зачепленні за формулою:

$$F_t = \frac{2T}{d};$$

Звідси:

$$d_1 = m \cdot z = 3,5 \cdot 72 = 252 \text{ мм};$$

$$d_2 = m \cdot z = 3,5 \cdot 18 = 63 \text{ мм}.$$

Отже,

$$F_{t1} = \frac{2T}{d_1} = \frac{2 \cdot 711 \cdot 10^3}{252} = 5643 \text{ Н};$$

$$F_{t2} = \frac{2T}{d_2} = \frac{2 \cdot 711 \cdot 10^3}{63} = 22571 \text{ Н}.$$

$$F_{a1}=0;$$

$$F_{a2}=0;$$

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \operatorname{tg} \alpha = F_{t1} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 5643 \cdot 0,364 = 2054 \text{ Н}$$

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 22571 \cdot 0,364 = 8215 \text{ Н}.$$

Визначаємо реакції в опорах і будуємо епюри крутних моментів.

Вертикальна площина:

$$\Sigma M_{AY} = 0$$

$$F_{r1} \cdot 180 - B_y \cdot 380 - F_{r2} \cdot 600 = 0$$

$$B_y = \frac{F_{r1} \cdot 180 - F_{r2} \cdot 600}{380} = \frac{2054 \cdot 180 - 8215 \cdot 600}{380} = 20724 \text{ Н}$$

Для визначення A_y використаємо $\Sigma Y = 0$

$$A_y + F_{r1} + B_y - F_{r2} = 0$$

$$- A_y = F_{r1} + B_y - F_{r2} = 2054 - 20724 - 8215 = 14563 \text{ Н}.$$

Звідси, помінявши напрямки реакції, одержимо $A_y = 14563 \text{ Н}$.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Горизонтальна площина:

$$\Sigma M_{AX} = 0$$

$$F_{t1} \cdot 180 - B_x \cdot 220 - F_{t2} \cdot 600 = 0$$

$$-B_x = \frac{F_{t1} \cdot 180 - F_{t2} \cdot 600}{380} = \frac{5043 \cdot 180 - 22581 \cdot 600}{380} = 57431 \text{ Н}$$

Для визначення A_x використаємо $\Sigma A_X = 0$

$$-A_x + F_{t1} + B_x - F_{t2} = 0$$

$$A_x = F_{t1} + B_x - F_{t2} = 5043 - 57431 - 22571 = -29817 \text{ Н}.$$

Звідси, помінявши напрямок реакції, одержимо $A_x = 29817 \text{ Н}$.

Визначаємо сумарний згинний момент в точці C:

$$M_{32}^c = \sqrt{(M_{32}^{c,\theta})^2 + (M_{32}^{c,z})^2};$$

$$M_{32}^{c,\theta} = B_y \cdot 220 = 20724 \cdot 220 = 4559280 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_{32}^{c,z} = B_x \cdot 220 = 57431 \cdot 200 = 12634820 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Отже, згинний момент в точці C:

$$M_{32}^c = \sqrt{4559280^2 + 12634820^2} = 1303 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

Визначаємо сумарний згинний момент в точці D:

$$M_{32}^D = \sqrt{(M_{32}^{D,\theta})^2 + (M_{32}^{D,z})^2},$$

$$M_{32}^{D,\theta} = A_y \cdot 180 = 14563 \cdot 180 = 2621340 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_{32}^{D,z} = A_x \cdot 180 = 29817 \cdot 180 = 5367060 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

Отже, згинний момент в точці D:

$$M_{32}^D = \sqrt{2621340^2 + 5367060^2} = 589 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Визначаємо приведений згинний момент за формулою:

$$M_{кр} = \sqrt{(M_{32}^c)^2 + (\alpha \cdot T_{об})^2} = \sqrt{(1303)^2 + (0,54 \cdot 711)^2} = 13036,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо по залежності діаметр вала:

$$d = 10 \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0,1[\sigma]_{32}}};$$

де $[\sigma]_{32}$ -допустиме напруження на згин, $[\sigma]_{32}=660 \text{ МПа}$.

Отже,

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = 10 \sqrt[3]{\frac{13036,7}{0,1 \cdot 660}} = 10 \cdot 4,7 = 47 \text{ мм};$$

По одержаних даних будуюмо епюри згинних моментів

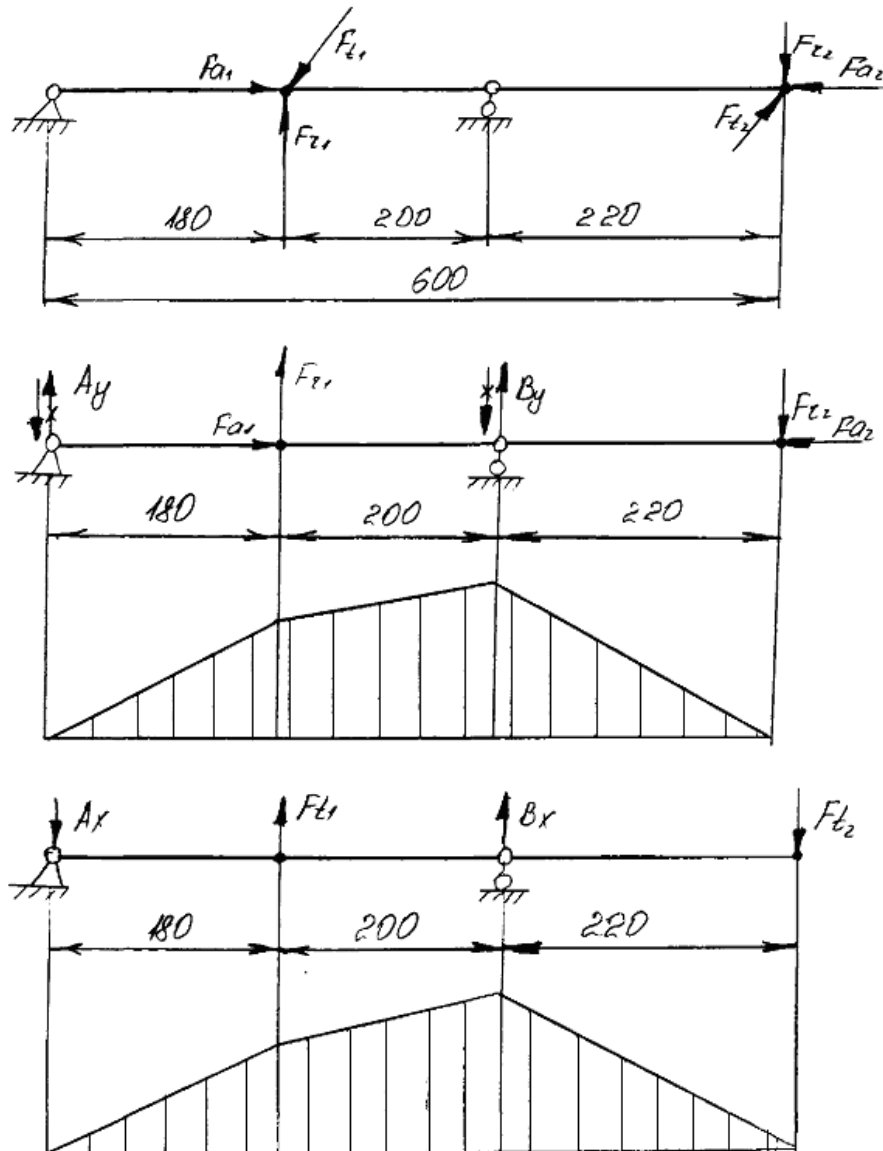


Рисунок 3.4 – Епюри згинних моментів

3.3 Конструювання та розрахунок гвинт-гайки ковзання

3.3.1 Опис конструкції гвинт-гайки ковзання

Гвинт подачі збирається в спеціальному кронштейні поз. 8, який кріпиться в верхній частині направляючих колони. Шліцева частина гвинта входить в полий шліцевий вал механізму подач, а різьбова частина вкручується

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в ходову гайку поз. 2, яка кріпиться в верхній частині корпуса свердлильної головки. При обертанні гвинт передає переміщення свердлильній головці.

3.3.2 Розрахунок гвинт-гайки ковзання

Передачу гвинт-гайка будемо розраховувати з умови зносостійкості.

Передбачаючи при цьому обмеження питомих шнеків на робочих гранях гайки. Для цього скористаємося формулою для визначення середнього тиску:

$$P = \frac{Q}{\pi d H \frac{Lz}{t}} \leq [P],$$

де Q – тягове зусилля, H ;

d – середній діаметр різі, $мм$;

H – робоча висота профілю різі, для стандартних різей

$$H = 0,5 \frac{t}{z}$$

L – довжина гайки, $мм$, $L = \lambda d$, ($\lambda = 1,5 \div 4$);

t – крок різі, $мм$;

z – число заходів різі;

$[P]$ – допустимий тиск.

Тягове зусилля визначаємо за формулою:

$$Q = P_o + \mu \frac{2000 T_{об.шп.}}{d_{шп.}},$$

де P_o – складова сила різання;

$T_{об.шп.}$ – обертовий момент на шпинделі при максимальній силі P_o , $Н$;

$d_{шп.}$ – діаметр шпинделя, $мм$;

μ – коефіцієнт тертя.

Максимальну осьову силу різання визначимо за формулою:

$$P_o = 10 C_p D^q S_o^{y_p} K_p$$

$C_p=68; q_p=1; y_p=0,7$ [4, ст.281]

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_p = K_{np} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{np} = \left(\frac{190}{190} \right)^{0,75} = 1; \quad np=0,75$$

Отже,

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 75^1 \cdot 2,24^{0,7} \cdot 1 = 89250 \text{ Н}.$$

Обертний момент на шпинделі визначимо за формулою:

$$T_{об.шп.} = 9550 \frac{N_{дв.} \cdot \eta}{n},$$

де $N_{дв.}$ – потужність двигуна;

η – коефіцієнт корисної дії

$$\eta = \eta_n \eta_{30}^3 \eta_{п.поч}^4 = 0,97 \cdot 0,99^3 \cdot 0,997^4 = 0,92$$

n – частота обертання шпинделя при найбільшій осьовій силі.

По графіку чисел обертів приймаємо $n=22,4 \text{ об/хв.}$

Отже,

$$T_{об.шп.} = 9550 \frac{11 \cdot 0,92}{22,4} = 4315 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Звідси, тягове зусилля визначаємо:

$$Q = 89250 + 0,15 \frac{2000 \cdot 4315}{25} = 141030 \text{ Н}.$$

Отже, визначаємо середній тиск:

$$P = \frac{Q}{\pi d H \frac{L \cdot k}{t}} = \frac{141030}{3,14 \cdot 56 \cdot 4 \frac{240}{8}} = 6,6 \text{ МПа}.$$

Оскільки, прийнявши рекомендовані співвідношення конструктивних параметрів різі визначаємо середній діаметр за формулою:

$$d = 0,8 \sqrt{\frac{Q}{\lambda [P]}};$$

$$d = 0,8 \sqrt{\frac{141030}{4 \cdot 7}} = 0,8 \cdot 70,1 = 56 \text{ мм}.$$

Розрахунок на жорсткість передбачає визначення зміни кроку різі Δt при розтягу-стиску.

Для цього використаємо формулу:

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t = t \frac{Q \cdot t}{E \cdot F};$$

де E – модуль пружності, для сталі $E=2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$;

F – площа поперечного січення

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 56^2}{4} = 2461,76 \text{ мм}^2.$$

Отже,

$$\Delta t = \frac{141030 \cdot 8}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 2461,76} = 1,7 \cdot 10^{-4}$$

Перевіряємо, чи різниця сусідніх кроків менша значення

$$[\Delta t] = (0,1 \dots 0,95) \cdot 10^{-3} t = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 8 = 8 \cdot 10^{-4}$$

Умова виконується.

Розраховуємо гвинт на міцність з врахуванням обертового моменту, використовуючи формулу:

$$\sigma_o = \sqrt{\left(\frac{4Q}{\pi d^2}\right)^2 + 4\left(\frac{T_{об}}{\pi d^2}\right)^2} \leq \frac{\sigma_T}{3,5},$$

де $T_{об}$ – обертовий момент, прикладений до гвинта.

Обертовий момент, прикладений до гвинта, визначаємо за формулою:

$$T_{об} = \frac{Qt \mu}{2 \pi \eta};$$

де η – коефіцієнт корисної дії гвинтової пари.

К.К.Д. гвинтової передачі розраховуємо за формулою:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg} (\lambda + \rho)},$$

де λ – кут підйому витка різі;

ρ – кут тертя, $\rho = 6 \div 8^\circ$;

σ_T – границя текучості для матеріалу гвинта.

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} 30^\circ}{\operatorname{tg} (8^\circ + 30^\circ)} = \frac{\operatorname{tg} 30^\circ}{\operatorname{tg} 38^\circ} = \frac{0,57}{0,78} = 0,73$$

Обертовий момент, прикладений до гвинта дорівнює:

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{об} = \frac{141030 \cdot 8,1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,75} = \frac{1128240}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,75} = 246104 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Отже,

$$\sigma_o = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 141030}{3,14 \cdot 56^2}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{246104}{3,14 \cdot 56^2}\right)^2} = \sqrt{49,4^2 + 4 \cdot 21,7^2} = 66 \text{ Мпа}$$

Границя текучості матеріалу сталь 18ХГТ дорівнює $\sigma_T = 380 \text{ МПа}$.

Отже, умова виконується, оскільки:

$$\sigma_o < \frac{\sigma_T}{3,5}, \quad 66 < \frac{380}{3,5} = 108$$

Визначаємо критичне тягове зусилля, використавши формулу:

$$Q_{кр} = \frac{\pi^2 EI}{(g L_{роб})^2} \geq Q,$$

де I – осьовий момент інерції, $I = \frac{\pi d^4}{64}$;

$g = 0,7$ – при напівжорсткому закріпленні гвинта;

$L_{роб}$ – робоча довжина ходового гвинта.

Отже,

$$Q_{кр} = \frac{3,14^2 \cdot 210000 \cdot 3,14 \cdot 56^4}{64 (0,7 \cdot 140)^2} = 45002878 \text{ Н}$$

Визначаємо коефіцієнт запасу стійкості:

$$2,5 \div 4 < u_c = \frac{Q_{кр}}{Q} = \frac{45002878}{141030} = 319.$$

Отже, умова виконується.

3.3.3 Підбір підшипників

Гайка частіше всього закріплена жорстко на рухомій частині, а ходовий гвинт обертання в опорах. Радіальне навантаження на опори гвинта, сила тяжіння і радіальна сила в привідному зубчастому колесі звичайно невеликі. Осьове навантаження (тягова сила) є дуже великою. Тому в підшипниках,

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частіше всього, ніж в радіальних опорах, використовують підшипники кочення, при великих навантаженнях або швидкості. Упорні шарикові дозволяють утворювати в підп'ятниках попередній натяг.

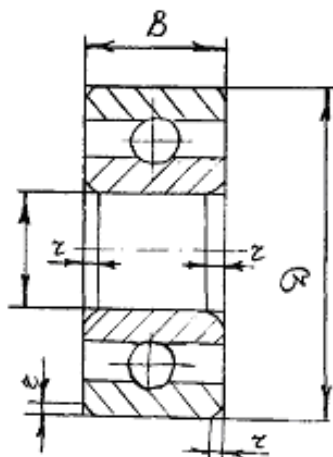


Рисунок 3.5 – Шариковий радіальний підшипник

Таблиця 3.2– Технічна характеристика

Позначення підшипника	d	D	B	r	C, H	C_o, H	$n, \text{об/хв}$		Шарики		Мас $a, \text{кг}$
							n	p	D_T	z	
210	50	90	20	2,0	27500	20200	63000	8000	12,7	10	0,47

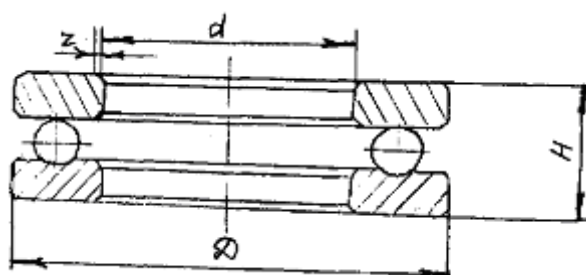


Рисунок 3.6 – Шариковий упорний підшипник

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика

Позначення підшипника	d	D	B	r	C, H	C_o, H	$n, \text{об/хв}$		Шарики		Мас $a, \text{кг}$
							n	p	D_T	z	
8210	50	78	22	15	4600	10500	2000	2500	17,11	17	0,39

3.4. Проектування та розрахунок контрольного пристрою

Пристрій призначений для вимірювання відхилення від перпендикулярності отвору в плиті. Загальний вид пристрою показано на рисунку 5.5. Пристрій складається з плити 1, до якої прикріплено через планку 2 та корпус 3 призму 4. До плити кріпиться індикатор 6, встановлення якого регулюється механізмом кріплення 7, 8 і 9. Робота пристрою здійснюється наступним чином. Деталь встановлюється на плаваючі опори 16, в отвір деталі встановлюється конусний штифт 5, в який впирається стержень індикатора. Виставлення здійснюється за допомогою горизонтального руху призми, яку можна регулювати гвинтом 11 за допомогою рукоятки 9. Закріплення призми здійснюють гвинтом 13. за допомогою регулювальної планки можна виставити індикатор по висоті відносно осі отвору і закріпити кріпильним болтом 12. На шкалі індикатора при повертанні конусного штифта 5 буде показуватись відхилення осі отвору.

Розрахунок на точність контрольного пристрою

Для того, щоб контрольний пристрій правильно вимірював відхилення, необхідно забезпечити точність, з якою його необхідно виготовити. Даний пристрій призначений для вимірювання розміру в інтервалі $70 \pm 0,1$ мм. Отже, допуск складає 200 мкм.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

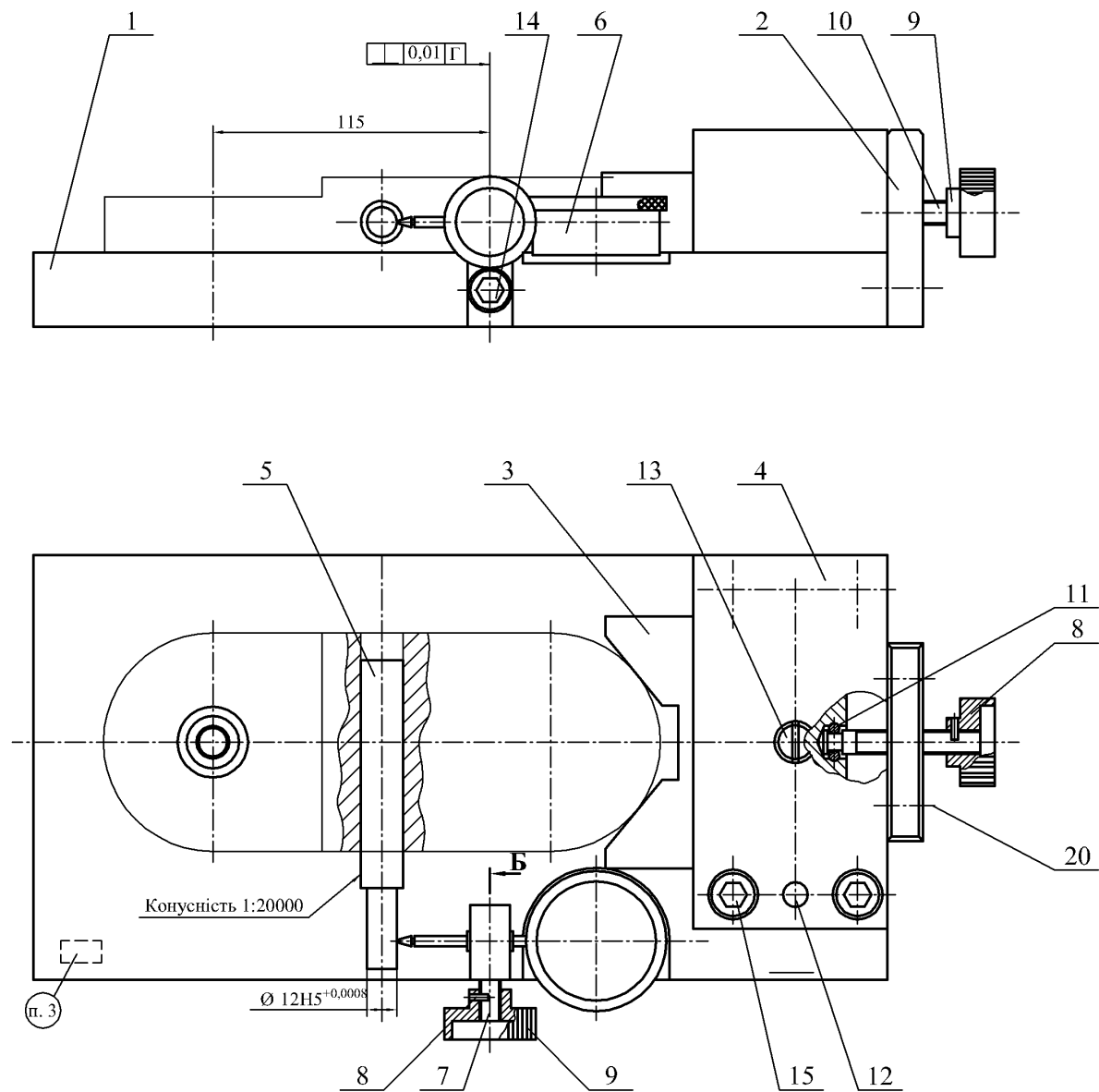


Рисунок 3.7 – Контрольний пристрій

Допуск на виготовлення складає:

$$\delta_{\text{виг}} = 0,2 \cdot 200 = 40 \text{ МКМ.}$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

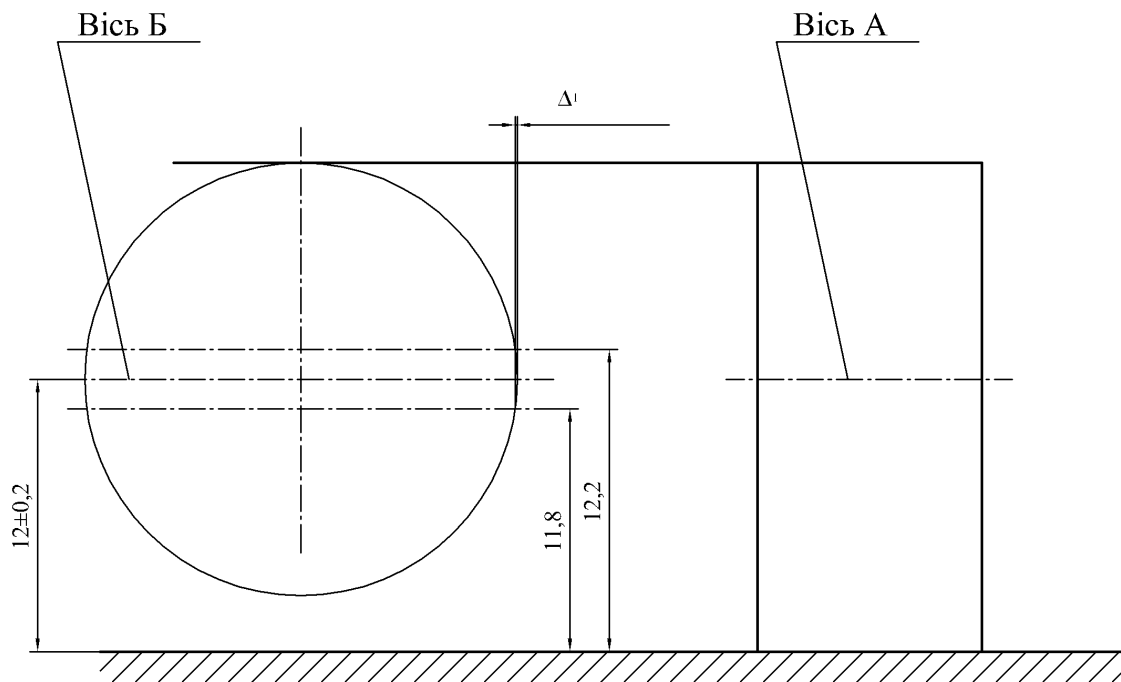


Рисунок 3.8 – Розрахункова схема для розрахунку
контрольного пристрою на точність

Похибка вимірювання визначається по формулі:

$$\Delta_{\text{пox.}} = \Delta_1 + \frac{\Delta_2}{2},$$

де Δ_1 - похибка, зв'язана з коливанням вісі Б заготовки в полі допуску;

$\frac{\Delta_2}{2}$ - похибка, викликана допуском діаметра 12.

Визначимо допустиму похибку Δ_1 , тобто визначимо взаємне відхилення осей А і Б.

$$\Delta_{\text{пox}} = 40 \text{ мкм}, \quad \frac{\Delta_2}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ мкм}.$$

$$\Delta_1 = 40 - 4 = 36 \text{ мкм}.$$

Перерисуємо схему на таку, в якій вісі А і Б займають крайнє положення, коли

$$\Delta_{1 \text{ max}} = 36 \text{ мкм}.$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Розробка конструкції затискного пристрою для механічної обробки

Даний пристрій являє собою двохмісний пристрій з гвинтовим затиском. Необхідне зусилля затиску забезпечує зіркоподібна рукоятка 26, яка повертає гвинт 14 з кінцем під п'яту. Після цього, через коромисло 28, яке кріпиться до до гвинта 14 за допомогою плунжера 19, передається зусилля, яке дорівнює половині зусилля на гвинті до рухомих затискачів 4. для направлення призми використовується колодка направляюча 8. На першій позиції пристрою обробляється одна сторона деталі, виступом вниз. На другій позиції обробляється друга сторона – виступом вверх в розміри 30,6 та 23,6_{-0,33} мм. На другій позиції опори підняті на величину припуску, тобто на 0,95 мм.

Розрахунок зусилля затиску

Для визначення зусилля закріплення деталі визначимо складові сил різання через потужність різання:

$$N = 0,63 \cdot (V_n \cdot S_0 \cdot t)^{0,7} B_K^{0,26} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ кВт},$$

де V_n - швидкість руху деталі (подачі стола) м/хв.;

S_0 - поперечна подача, мм/хід;

t - глибина різання, мм;

K_1 - поправочний коефіцієнт, що враховує твердість круга;

K_2 - поправочний коефіцієнт, який враховує зв'язуючий матеріал круга;

$$N = 0,63 \cdot (18 \cdot 0,03 \cdot 0,95)^{0,7} 75^{0,26} \cdot 2,1 \cdot 1,1 = 2,68 \text{ кВт}.$$

Складові визначаємо із формули:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102}.$$

$$P_z = \frac{N \cdot 60 \cdot 102}{V} = \frac{2,68 \cdot 60 \cdot 102}{18} = 273,36 \text{ Н}.$$

$$P_y = \frac{1}{2} P_z = 136,68 \text{ Н}.$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо зусилля затиску:

$$P_3 = (K \cdot P_z) + \frac{f_{3.М.} \cdot P_y \cdot J_1}{J_2 + J_1} - \frac{f_{0.П.} \cdot P_y \cdot J_2}{J_1 + J_2}, \text{ Н.}$$

де K - коефіцієнт запасу;

$f_{3.М.}, f_{0.П.}$ - коефіцієнти тертя в місцях контакту затискного механізму і опор;

J_1, J_2 - жорсткість опор та затискного механізму.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де K_0 - гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 - коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання від випадкових нерівностей;

K_2 - коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання за рахунок затуплення ріжучого інструменту;

K_3 - коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання при переривистій обробленні;

K_4 - коефіцієнт, який враховує постійність сили затиску;

K_5 - коефіцієнт, який враховує кут повороту більше 90° і енергомічність;

K_6 - коефіцієнт, який враховує розміщення контакту.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 3,37.$$

$$\frac{J_1}{J_1 + J_2} = 0,3 \dots 0,4; \quad \frac{J_2}{J_1 + J_2} = 0,6 \dots 0,7$$

$$P_3 = \frac{(3,37 \cdot 273,36) + \frac{0,2 \cdot 136,63 \cdot 35}{100} - \frac{5 \cdot 0,2 \cdot 136,68 \cdot 65}{100}}{6 \cdot 0,2} = 701,624 \text{ Н.}$$

$P_3 = 701,624 \text{ Н}$ – необхідне зусилля для затиску однієї заготовки.

Для двох необхідно $P_3 = 2 \cdot 701,624 = 1402,48 \text{ Н}$.

Розрахуємо гвинтовий затискний механізм. Приймаємо різь М8 з кроком

$P = 1,25 \text{ мм}, d_1 = 6,647 \text{ мм}, d_2 = 7,188 \text{ мм}$ з силою закріплення $P_3 = 1560 \text{ Н}$ і

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напруженням розтягу гвинта $\sigma_p = 49$ МПа. Приймаємо половину кута при вершині різі $\beta = 80^\circ$.

Кут підйому різі:

$$\alpha = \arctg \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{1,25}{\pi \cdot 6,647} = 3^\circ 26'.$$

Приведений кут тертя в різі:

$$\varphi_{np} = \arctg \frac{0,1}{\cos \beta} = \arctg \frac{0,1}{\cos 30^\circ} = 6^\circ 40'.$$

Із умови відсутності вм'ятини, вибираємо кінець болта під п'яту.

Вибираємо натискний стандартний гвинт із зіркоподібною рукояткою з кінцем під п'яту. Радіус сферичного кінця $R = 6$ мм, $\gamma = 118^\circ$. Матеріал гвинта – Сталь 45, твердість 35-39,5 HRC.

Визначимо коефіцієнт корисної дії гвинта:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} (\alpha + \varphi_{np}) + \frac{2 \cdot R}{d_2} \cdot f_1 \cdot \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}} = \frac{\operatorname{tg} 3^\circ 26'}{\operatorname{tg} (3^\circ 26' + 6^\circ 40') + \frac{2 \cdot 6}{7,188} \cdot 0,15_1 \cdot \operatorname{ctg} \frac{118^\circ}{2}} = 0,18 \leq 0,4$$

Отже гвинтовий механізм забезпечується від саморозгвинчування.

Визначимо момент, який необхідно прикласти до гвинта для створення необхідної сили закріплення P_3 :

$$\begin{aligned} M &= 2 \cdot P_3 \cdot \left[0,5 \cdot d_2 \operatorname{tg} (\alpha + \varphi_{np}) + f_1 \cdot R \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right] = \\ &= 2 \cdot 701,624 \cdot \left[0,5 \cdot 7,188 \cdot \operatorname{tg} (3^\circ 26' + 6^\circ 40') + 0,15_1 \cdot 6 \cdot \operatorname{ctg} \left(\frac{118^\circ}{2} \right) \right] = 1657,18 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Отже вибрана головка гвинта відповідає вимогам ергономіки при діаметрі

$$\text{рукоятки } L = \frac{1657,18}{145} = 11,4 \text{ мм}.$$

Тому доцільно застосовувати гвинт із зіркоподібною рукояткою $D = 40$ мм,

$$M = 2000 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Допустиме напруження на розтяг:

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\sigma_p] = 150 + 170 \text{ МПа.}$$

Таким чином міцність гвинта на розтяг забезпечується, так як $[\sigma_p] > 49 \text{ МПа.}$

Розрахунок пристрою на точність

На кінцевий розмір заготовки впливає:

1. Допуск на саму деталь.
2. Допуск на висоту головки установочного елементу.
3. Допуск на пластини корпуса пристрою.
4. Допуск на плиту корпуса.

Тому розглянемо розмірний ланцюг, який складається з чотирьох ланок. В якості замикаючої ланки виступає сама деталь (Рисунок 4.10.).

Визначимо середнє значення допуску:

$$T_{A1} = \frac{T_{AA}}{m_A - 1} = \frac{0,120}{4 - 1} = 0,040 \text{ мм.}$$

Визначимо найближчий допуск по таблиці квалітетів. Він рівний 22 мкм по 8 квалітету.

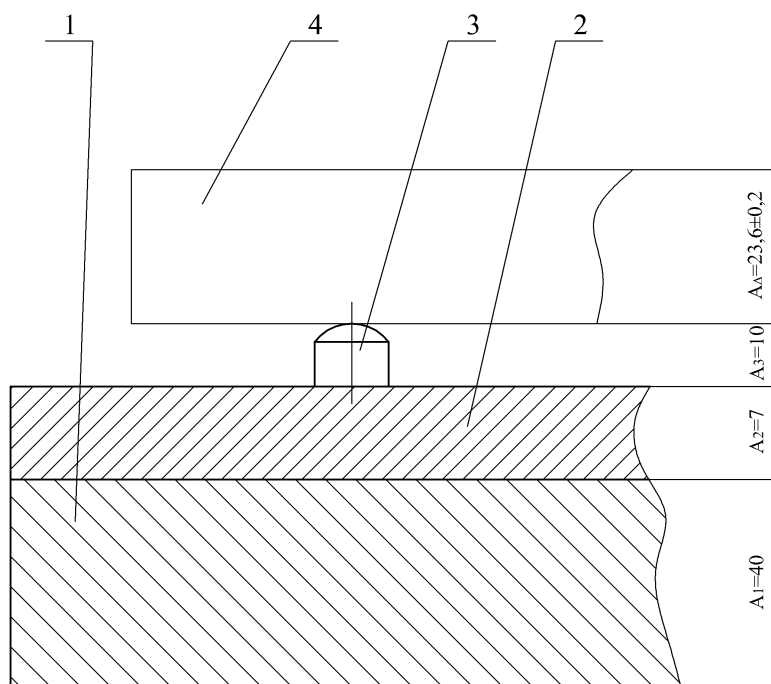


Рисунок 3.10 – Схема розмірного ланцюга для розрахунку точності пристрою

$$T_{A2} = 0,022 \text{ мм.}$$

$$T_{A3} = 0,022 \text{ мм.}$$

$$T_{A4} = 0,120 - 0,022 - 0,022 = 0,076 \text{ мм.}$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_1 = 40 \pm 0,038 \text{ мм.}$$

$$A_2 = 7 \pm 0,011 \text{ мм.}$$

$$A_3 = 10 \pm 0,011 \text{ мм.}$$

$$A_{4\Delta} = 23,6 \pm 0,033 \text{ мм.}$$

Розрахунок пристрою на міцність

Визначимо прогин деталі пристрою – балки, поз. 28 під дією зосередженої сили затиску $P_3 = 1403,248 \text{ Н}$. Для розрахунку складемо розрахункову схему (рисунок 4.11).

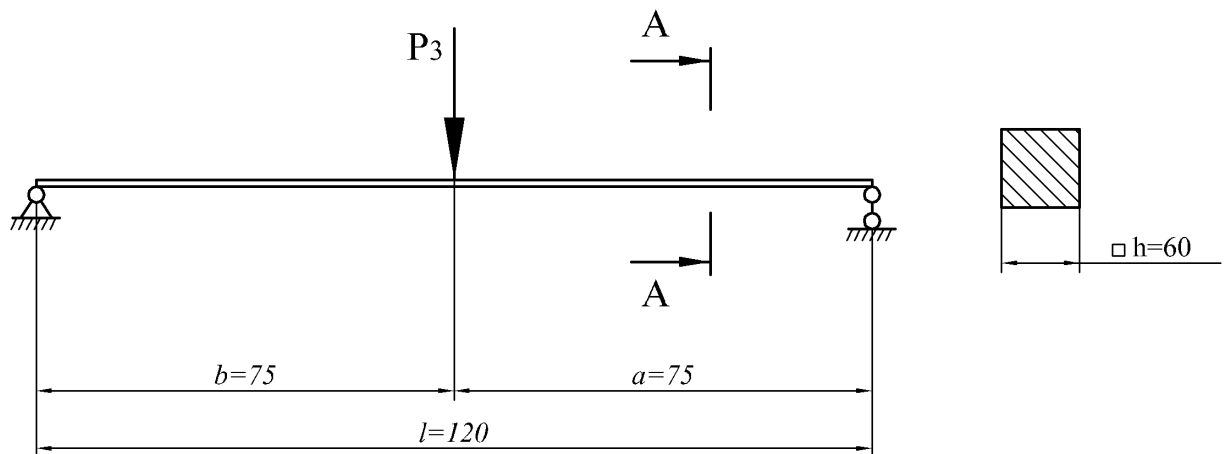


Рисунок 3.11 – Розрахункова схема для визначення прогину балки

Для визначення прогину використаємо залежність:

$$W = \frac{P \cdot b}{12 \cdot E \cdot J} \left(a^3 + 2 \cdot a \cdot b^2 - \frac{l^3}{4} \right),$$

де E - модуль пружності сталі, МПа, $E = 2,1 \cdot 10^5$; МПа;

J - момент інерції січення балки, мм^4 ,

$$J = \frac{h^4}{12} = \frac{20^4}{12} = 13 \cdot 10^4 \text{ мм}^4;$$

$$W = \frac{1403,248 \cdot 75}{12 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,3 \cdot 10^4} \left(75^3 + 2 \cdot 75 \cdot 75^2 - \frac{150^3}{4} \right) = 0,04 \text{ мм.}$$

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Інструкція по техніці безпеки

Загальні вимоги

1. Дотримуватися усіх загальних правил техніки безпеки при роботі на металорізальному верстаті;
2. Виконувати тільки ту роботу, яка дозволена адміністрацією;
3. Вимагати від майстра, інструктажу по техніці безпеки, звертатись до адміністрації за роз'ясненням , якщо що-небудь незрозуміло.

Перед початком роботи

1. Привести в порядок свій одяг, застигнути рукави, захвати волосся під головний убір (без кінців, що звисають);
2. Прийняти верстат від змінщика, перевірити чи добре прибраний верстат і робоче місце, ознайомитись з неполадками верстату у минулій зміні і прийняти міри по їх усуненню;
3. Про несправність верстату негайно доповісти майстру, до усунення несправності до роботи не приступати.
4. Перевірити наявність і справність:
 - а) огорож, проводів, а також струмоведучих частин електроапаратури;
 - б) справність системи змащення і охолодження;
 - в) справність фіксації органів включення і перемикання;
5. Перевірити якість інструменту при отриманні його зі складу.

					КРБ 20-413.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ		
Розроб.		Зосяк					
Перевір.		Лещук					
Консульт.		Окіпний					
Н. Контр.		Кобельник					
Зав.каф.		Крупа					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, гр. МВз-41		

При роботі

1. До роботи на верстаті допускаються тільки ті робітники, які добре вивчили верстат, його принцип роботи, техніку керування, правила експлуатації;
2. Надійно закріпити різальний інструмент. Перед встановленням свердла у шпиндель верстату необхідно очистити їх від стружки і масла. Несправні свердла встановлювати на верстат заборонено;
3. Встановлення і зняття свердла проводиться тільки у рукавицях;
4. Надійно закріпити на верстаті оброблювані вироби;
5. При виявленні затупленого свердла або викришуванні пластин твердого сплаву необхідно змінити свердло;
6. Встановлення деталей проводиться при зупиненому свердлі у вільній зоні;
7. Не тримати руки на важелях автоматичного перемикання верстату;
8. Встановлення заготовок на верстаті, зняття обробленої деталі, а також заміри їх у процесі обробки проводиться на виключеному після повної його зупинки і відводу свердлильної головки у безпечну зону;
9. Не знімати огорожень з верстату;
10. Не переключати важелі швидкостей на ходу верстату;
11. Перед кожним включенням верстату переконайтесь в тому, що пуск верстату нікому не загрожує небезпекою.
12. **Заборонено:**
 - чистити, змащувати обладнання під час його роботи;
 - гальмувати рукою частини верстату, які обертаються;
 - допускати на робоче місце людей, що не мають відношення до роботи;
13. Утримувати верстат у чистоті і справності;
14. Під час роботи на холостих ходах перевірити дію кінцевих вимикачів, що обмежують переміщення свердлильної головки в крайніх положеннях і дію аварійних кнопок „Стоп”;

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після закінчення роботи

1. Зупинити верстат і вимкнути електродвигун;
2. Привести в порядок робоче місце:
 - очистити верстат від стружки;
 - різальний і вимірювальний інструмент скласти у відповідне місце і в визначеному порядку;
3. Змастити частини верстату, що труться, тонким шаром масла;
4. Здати верстат змінщику і доповісти майстру про несправності обладнання і про прийняті міри по їх усуненню;
5. Вимити руки теплою водою з милом і передягнутися.

Блокуючи і захисні пристрої, які використовуються у верстаті

Захисні пристрої використовуються для попередження небезпечного контакту робітника з рухомими частинами верстату і різальним інструментом, а також для локалізації небезпечних зон, куди вилітають частинки оброблюваного матеріалу. Захисні пристрої поділяються на три групи: стаціонарні, рухомі і переносні. Верстат забезпечений стаціонарними рухомими пристроями, які знімаються тільки на час ремонту, або при змащуванні і наладці верстату. Також верстат обладнаний рухомими пристроями, кожухами.

Ефективними запобіжними пристроями є різноманітні блокуючі пристрої, які виключають можливість проникнення людини в небезпечну зону або усувають небезпечний фактор.

В верстаті встановлені електричні блокуючі пристрої:

- при спрацюванні захисту від перенавантажень електродвигуна приводу головного руху в процесі обробки деталей або при натисканні кнопки „Стоп шпинделя” спочатку відключається електродвигун приводу переміщення свердильної головки, а потім з витриманням часу –

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електродвигун приводу головного руху (здійснюється контактами реле часу);

- виключається можливість роботи електродвигуна переміщення свердильної головки при відсутності змащування (здійснюється контактами реле тиску);
- виключається можливість одночасного включення електродвигуна приводу переміщення свердильної головки у взаємо протилежні напрямки (здійснюється контактами магнітного пускача і контактами реле);
- робота електродвигуна приводу насоса охолодження можлива тільки при включеному електродвигуні приводу головного руху і при його роботі в напрямку робочого ходу (здійснюється контактом реле і контактом пускача в ланцюгу живлення котушки пускача).

В верстаті передбачений захист електроприводів в цілях захисту електрообладнання верстата, а також запобігання від поломок різального інструменту і збереження безпечних умов роботи на верстаті.

Електрична схема верстату передбачає ряд електричних захистів:

- 1) Електродвигун приводу головного руху захищений від струмів короткого замикання автоматичним вимкненням, а також від довготривалих недопустимих перевантажень – тепловим реле. Реле максимального струму захищає електродвигун від коротких перевантажень, виключає роботу електродвигуна в двох фазах і запобігає ламанню різального інструменту;
- 2) Електродвигуни приводу переміщення свердильної головки, оснащені автоматичними вимикачами, що забезпечують захист від струмів короткого замикання і недопустимих довготривалих перевантажень;
- 3) Всі механічні переміщення вузлів верстата обмежені шляховими вимикачами;

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 4) Наявність кнопки червоного кольору „**Все стоп аварійний**”, дозволяє негайно відключити всі електродвигуни верстату з метою запобігання нещасних випадків з робітником або пошкодження верстату.

4.2. Розроблення питань з охорони навколишнього середовища при роботі на розробленому обладнанні

На даний час охороні навколишнього середовища в нашій країні і у всьому світі з кожним роком приділяється все більше значення, що обумовлено в першу чергу різким ростом кількості шкідливих викидів промисловості і транспорту, які наносять біосфері величезний, часто непоправну шкоду.

Стає очевидною необхідність більш активної, чим до тепер, боротьбу із забрудненнями навколишнього середовища відходами виробництва з використанням як традиційно застосовуваних методів - очистки викидів в повітряний басейн і водойми, так і нових, більш прогресивних методів, пов'язаних з удосконаленням технологічних процесів і обладнання в напрямку мінімізації виробничих відходів, а також прийняття більш діючих заходів проти шумів, вібрації і інших випромінювань.

Машинобудівне виробництво відрізняється винятковою різноманітністю створюваних ним забруднень, як матеріальних так і енергетичних, що обумовлюються не меншою різноманітністю вихідних матеріалів, застосовуваних технологічних процесів і видів продукції, що виготовляється.

Забруднення стічних вод мінеральними маслами і іншими нафтопродуктами проходить при таких процесах, як термообробки і знежирення деталей, обробки різанням, а також за рахунок витікання із системи мастил і забруднення масла господарств.

Масло, що знаходиться в стічних водах частково плаває на поверхні, а частково емульсовано. Розчинність мінеральних масел в воді дуже мала і нею практично можна знехтувати. Кількість в стоках масла, що плаває коливається від декількох міліграм до сотень грамів на 1 літр води і залежить від організації

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічного процесу, стану обладнання і трубопроводів, загальної культури виробництва і т.д. Основна частина такого масла виділяється з води в відстійниках і нафтовловлювачах, емульсії мінеральних мастил в воді відрізняються високою стійкістю, що утруднює очистку стоків, що містять мастила. Причиною стійкості масляних емульсій є їх висока дисперсність і низька концентрація в стоках, а також наявності в них емульгаторів (стабілізаторів).

При роботі металорізального обладнання всіх видів з застосуванням мастильно-охолоджуючої рідини (емульсій, масел, сульфофрезолу) повітря забруднюється аерозолями (туманами) цих речовин. Обробки в суху абразивним інструментом (шліфувальним і полірувальним кругами) супроводжується виділеннями абразивного пилу.

Технологічні процеси, що супроводжуються інтенсивним шумом, використовуються практично на всіх стадіях виробничого циклу. Нерідко застосовувані технологічне обладнання і механізований інструмент створюють також сильні вібрації. Різноманітність джерел шуму і вібрації обумовлює наявність всіх їх різновидностей.

Загальний рівень звукового тиску в механічних, ремонтних і інструментальних цехах, що створюються металорізальним обладнанням, знаходяться в межах 85 - 100 дБ, яка досягає в окремих випадках 105 - 114 дБ. Спектр шуму в основному середній і високочастотний.

Основними джерелами шуму при роботі металорізального верстата є елементи їх приводів - електричні двигуни, зубчасті і пасові передачі, підшипники, особливо при наявності зносу, перекосів і дисбалансу рухомих частин, а також сам процес різання і вібрації технологічної системи ВШД. На дільницях заточування ріжучий інструмент загальний рівень шуму складає 85- 90 дБ.

Тверді відходи машинобудівних підприємств мають обмежену номенклатуру і доволі сталі по складу, хоча кількість відходів того чи іншого виду може коливається в широких межах в залежності не тільки від масштабів виробництва, а також від характеру застосовуваної технології і продукції, що випускається.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деякі види твердих відходів характерні лише до деякого виду виробництва.

До твердих відходів відносяться також значна кількість пилю (абразивного і ін.), що затримується пиловловлюючими установками різних типів.

З порохованих твердих відходів утилізуються головним чином метали, що здаються підприємствами. Велику кількість інших відходів поки що не утилізують: їх спалюють або вивозять на звалища.

В якості пріоритетних напрямків екологічного удосконалення технологічних процесів і верстатів планують розробляти і освоювати:

- екологічно чисті процеси і обладнання для промивки деталей і вузлів водяними розчинами технічно миючих засобів замість бензину, керосину і інших небезпечних для здоров'я речовин, що одночасно дасть змогу зекономити паливні ресурси;
- процес і обладнання для утворення екологічно чистих технологічних середовищ для високотемпературної пайки жароміцних сплавів, що забезпечують зменшення утворення фтористих з'єднань в 6-8 раз.

Проведення цих робіт дозволить:

- зменшити викиди шкідливих речовин (мілко дисперсної пилюки, оксидів, азоту, озону і ін.) в атмосферу;
- виключити забруднення атмосфери;
- покращити санітарно-гігієнічні умови праці.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проведено аналіз конструкції деталі «Плита АП 77.501», проаналізовано технічні вимоги, які ставляться до цієї деталі, проведено аналіз технологічності конструкції деталі в цілому. Також розглянуто технологічний процес механічної обробки корпусу на базовому підприємстві.

На основі проведеного аналізу та оцінки існуючих умов спроектовано новий варіант технологічного процесу виготовлення деталі, запропоновано більш економічно вигідний спосіб одержання заготовки. Проведено техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального техпроцесу. В ході проектування техпроцесу визначено припуски на обробку та спроектовано заготовку деталі. Для виконання операцій техпроцесу вибрано різальний та вимірювальний інструмент, обладнання, розраховано режими різання та норми часу.

Для виконання обробки деталі проведено кінематичний і конструктивний розрахунок свердлильного верстата, спроектоване технологічне оснащення для виготовлення деталі. Розглянуто питання охорони праці, зроблено економічне обґрунтування прийнятих інженерно – конструкторських рішень, визначено річний економічний ефект від застосування більш прогресивної технології.

					КРБ 20-413.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розроб.	Зосyak						
Перевір.	Лещук						
Консульт.							
Н. Контр.	Кобельник						
Зав.каф.	Крупа						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, гр. МВз-41		

ПЕРЕЛІК ПОСЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.
2. Кухарський О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль: видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
3. Боженко Л. І. Технологія машинобудування: проектування та виробництво. Львів: Світ, 1996. 368 с.
4. Ревнівцев М.П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.
5. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : Навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
6. Кочергін І. А. Конструювання і розрахунок металорізальних верстатів і верстатних комплексів. Курсове проектування: Посібник для вузів. - Мн .: Виш. шк., 1991. - 382 с.
7. Кузнєцов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах/ Ю.М. Кузнєцов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст] - К.: - Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.
8. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці: навчальний посібник.Львів: Афіша, 2000 – 352 с.
9. Безпека виробничих процесів : довідник / під ред. С. В. Бєлова. – М : Машинобудування, 1985. – 448 с.
- 10.Дементій, Л. В. Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с. – ISBN 5-7763-1413-

					<i>КРБ 20-413.00.00.000</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Зосяк</i>			<i>ВИСНОВКИ</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Лещук</i>					
<i>Консульт.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник</i>					
<i>Зав.каф.</i>		<i>Крупа</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
					<i>ТНТУ, гр. МВз-41</i>		

- 11.Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.
- 12.Improved Method for Determining the Feed Influence on the Tangential Cutting Force During Re-drilling, Countersinking and Boring Based on the Small Sample Theory / V. Krupa et al. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. 2024.
- 13.Нагальюк А., Крупа В. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. *Scientific Journal of TNTU*. – Tern.: TNTU. 2023. Т. 111, № 3. С. 67–75
- 14.Кривий П. Д., Крупа В. В. Інструментальне забезпечення процесу комбінованого розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. 2012. № 2. С. 23–34.
- 15.Кобельник В.Р. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів/Кобельник В.Р, Крупа В.В., Тимошенко Н.М. // *Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: тези допов.* – Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-80.
- 16.Кобельник В.Р. Жорсткість вертикально-свердлильних верстатів / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – Вип. № 1 (40). – С. 34–40.
- 17.Кобельник В.Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // *Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць.* – Житомир : ЖДТУ, 2010. – Вип. 8. – С. 99–108.

					КРБ 20-413.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Стандартні вироби</u>		
		25		Болт М6×6g×20.66.029	16	
				ДСТУ 8388-75		
				Кришки ДСТУ 18511-73		
		26		21-100	1	
		27		21-52	1	
		28		21-62	2	
		29		21-72	2	
				Кришки ДСТУ 18512-73		
		30		12-52×20	1	
		31		12-100×35	1	
				Підшипники ДСТУ 8338-75		
		32		304	2	
		33		305	2	
		34		306	2	
		35		307	2	
				Штопорні кільця 13942-80		
		36		A35	2	
		37		A75	1	
		38		A20	2	
		39		A25	2	
		40		A30	3	
		41		A35	1	
		42		A30	2	
				Шпонки ДСТУ 23360-78		
		43		8×12×55	1	
		44		8×12×53	1	
		45		8×10×50	1	
		46		8×10×45	1	
		47		8×10×30	1	
		48		7×10×48	1	
		49		7×7×18	1	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 20-413.02.00.000 СП Арк.	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				Документація		
AI			КРБ 20-413.03.00.000	Складальне креслення		
				Деталі		
		1	КРБ 20-413.03.00.001	Гвинт	1	
		2	КРБ 20-413.03.00.002	Гайка	1	
		3	КРБ 20-413.03.00.003	Кришка	1	
		4	КРБ 20-413.03.00.004	Корпус	1	
		5	КРБ 20-413.03.00.005	Кришка	1	
		6	КРБ 20-413.03.00.006	Кришка	1	
		7	КРБ 20-413.03.00.007	Ступиця	1	
		8	КРБ 20-413.03.00.008	Захисний кожух	1	
		9	КРБ 20-413.03.00.009	Кільце	1	
		10	КРБ 20-413.03.00.010	Кільце	1	
		11	КРБ 20-413.03.00.011	Кільце	1	
		12	КРБ 20-413.03.00.012	Ущільнення	1	
				Стандартні вироби		
		13		БолтМ8× 20	4	
				Гост 7798-70		
		14		Гайка шліцева БМ80	2	
				ГОСТ 11871-80		
		15		Гайка шліцева АМ 60	1	
				ГОСТ 11871-80		
				КРБ 20-413.03.00.000 СП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Гвинт подачі Складальне креслення	
Розробив	Зосяк					
Перевірів	Лециук.					
Н. контр.	Кобельник					
Зав. каф.	Крупа				ТНТУ, гр. МВз-41	
					Літ.	Аркуш
					н	1
						1

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка		
				Документація				
A1			КРБ 20-413.04.00.000	Складальне креслення				
				Деталі				
		1	КРБ 20-413.04.00.001	Корпус	1			
		2	КРБ 20-413.04.00.002	Призма	1			
		3	КРБ 20-413.04.00.003	Призма	1			
		4	КРБ 20-413.04.00.004	Планка	1			
		5	КРБ 20-413.04.00.005	Планка	1			
				Стандартні вироби				
		6		Гвинт М8.25.58	1			
				ГОСТ 1478-75				
		7		Гвинт М8.45.58	1			
				ГОСТ 1478-75				
		8		Гайка ВМ8	1			
				ГОСТ 8921-75				
		9		Гвинт М6.15.58	1			
				ГОСТ 1478-75				
		11		Штифт 3Г.16	1			
		12		Втулка 539.22055	2			
		13		Штифт 8Г.60	2			
				КРБ 20-413.04.00.000 СП				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристосування верстатне Складальне креслення			
Розробив	Зосяк							
Перевірів	Лециук.							
Н. контр.	Кобельник							
Зав. каф.	Крупа				ТНТУ, гр. МВз-41			
					Літ.	Аркуш	Аркушів	
					н		1	1

[illegible]