

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Верстатне та інструментальне забезпечення обробки

деталі «Корпус 40012.12.02»

Виконав: студент 4 курсу групи МВс-41

спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

Оліховський В.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Крупа В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(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 Оліховському Володимирі Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки
деталі «Корпус 40012.12.02»

Керівник роботи Кобельник Володимир Романович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » 01 2024 року № 4/7-76

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2024

3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі «Корпус 40012.12.02»
Базовий технологічний процес обробки деталі. Верстати-аналоги.

Аналоги конструкцій коробок швидкостей

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

1. Аналітична частина. Характеристика об'єкту виробництва

2. Технологічна частина Технологічний розрахунок

Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки

Інструментальне забезпечення технологічної операції

3. Конструкторська частина Розробка кінематичної схеми верстату

Конструювання вузлів 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)

Деталь «Корпус 40012.12.02», заготовка – 1 ф.А1

Креслення вузла «Компресор» – 1 ф.А1

Кінематична схема верстата – 1 ф.А1

Виконавчі механізми верстата – 2 ф.А1.

Карта налагодження. РТК – 1 – 2 ф.А1.

Пристосування кондуктор – 1 ф.А1.

Свердлильна головка – 1 ф.А1.

[illegible]

7. Дата видачі завдання 29.01.2024

[illegible]

Студент _____
(підпис)

Оліховський В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Кобельник В.Р.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Оліховський В.І.. Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Корпус 40012.12.02». 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2024 р.

В кваліфікаційній роботі проведено синтез технологічного маршруту обробки, розроблено операційну технологію обробки деталі. Вибрано режими різання та визначено норми часу для всіх операцій механічної обробки. Здійснено проектування приводу головного руху. Розроблено конструкцію коробки швидкостей вертикально свердлильного верстату. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: корпус, верстат, різальний інструмент, технологічний процес, режими різання, привід головного руху, шпиндель, свердло, свердлильна головка, кондуктор.

V. I. Olikhovskiyi. Machine and tool support for the processing of the part "Body 40012.12.02". 133 – Industrial engineering; Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu; Ternopil, 2024.

In the qualification work, a synthesis of the technological route of processing was carried out, the operational technology of processing the part was developed. Cutting modes are selected and time standards for all machining operations are determined. The design of the main motion drive has been carried out. The design of the gearbox of the vertical drilling machine was developed. Issues of labor protection and life safety have been resolved.

Key words: body, machine, cutting tool, technological process, cutting modes, main drive, spindle, drill, drill head, conductor

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Характеристика об'єкту виробництва, його службового призначення, аналіз технічних умов на виготовлення.....	9
1.2 Огляд та аналіз пристроїв для свердління отворів.	10
1.2.1 Особливості процесу свердління (процес різання, інструмент).....	10
1.2.2 Пристрої та оснащення для свердління отворів.....	11
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	19
2.1 Опис конструкції та службового призначення деталі виробу для проектування технологічного процесу механічної обробки. Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь.	19
2.2 Характеристика матеріалу деталі	22
2.3 Визначення типу виробництва	23
2.4 Вибір і обґрунтування методу одержання заготовки.....	24
2.5 Розробка маршрутного технологічного процесу	32
2.5.1 Вибір технологічного обладнання і оснащення	35
2.5.2 Визначення між операційних припусків і проміжних розмірів	35
2.5.3 Розробка операційної технології.....	36
2.5.4 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірного інструменту	39
2.5.5 Розрахунок режимів різання.....	39
2.5.6 Розрахунок технічних норм часу.	42
2.6 Обґрунтування вибраного оснащення на операцію	48
2.6.1 Призначення, будова і принцип роботи пристосування	48
2.6.2 Вибір схеми базування і розрахунок похибки базування	49
2.6.3 Розрахунок сили затиску	50

					<i>КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Оліховський</i>			<i>Зміст</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Кодельник</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кодельник</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Крцпа</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Аркушів</i>
							<i>5</i>
							<i>122</i>
						<i>ТНТУ ім.І.Пулюя, ФМТ МВС-4 1</i>	

3.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	52
3.1 Аналіз схем формоутворення	52
3.2 Аналіз даних на проект.....	56
3.3 Розрахунок режимів різання	58
3.4 Кінематичний розрахунок коробки швидкостей	60
3.5. Розробка конструкції приводу, та її розрахунок.....	66
3.5.1 Кінематичний розрахунок приводу	66
3.5.2 Розрахунок зубчастих передач.....	67
3.5.3 Розрахунок валів.....	74
3.5.4 Вибір і розрахунок підшипників.....	82
3.5.5 Розрахунок шпонкового з'єднання	83
3.6. Опис системи керування	86
3.7 Опис системи змащення	87
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	88
4.1 Характеристика виробничої ділянки з точки зору охорони праці та заходи по покращенню умов праці.	88
4.2 Розрахунок освітлення.....	93
ВИСНОВКИ	98
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	100

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Машинобудування — найбільш складна і різноманітна галузь промисловості, яка виробляє машини та верстати, прилади та агрегати, різноманітні механізми промислового, побутового і військового призначення, обладнання для наукових досліджень.

Машинобудування слугує базовою галуззю промисловості України, від якої залежать опозитні галузі економіки та стабільність їх функціонування.

Машинобудування України виникло ще в середині XIX ст. Наявність металу, вигідне транспортно-географічне розташування, зокрема вихід до узбережжя Чорного та Азовського морів, висока концентрація сільськогосподарського виробництва сприяли розвитку тут важкого, транспортного і сільськогосподарського машинобудування.

Найпотужнішими підприємствами машинобудування України є: «Азовмаш» (м. Маріуполь); ДП «Завод “Електроважмаш”» (м. Харків); «Кременчуцький автомобільний завод»; «Львівсільмаш»; «Львівський автобусний завод»; «Нікопольський кранобудівний завод»; «Південний машинобудівний завод» (м. Дніпро); «Полтавський турбомеханічний завод»; «Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання»; «Турбоатом» (м. Харків); «Харківський завод тракторних двигунів»; «Харківський тракторний завод»; «Херсонський машинобудівний завод» та ін.

На сьогоднішній день, машинобудування виступає не лише як "лакмусовий папірець" розвитку держави, але й як ключовий стовп, на якому ґрунтується її технічний і промисловий прогрес. Машинобудування не просто створює значну кількість робочих місць, але і формує економічну ситуацію та забезпечує безпеку держави, як економічну так і на соціальному та оборонному рубежі.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ		
Розроб.		Оліховський					
Перевір.		Кодельник					
Реценз.							
Н. Контр.		Кодельник					
Затверд.		Крица					
					Літ.	Арк.	Архиві
						7	122
					ТНТУ ім.І.Пулюя, ФМТ МВС-4 1		

Ця галузь виступає фундаментом промисловості. машинобудування створює засоби виробництва для інших галузей таких як:

- Текстильна промисловість: виробництво швейних машин і розкрійних агрегатів, що мають важливе значення для текстильної галузі.
- Сільське господарство: Розробка та виробництво комбайнів, тракторів, плугів, культиваторів і оприскувачів допомагають підвищувати продуктивність в сільському господарстві.
- Харчова промисловість: виробництво кутерів, шприців, самогонних апаратів та іншого обладнання, яке використовується у виробництві та переробці продуктів харчування.
- Оборонна промисловість: Важлива роль у виробництві танків, літаків, бронемашин, ракет, зброї, набоїв та боєприпасів допомагає забезпечити національну безпеку та оборону.
- Транспортна галузь: Машинобудування визначає розвиток автомобілів, причепів, локомотивів, вагонів і систем залізничного транспорту, що впливає на транспортну інфраструктуру держави.

Це лише кілька прикладів того, як машинобудування впливає на різні сектори економіки. Загалом, машинобудування виступає драйвером інновацій, технологічного прогресу і підвищення якості життя. Ця галузь не лише створює матеріальні цінності, але є важливою у нашому повсякденному житті.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єкту виробництва, його службового призначення, аналіз технічних умов на виготовлення

Компресор — це пристрій, призначений для стискання газу. Основна функція компресора полягає в збільшенні тиску та зменшенні об'єму робочого середовища, що перебуває в його робочій камері. Це досягається за рахунок збільшення кількості молекул газу в обмеженому просторі, що призводить до підвищення тиску

Розрізняють за принципом роботи: поршневі, ротаційні, лопатеві (відцентрові, осьові) і струминні компресори

Поршковий компресор - це тип компресора, який використовує поршень який забезпечує зворотньо поступальний рух за допомогою кривошипно-шатунного механізму для створення стиску в робочому середовищі (наприклад, газі чи повітрі). Основні компоненти поршневого компресора включають корпус, циліндр, поршень, колінвал, кривошипно шатунний механізм, клапани та систему змащення

Компресори даного типу широко застосовуються в машинобудуванні, енергетичному обладнанні, автомобілебудуванні, хімічній промисловості, холодильній та криогенній техніці.

Поршкові компресори зворотно-поступальної дії вважають найбільш давнім поширеним типом. Компресію створюють за рахунок зменшення об'єму газу під час руху поршня в циліндрі. Всмоктувальні та нагнітальні клапани працюють під дією перепаду тиску, що виникає між циліндром компресора і тиском у трубопроводі при руху поршня. У поршкових компресорах є повітряне та/або рідинне охолодження.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Оліхавський			ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА		
Перевір.		Кодельник					
Реценз.							
Н. Контр.		Кодельник					
Затверд.		Крцпа					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						9	122
					ТНТУ ім.І.Пулюя, ФМТ МВС-4 1"		

Деталь «Корпус 40012.12.02» слугує у виробі “Компресор” опорою для встановлення кулькових підшипників, для встановлення, базування колінчатого валу компресора з подальшим забезпеченням його обертання за відповідною точністю та законом руху.

1.2 Огляд та аналіз пристроїв для свердління отворів.

1.2.1 Особливості процесу свердління (процес різання, інструмент)

Свердління як процес, слугує для створення отворів у цільному матеріалі деталі, або росвердлюванні вже існуючих отворів. Цей процес є доволі складним, та включає у себе багато різноманітних факторів. Такі як: змінність швидкості різання, переднього і заднього кутів та неоднорідністю пластичної деформації зрізуваного шару вздовж головної різальної кромки (ГРК); ускладненістю доступу мастильно-охолоджувальних технологічнихт серидовищ (МОТС) до ГРК; відносно невисокою міцністю свердл малих діаметрів на поздовжній згин; процесом “скобління” перемичкою свердла оброблюваного матеріалу; високочастотними крутильними коливаннями свердла; основні параметри різання; свердло його тип; глухий чи наскрізний отвір, жорсткість свердлильного верстату[15], [16], [17], [18], [19].

Сили різання при свердлінні є надважливими факторами які необхідно розрахувати для проектування інструменту та обладнання, зокрема осьова сила різання. Найбільша частина осьової сили доводиться на перемичку ($R_p = 60\%$), на ріжучу кромку близько ($R_x = 40\%$) і найменша - на допоміжну кромку. Осьова сила протидіє руху подачі. По ній розраховують на міцність деталі механізму подачі верстата. При великих співвідношеннях довжини свердла до діаметру осьова сила викликає поздовжній вигин свердла як жорстко закріплений стрижень. [20]

Що стосується процесу свердління наскрізних отворів, зокрема певних його особливостей, то це питання в науковій літературі висвітлено набагато вужче. Із вітчизняних і закордонних джерел відомо, що при свердлінні

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

наскрізних отворів при виході інструмента із тіла заготовки можуть мати місце два суттєві негативні фактори: ймовірність руйнування інструмента та утворення задирок. Одним із рекомендованих способів зменшення впливу цих негативних явищ є зменшення подачі як по всій глибині свердління наскрізного отвору, так і на етапі виходу інструмента з тіла заготовки. [19]

1.2.2 Пристрої та оснащення для свердління отворів

Частково питання свердління наскрізних отворів із забезпеченням зменшення подачі на етапі виходу інструмента з тіла заготовки розглянуто в плані створення реальних кінематичних схем свердління і технологічного оснащення для їх реалізації. Проте це не вирішує остаточного комплексу питань, що виникають при свердлінні наскрізних отворів із забезпеченням регулювання подачі. [22],

У зв'язку з цим дослідження процесу свердління наскрізних отворів шляхом регулювання подачі особливо на виході інструмента з тіла заготовки з метою забезпечення підвищення ефективності обробки є, безперечно, актуальною задачею. [23] При свердлінні наскрізних отворів виникають пружні деформації (переміщення) деталей механізмів головного руху і подач, в результаті чого накопичується потенціальна енергія, яка при виході інструмента із тіла заготовки спричиняє різке збільшення подач S (в 1,4...1,85 рази) і, як наслідок, зростання крутного моменту, що є однією із причин поломок свердл. Для недопущення такого явища при свердлінні наскрізних отворів в автоматичному режимі, подачу рекомендують зменшувати на 10...25%, а у деяких випадках в 1,35...1,6, і навіть у 2 рази по відношенню до величини подачі [24], яку призначають при свердлінні глухих отворів. Таке зменшення подачі на всій глибині свердління призводить до значного збільшення основного часу (t_0) і трудомісткості операції, суттєвого збільшення шляху різання та зменшення періоду стійкості свердл, і в кінцевому рахунку до зниження ефективності обробки. З метою усунення або послаблення впливу таких негативних факторів, використовують пристрої, які забезпечують зміну

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

(зменшення або збільшення) подачі свердла тільки при виході його із заготовки. [25] Аналіз конструкцій і принципів роботи відомих пристроїв для зміни (зменшення) подачі при виході свердла із заготовки показує, що вони мають ряд недоліків, які з одного боку знижують технологічні можливості вертикально-свердлильних верстатів (ВСВ) (наприклад, зменшують робочу зону верстата), а з другого – створюють додаткові зусилля на конструктивні елементи коробок швидкостей і подач верстата, що призводить до необхідності невиправданого використання ВСВ більших типорозмірів і потужностей. [19] На рисунку подано принципову схему зміни подачі свердла в залежності від технології свердління.

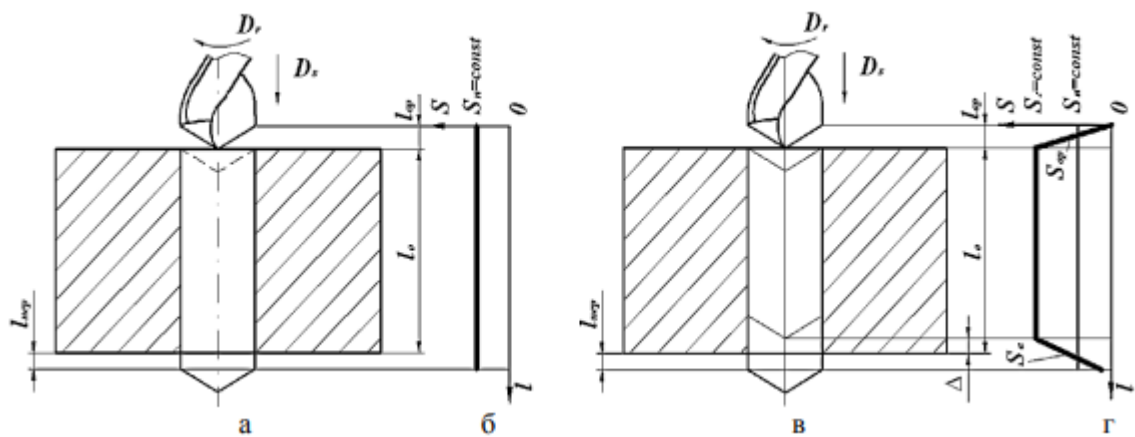


Рис. 1.1. Схеми різання і зміни подач при свердлінні наскрізних отворів: а, б – за традиційною технологією; в, г – за запропонованою технологією

1.2.2.1 Кондуктори для свердління

Кондуктр це пристрій який додатково базує свердло в момент врізання в попередньо не закернену заготівку. Коли свердло врізалось на певну величину, воно базується за допомогою попередньо просвердленого отвору, Кондуктор зменшує трудомісткість свердлильних операцій, та збільшує точність позиціонування отворів. Відповідно точність і самих отворів зростає.

Існує багато конструкцій кондукторів такі як: Нерухомі постійні, зі змінними втулками, швидкозмінні, та кондукторні втулки що обертаються[35] пат.33445

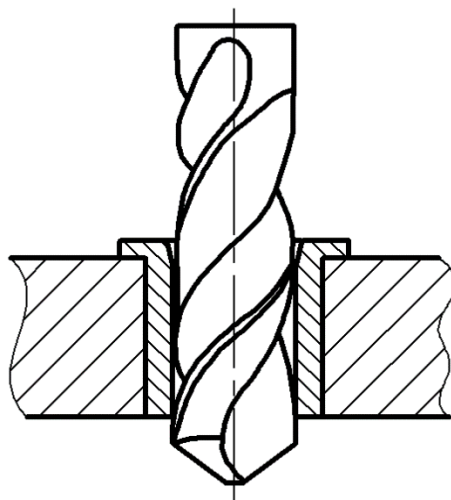


Рис.1.2 Нерухома кондукторна втулка

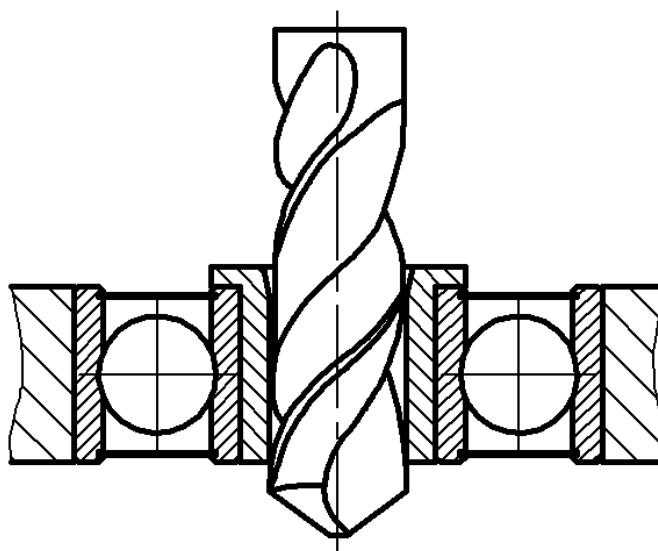


Рис.1.3 Кондукторна втулка що обертається

1.2.2.2 Патрони та пристрої для свердління

Згідно описаної проблеми в п(1,3,2) створено та запатентовано пристрій для свердління наскрізних отворів [38]. Пат 77698.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де графічно зображений пристрій для свердління наскрізних отворів у вихідному положенні - на рис. 1 (головний вигляд) і у положенні при встановленому процесі свердління, до початку виходу свердла із тіла заготовки - рис. 2.

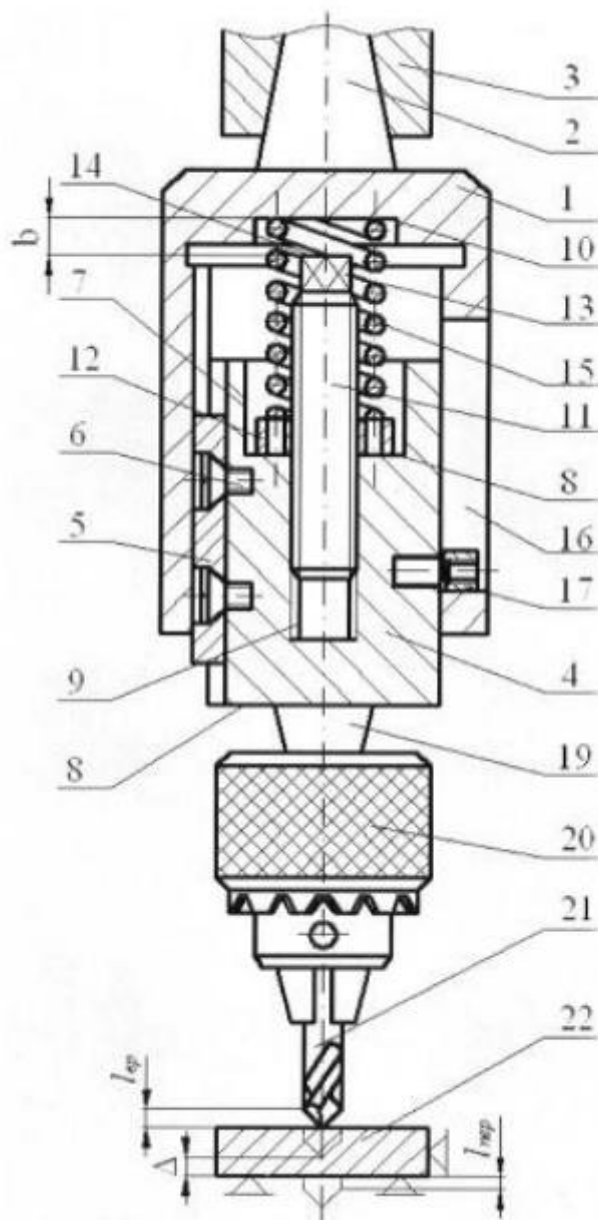


Рис 1.4.

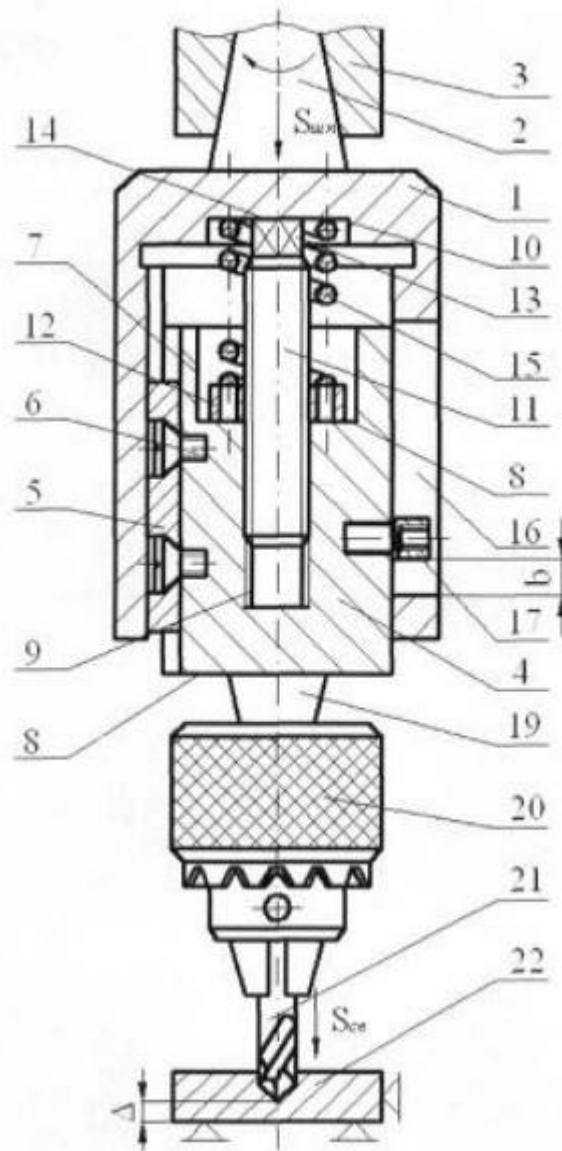


Рис.1.5.

Пристрій для свердління наскрізних отворів, який містить чашкоподібний циліндричний корпус, на верхньому торці якого розміщений конус, що спряжений зі шпинделем свердлильного верстата і охоплює встановлену в чашкоподібному циліндричному корпусі додаткову 3 чашкоподібну втулку та пружний елемент у вигляді циліндричної пружини, розміщений між дном чашкоподібного циліндричного корпуса і дном додаткової чашкоподібної втулки, на нижньому торці якої виконаний конус, на якому встановлений свердлильний патрон із закріпленням у ньому свердлом, який відрізняється тим, що додаткова чашкоподібна втулка виконана у вигляді 5 повзуна, спряженого за допомогою шпонкового з'єднання із чашкоподібним

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

циліндричним корпусом, у верхній частині якого виконана циліндрична виточка, у дні якої є різьбовий отвір із загвинченим у нього штоком, виконаним з можливістю регулювання його положення відносно дна чашкоподібного циліндричного корпусу, зафіксованим стопорною гайкою, а у верхній частині цього штока виконана багатогранна призма під ключ, пружний елемент встановлений із 10 зазором на шток, а взаємне розміщення повзуна і чашкоподібного циліндричного корпусу забезпечує обмежувальний механізм у вигляді виконаного у циліндричній стінці чашкоподібного циліндричного корпусу наскрізного паза, в який встановлений циліндричний палець з різьбовим кінцем, з'єднаним із різьбовим радіальним отвором у повзуні. Ссв .

Позаяк при досвердлюванні наскрізного отвору за рахунок зменшення зусилля, яке створює пружний елемент 15, подача по відношенню до значення при встановленому процесі свердління зменшується, то це запобігає при виході свердла 21 із тіла оброблюваної заготовки 22 перевантаженню свердла 21 і приводу подач свердлильного верстата, і при цьому зменшується величина задирок при обробці пластичних матеріалів та величина сколів країв отворів при обробці крихких матеріалів. При повному виході свердла 21 із отвору оброблюваної заготовки 22 пружний елемент 15 повертається у вихідне положення і знаходиться в попередньо zdeформованому стані, повзун 4 розміщений в крайньому нижньому положенні відносно чашкоподібного циліндричного корпусу 1, а віддаль b знову набуває початкової величини. Піноль зі шпинделем 3 свердлильного верстата і пристроєм для свердління наскрізних отворів відводиться у вихідне положення, а свердління наступних отворів здійснюється аналогічно до вищенаведеного. Таким чином запропонований пристрій для свердління наскрізних отворів запобігає перевантаженню свердла і приводу подач свердлильного верстата в загальному, сприяє зменшенню величин задирок на виході із отвору при обробці пластичних матеріалів і сколів країв отворів при обробці крихких матеріалів, а також дає змогу скоротити час врізання.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.2.3 Свердлильні головки

Свердлильні головки за принципом роботи, збільшують кількість шпинделів верстату з подальшим їх позиціонуванням. Що дозволяє значно підвищити продуктивність праці. Згідно поставлених завдань, свердлильні головки можуть мати від 2 до 22 шпинделів. Схема влаштування свердлильної головки подано на рисунку..

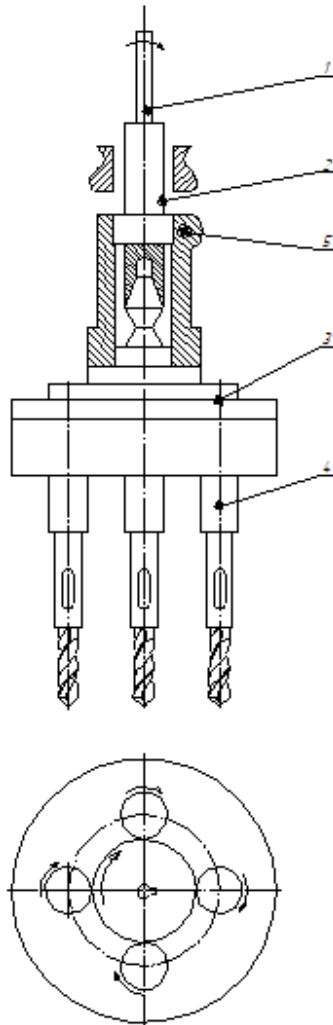


Рис.1.6 Схематичне зображення свердлильної головки

Передача обертового моменту здійснюється від шпинделя свердлильного верстату 1, через прехідну втулку 2 на зубчате колесо z_1 , яке в свою чергу через зубчате зачеплення передає крутний момент на шпинделя головки. Фіксація свердлильної головки здійснюється через хомут 5 на пінолі верстату. Замок жорстко загвинчений до корпусу свердлильної головки 3.

В наведений схемі для встановлення правих свердл, необхідно вмикати реверс двигуна верстату. У складніших схемах де неможливо забезпечити одностороннє обертання свердл, використовуються праві та ліві свердла.

Використання свердлильних головок значною мірою дозволяє заощадити час на обробку, використати менше обладнання та скоротити кількість операцій.

					<i>КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис конструкції та службового призначення деталі виробу для проектування технологічного процесу механічної обробки. Аналіз технічних вимог на оброблювану деталь.

Деталь “Корпус” 22.КП.40012 входить у комплектацію вузла “Компресор”, що у відповідності із класифікатором ЄСКД [13], деталь “Корпус” 22.КП.40012, відноситься до класу 71 – тіла обертання.

До основних поверхонь даної деталі належать наступні поверхні: торець 42h14_(-0,4); Ra12,5; циліндрична поверхня $\varnothing 60d9^{(-0,056)}_{(-0,186)}$; Ra6,3 призначена для точного позиціювання деталі у вузлі; Отвори $\varnothing 35H8$; Ra3,2 призначені для встановлення підшипників ; Різи М4-7Н; l=8; $\varnothing 42\pm 0,1$; Ra12.5 призначені для кріплення кришки до обойми болтами; Отвори $\varnothing 6,5H14^{(+0,52)}$; $\varnothing 70H14^{(+0,62)}$; l=8; для з’єднання болтами деталі “Корпус” 22.КП.40012 з вузлом; Всі наступні поверхні є другорядними.

Здійснивши технологічний аналіз креслення з позиції точності і шорсткості, точності форми та розташування, нумеруємо поверхні деталі номерами (рис. 1.1) та аналізуємо технічні вимоги на виготовлення поверхонь. Результати аналізу зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість, мкм
1	2	3	4
1,2	Торці 56h14	14	Ra 6,3

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Оліховський			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Кодельник								19	122
Реценз.								ТНТУ ім.І.Пулюя, ФМТ МВС-41			
Н. Контр.		Кодельник									
Затверд.		Крцпа									

Продовження таблиці 2.1

3,4	Циліндрична поверхня $\varnothing 35H8^{+1,3}$	8	Ra1,6
5	Циліндрична поверхня $\varnothing 60d9_{-1,3}$	9	Ra 6,3
6	Циліндрична поверхня $\varnothing 84h14$	14	Ra12,5
7	Отвір $\varnothing 28H14 L=56$	14	Ra12,5
8	Торець 42h14	14	Ra 3,2
9	Канавка $\varnothing 36 H14$	14	Ra12,5
10	Торець 12 H14	14	Ra 6,3
11	Торець 19 H14	14	Ra 6,3
12	Торець 34H14	14	Ra12,5
13	Торець 48H14	14	Ra12,5
14	Циліндрична поверхня $\varnothing 50 H14$	14	Ra12,5
15	Конічна поверхня $\varnothing 42$ кут 41 градус	14	Ra12,5
16,17,18, 19	Фаска $1 \times 45^\circ$	14	Ra12,5
20,21,22, 23	Отвори $\varnothing 6,5 L=6$	14	Ra12,5
24.25.26. 27	Різи M5-7H	14	Ra12,5
28.29.30. 31	Фаски $0,6 \times 45^\circ$	14	Ra12,5
32	Канавка $\varnothing 36, B=4$	14	Ra12,5
33,34	Фаска $1 \times 45^\circ$	14	Ra12,5

2.2 Характеристика матеріалу деталі

Деталь “Корпус” 22.КП.40012 виготовляється з матеріалу СЧ 21-40

ДСТУ 8833:2019 згідно креслення деталі.

Далі подаємо хімічний склад та фізичні властивості матеріалу згідно [26]
С. 181 та ДСТУ 8833:2019.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад човуну СЧ 21-40 ДСТУ 8833:2019, у %

Сірий човун	Склад, %			
	С	Si	Mn	хром, не більше
21-40	3,0...3,3	1,3...1,7	0,8...1,2	0,3

Таблиця 2.3 – Механічні властивості СЧ 21-40 ДСТУ 8833:2019

Чавун	Границя міцності на розтяг , МПа	Границя міцності на згин, МПа	Границя міцності на стиск, МПа	Стріла прогину, між опорами 300 і 600, мм	Твердість за Брінелем НВ	Густина, кг/м ³
21-40	206	392	735	9/3	170-241	7100

В промисловості даний матеріал застосовується для виготовлення виливків головок та блоків циліндрів вихлопних труб, маховиків, фундаментальних рам, картерів, кришок робочих циліндрів, блоків та інших відповідальних деталей в двигунах внутрішнього згорання; У варстатобудуванні зокрема для виробництва: станин верстатів, розмічувальних плит, гідроциліндрів, блоків клапанів, шестерень, шківів, верстатів та інших значно навантажених деталей у машинобудуванні; виливок деталей трубопровідної арматури та приводних пристроїв до неї; частин литих трубопроводів.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва встановлюємо виходячи з програми випуску передбаченої завданням $N = 3600$ шт. і маси деталі $m = 0,68$ кг

За рекомендаціями попередній тип виробництва – середньосерійний.

Нижче подані організаційно-технологічні характеристики середньосерійного типу виробництва:

- Організація виробничого процесу – предметно-потокова;
- Повторюваність партій (серій) – по ходу технологічних процесів;
- Деталізація технологічних процесів – більш детальні маршрутно-операційні і операційні технологічні процеси. Для обладнання з ЧПК – докладні;
- Технологічне обладнання – універсальне, спеціальне, верстати з ЧПК;
- Технологічне оснащення – універсальні, спеціалізовані і збірно-розбірні пристрої;
- різальний інструмент – універсальний і спеціалізований;
- вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент;.
- Об'єм оптимальної партії деталей визначаємо за формулою:

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

- де $N=3600$ шт - річна програма випуску;
- $a=10$ днів - необхідний запас деталей на складі;
- $F=250$ днів - число робочих днів в році, при наявності 2^x днів відпочинку в тиждень.
- Отже величини оптимальної партії складає:

$$n = \frac{3600 \cdot 10}{250} = \approx 144 \text{ шт}$$

Що відповідає загальноприйнятому середньосерійному виробництву.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2.4 Вибір і обґрунтування методу одержання заготовки

Питання про доцільність методу виробництва заготовки на теперішній стадії проектування може бути вирішене наступним чином:

- 1) техніко-економічним обґрунтуванням вибору заготовки;
- 2) розрахунком коефіцієнта використання матеріалу.

Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки. Відповідно до рекомендацій в роботі порівнюємо два метод отримання заготовки :

- 1 метод - лиття в пісчані форми з ручним формуванням
- 2 метод - лиття в пісчані форми з машинним формуванням

Визначаємо клас точності і ряд припусків на механічну обробку відливка [26].

Для 1 методу приймаємо: 11 клас точності розмірів, 4 ряд припусків.

Для 2 методу варіанту приймаємо: 7 клас точності розмірів, 2 ряд припусків.

Допуски лінійних розмірів згідно [26]. Загальні припуски згідно [26].

Ескізи деталей для двох методів, з наведеними припусками подаємо в (рис. 2.1 та рис. 2.2).

Встановлені загальні табличні припуски заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Загальні припуски і розміри заготовки

Оброблювана поверхня	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) Лиття в пісчані форми з ручним формуванням				
1, 2	Ra6,3	4	2.4*2=4.8	60.8±2
13	Ra12,5	4	2.4	50.4±2
8	Ra3,2	4	2.4	44.4±2 На кресленні 46,8±2
6	Ra12,5	4.4	2.6 × 2 = 5.2	Ø89.2±2.2
5	Ra6,3	4	3 × 2 = 6	Ø66±2
15	Ra12,5	4	2.4 × 2 = 4.8	Ø46.8±2
7	Ra12,5	4.4	3.2 × 2 = 6.4	Ø21.6±2.2

2) Лиття в пісчані форми з машинним формуванням				
1,2	Ra6,3	1	$1.4 \times 2 = 2.8$	58.8 ± 0.5
13	Ra12,5	1	1.3	49.3 ± 0.5 На кресленні 50.7 ± 0.5
8	Ra12,5	1	1.3	43.3 ± 0.5 На кресленні 44.7 ± 0.5
6	Ra12,5	1.1	$1.4 \times 2 = 2.8$	$\varnothing 86.8 \pm 1.4$
5	Ra12,5	1	$0.8 \times 2 = 1.6$	$\varnothing 61.6 \pm 0.5$
15	Ra12,5	1	$1.4 \times 2 = 2.8$	$\varnothing 44.8 \pm 0.5$
7	Ra2,5	0.9	$1.4 \times 2 = 2.8$	$\varnothing 25.2 \pm 0.45$

Для розрахунку маси заготовки, необхідно визначити її розміри. Для визначення розмірів заготовки визначаю табличним методом загальні припуски на механічну обробку. Для визначення розмірів і об'єму заготовки, згідно отриманих даних, зазначених в табл. 2.1, викреслюємо ескізи заготовок по двом варіантам методів виробництва заготовки (рис. 2.1, рис. 2.2).

					<i>КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

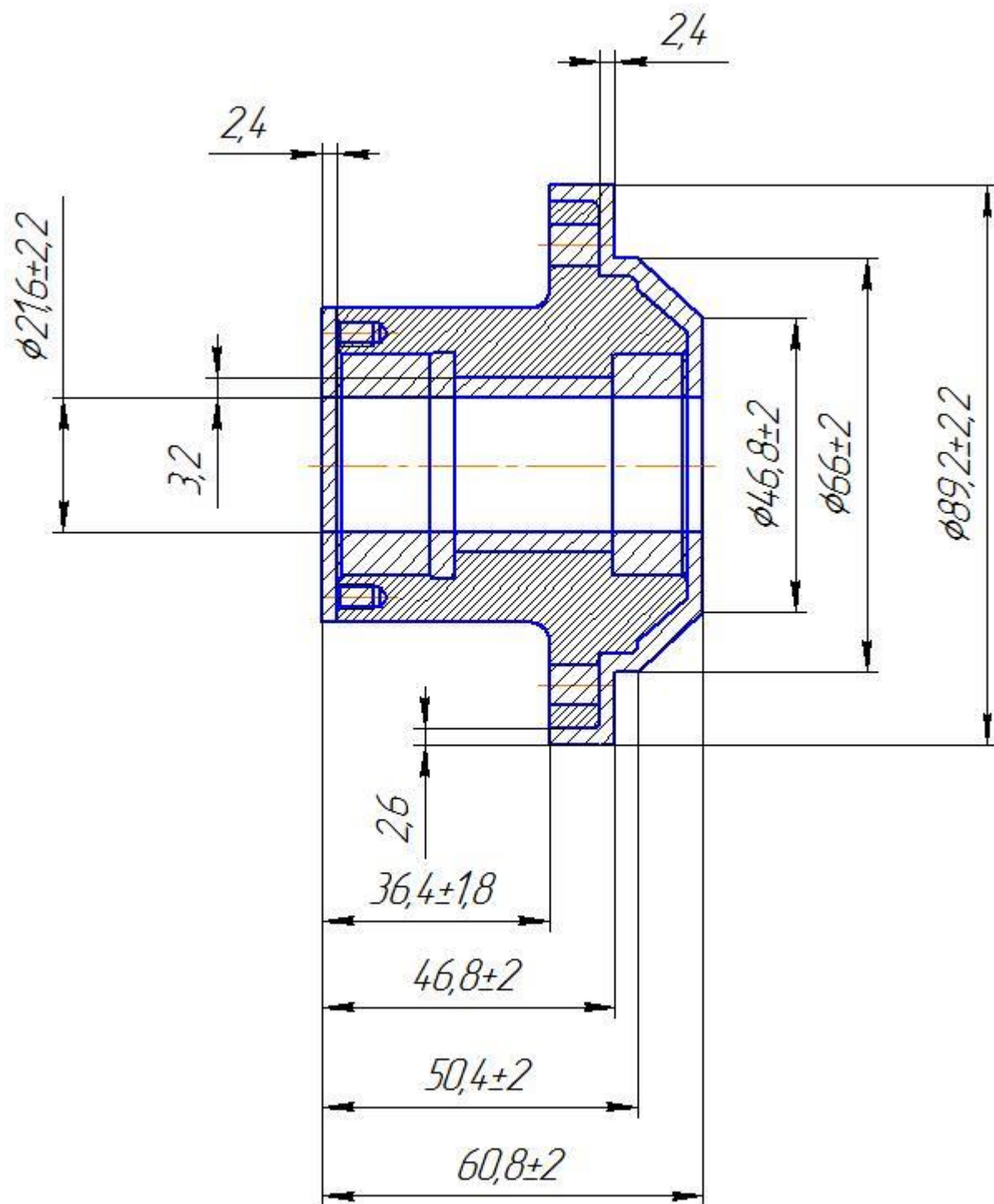


Рис 2.1 – Ескіз заготовки отриманий за першим методом лиття

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

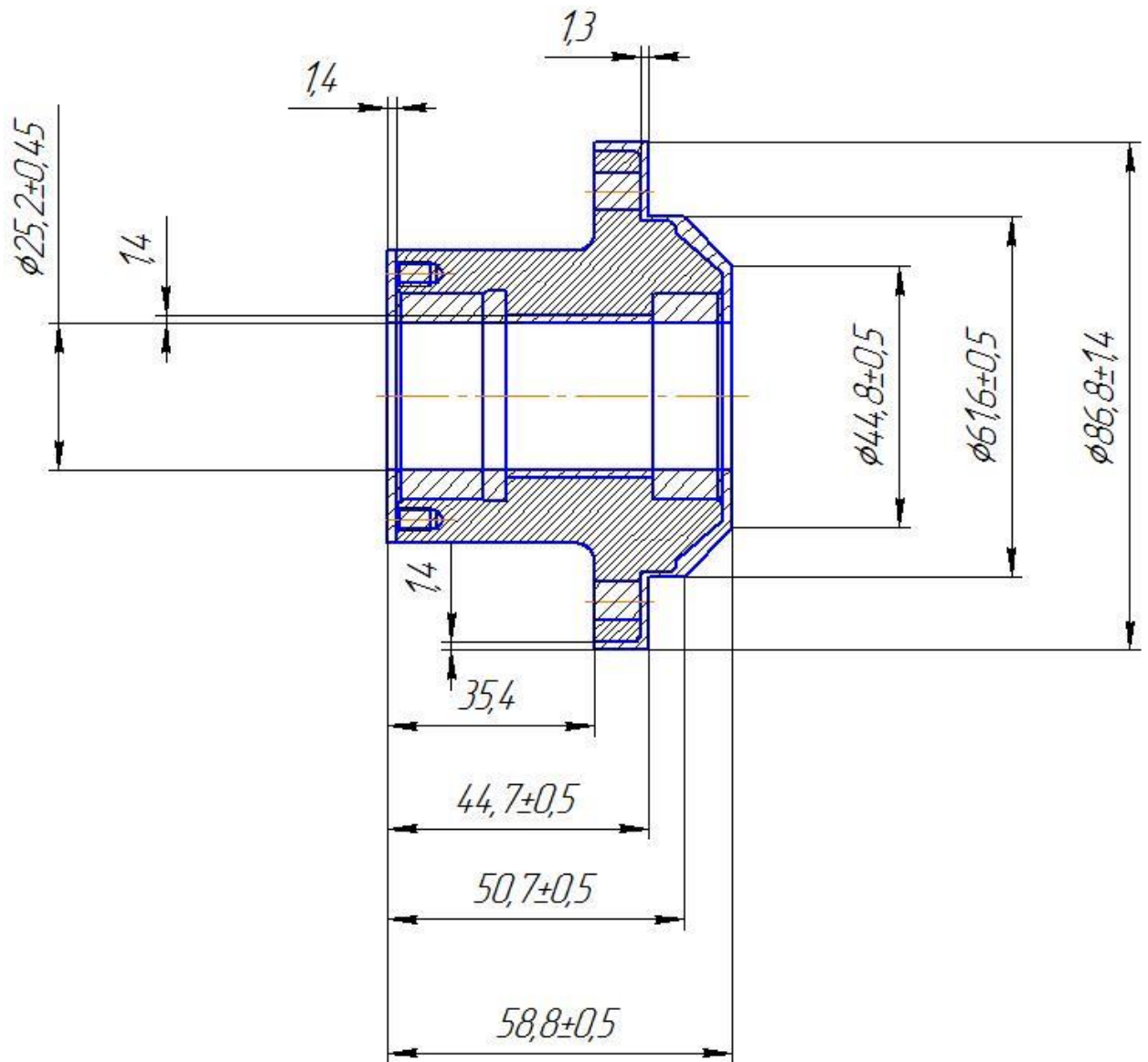


Рис 2.2 – Ескіз заготовки отриманий за другим методом лиття

Виразуємо об'єм заготовки який виливається в першому методі.

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 50^2}{4} \cdot 36,4 = 71436 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 89,2^2}{4} \cdot 10,4 = 64958 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 66,2^2}{4} \cdot 14 = 38918 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot 21,6^2}{4} \cdot 60,8 = 22268 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{заг1}} = V_1 + V_2 + V_3 - V_4 = 71436 + 64958 + 38918 - 22268 = 153044 \text{ мм}^2 = 153,044 \text{ см}^2.$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Вираховуємо об'єм заготовки який виливається в другому методі.

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 50^2}{4} \cdot 35,4 = 69472,5 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 86,8^2}{4} \cdot 9,3 = 55003 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 61,6^2}{4} \cdot 15,4 = 36396,5 \text{ мм}^3$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot 25,2^2}{4} \cdot 58,8 = 29312 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{заг1}} = V_1 + V_2 + V_3 - V_4 = 69472,5 + 55003 + 36396,5 - 29312 = 131560 \text{ мм}^2 = 131,056 \text{ см}^2.$$

Визначаємо маси заготовок по приведеним варіантам за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = V_{\text{заг}} \cdot \rho \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{заг}} = V_{\text{заг}} \cdot \rho \quad (2.4)$$

де $V_{\text{заг}}$ – об'єм заготовки.

ρ – густина матеріалу (СЧ21-40 ДСТУ 8833-2019)

$$\rho = 7,1 \text{ г/см}^3$$

$$Q_1 = 153,044 \cdot 7,1 = 1086,61 \text{ г} = 1,09 \text{ кг}$$

$$Q_1 = 131,056 \cdot 7,1 = 934 \text{ г} = 0,94 \text{ кг}$$

Визначаємо собівартість заготовок за формулою:

$$C_{\text{заг2}} = \left(\frac{C_6 \cdot Q \cdot K_{\text{п}}}{1000} \right) - (Q - q) \cdot \frac{C_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.5)$$

де $C_6 = 1410 \text{ USD/тонн}$ (станом на 29.01.2024) по курсу НБУ – 54000 грн/тонн – Вартість литва чавуну;

$C_{\text{відх.}} = 6000 \text{ грн/тонн.}$ (станом на 29.01.2024) – вартість човунного металобрухту ;

$$K_{\text{п}} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 \quad (2.6)$$

Визначаємо корегувальний коефіцієнт для методу лиття в пісчані форми з ручним формуванням.

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує точності розмірів [12];

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_2 = 1,19$ – коефіцієнт, що враховує конструктивну та технологічну складність [12];

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу [12];

$K_4 = 1,18$ коефіцієнт, що враховує програму річного замовлення виливок та масу виливків [12];

$Q_1 = 1,09$ кг – маса заготовки;

$q = 0,680$ кг – маса деталі.

$$K_{\Pi} = 1,0 \cdot 1,19 \cdot 1,0 \cdot 1,18 = 1,4$$

Визначаємо коригувальний коефіцієнт для методу лиття в пісчані форми з машинним формуванням.

$K_1 = 1,32$ – коефіцієнт, що враховує точність розмірів [12];

$K_2 = 0,81$ – коефіцієнт, що враховує конструктивну та технологічну складність [12];

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу [12];

$K_4 = 1,18$ – коефіцієнт, що враховує програму річного замовлення виливок та масу виливків [12];

$Q_1 = 0,94$ кг – маса заготовки;

$q = 0,680$ кг – маса деталі.

$$K_{\Pi} = 1,32 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 1,18 = 1,26$$

Визначаємо собівартості заготовок за формулою (2.5):

$$C_{\text{заг}2} = \left(\frac{56\,000 \cdot 1,09 \cdot 1,4}{1000} \right) - (1,09 - 0,68) \cdot \frac{6000}{1000} = 83 \text{ грн};$$

$$C_{\text{заг}2} = \left(\frac{56\,000 \cdot 0,94 \cdot 1,26}{1000} \right) - (0,94 - 0,68) \cdot \frac{6000}{1000} = 75,35 \text{ грн}$$

Визначаємо собівартість деталі як суму технологічної собівартості заготовки $C_{\text{заг},i}$ і собівартості механічної обробки $C_{\text{м.о.}}$:

$$C_{\text{д}} = C_{\text{заг}} + C_{\text{м.о.}} \quad (2.7)$$

де $C_{\text{д}}$ – собівартість деталі, грн;

$C_{\text{заг}}$ – собівартість заготовки, грн;

$C_{\text{м.о.}}$ – собівартості механічної обробки, грн.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення собівартості механічної обробки зводиться до визначення затрат на перетворення припуску на механічну обробку, в стружку:

$$C_{\text{м.о.}} = C_{\text{стр.}} \cdot (Q - q) \quad (2.8)$$

де $C_{\text{стр.}}$ – затрати на механічну обробку, у відповідності до 1кг відходів (стружки) згідно до якої галузі машинобудування, проектується технологічний процес.

Враховуючи інфляційні процеси табличне значення затрат на механічну обробку $C_{\text{стр.}} = 1500 \text{ грн/т} = 1,5 \text{ грн/кг}$ для загального машинобудування згідно таблиці [26] необхідно помножити на коефіцієнт інфляції $k = 25$. Тоді, затрати на механічну обробку для загального машинобудування будуть складати: $C_{\text{стр.}} = 1,5 \cdot 25 = 37,5 \text{ грн/кг}$.

Визначаємо собівартість механічної обробки першого типу заготовки, підставляючи значення у вираз (2.8):

$$C_{\text{м.о.}} = 37,5 \cdot (1,09 - 0,68) = 15,375 \text{ грн}$$

Визначаємо собівартість механічної обробки другого типу заготовки, підставляючи значення у вираз (2.8):

$$C_{\text{м.о.}} = 37,5 \cdot (0,94 - 0,68) = 11,25 \text{ грн}$$

Визначаємо технологічну собівартість деталей по приведеним варіантам згідно формули (2.7):

– Литво в пісчану форму з ручним формуванням:

$$C_{\text{д1}} = 83 + 15,375 = 98,37 \text{ грн}$$

– Литво в пісчану форму з машинним формуванням:

$$C_{\text{д2}} = 75,35 + 11,25 = 86,6 \text{ грн}$$

Висновок: Провівши порівняння результатів розрахунків собівартості деталей, робимо висновок, що заготовка отримана шляхом литва в пісчану форму з машинним формуванням є дешевшою, та для прийнятої серійності є рекомендованою.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір заготовки по коефіцієнту використання матеріалу

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу для двох методів виробництва ливарних заготовок згідно формули:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q} \quad (2.9)$$

де $q = 0.68$ кг – маса деталі;

Q_i – маса заготовок $Q_1 = 1.09$ кг; $Q_2 = 0.94$ кг.

– Литво в пісчану форму з ручним формуванням:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0.68}{1.09} = 0.62$$

– Литво в пісчану форму з машинним формуванням:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0.68}{0.94} = 0.72$$

Висновок: Порівнявши отримані значення коефіцієнтів використання матеріалу з рекомендованими значеннями для заготовок відливків, що складає– 0,65...0,80. Робимо підсумок що отримані значення які ми обрахували, для методу виливки в пісчані форми з машинним формуванням входять в рекомендовані межі, і є доцільнішими з трудомісткої та економічної точки зору.

Для фінішного прийняття рішення щодо вибору метода отримання заготовки в умовах середньосерійного типу виробництва дані попередніх обрахунків зводимо у порівняльну таблицю 2.5.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл 2.5 – Порівняльна таблиця

Назва позиції	Перший варіант	Другий варіант
Вид заготовки	Литво в пісчану форму з ручним формуванням	Литво в пісчану форму з машинним формуванням
Собівартість деталі, грн.	98,37	86,6
К _{в.м.}	0,62	0,72

Висновок: Проаналізувавши остаточно, ми дійшли до висновку що литво в пісчану форму з машинним формуванням є перспективнішою та вигіднішою ніж литво в пісчану форму з ручним формуванням, через дрібніші припуски (К_{в.м.} відповідає значенню - 0,72), відповідно меншу вартість механічної обробки. Таким чином, другий варіант заготовки є привабливішим і відповідно до цього приймаємо саме його для подальшої розробки технологічного процесу

2.5 Розробка маршрутного технологічного процесу

Розділ розробляємо за нижче наведеним планом:

1) оглядаємо поверхні заготовки, розділяємо які підлягають обробці, а які є необроблюваними.

2) потім для кожної з поверхонь намічаємо методи і стадії обробки, які забезпечують виконання технічних вимог та точності цих поверхонь, згідно таблиць економічно вигідної точності, що приводяться в додатках до [26].

Результати роботи по розділу зводимо в таблицю 2.3.

Табл 2.6 – Методи і маршрути обробки поверхонь деталі

№ пов.	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	3	4	5	6
1,2	14	Ra6,3	Точіння чорнове та напівчистове точіння	—
3,4	8	Ra1,6	Розточування чорнове, напів- чистове та чистове, тонке	—
5	9	Ra6,3	Точіння чорнове та напівчистове, чистове	—
6	14	Ra12,5	Точіння чорнове та напівчистове	—
7	14	Ra 12,5	Розточування чорнове	—
8	14	Ra3,2	Точіння чорнове та напівчистове	—
9	14	Ra12,5	Точіння чорнове та напівчистове	-
10	14	Ra6,3	Розточування чорнове, напів- чистове	-
11	14	Ra 6,3	Розточування чорнове, напів- чистове	—
12	14	Ra12,5	Точіння чорнове, напівчистове	—
13	14	Ra12,5	Точіння орнове та напівчистове	—
14	14	Ra12,5	Точіння чорнове та напівчистове	—
15	14	Ra12,5	Точіння чорнове, напівчистове	—
16,17, 18,19	14	Ra12,5	Точіння чорнове	—
20,21, 22,23	14	Ra12,5	Свердління по кондуктору	центрування свердління
24.25. 26.27	7 клас точ- ності	Ra12,5	Нарізання мітчиком	—
28.29. 30.31	14	Ra12,5	Зенкування комбінованим інструментом	центрування
32	14	Ra12,5	Розточування чорнове	—
33,34	14	Ra12,5	Розточування чорнове	—

Використовуючи загальноприйняті принципи суміщення баз, сталості баз, та технологічної сумісності[29], а також беручи до уваги тип виробництва – середньосерійний. Структуру маршруту обираю паралельно з видами обладнання для обробки деталі.

Оптимальним варіантом маршруту обробки деталі буде:

Операція 005 Токарна з ЧПК

1. Підрізати торець 2 попередньо.
2. Точити попередньо зовнішню конічну поверхню 15, з підрізанням торця 13.
3. Точити зовнішню циліндричну поверхню 5, з підрізанням торця 8.
4. Точити попередньо циліндричну поверхню 6.
5. Точити остаточно торець 2, конус 15, циліндр 5, нарізати фаски 16,17.
6. Точити попередньо внутрішній циліндр 7.
7. Точити попередньо внутрішній циліндр 4, з підрізанням торця 10.
8. Точити остаточно циліндричну поверхню 4 та поверхню 7, нарізати фаску 18
9. Точити тонко поверхню 4(H8)

Операція 010 Токарна з ЧПК

1. Точити торець 1
2. Розточити попередньо циліндричний отвір 3, з підрізанням торця 11
3. Точити остаточно циліндричний отвір 3, з нарізанням фаски 19
4. Точити тонко циліндричний отвір 3.
5. Нарізати канавку 32

Операція 015 Вертикально-свердлильна

1. Свердлити по кондуктору чотири отвори.

Операція 020 Вертикально-свердлильна

1. Центрувати отвори 24-27.
2. Свердлити отвори 24-27

					<i>КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Нарізати фаски. 28-31

4. Нарізати різь М4-7Н в отворі 24-27

Операція 025 Контроль

1. Контролювати розміри відповідно до креслення

2.5.1 Вибір технологічного обладнання і оснащення

Вибір обладнання проводимо паралельно при розробці маршруту обробки деталі відповідно до типу виробництва – середньосерійного згідно таблиці [14].

При виборі обладнання враховуємо: технічні вимоги на виготовлення деталі, кількість оброблюваних деталей, необхідну продуктивність, вимоги техніки безпеки та промислової санітарії, необхідне для виробництва пристосування. Вибір здійснюємо використовуючи дані, наведені в літературі [14].

Результати роботи по даному пункту наводимо в додатку А

2.5.2 Визначення між операційних припусків і проміжних розмірів

Визначення міжопераційних та проміжних припусків на обробку виконуємо табличним методом згідно таблиць [27] на основні оброблювані поверхні. Результати роботи вносимо в таблицю 2.9.

Табл. 2.7 – Розрахункові припуски і розміри табличним методом на механічну обробку точної поверхні

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
$\varnothing 60d9(-0.100/-0.174)$					
Точіння чистове	9	Ra6.3	0,074	0,1	$\varnothing 60d9(-0.100/-0.174)$
Точіння напівчистове	11	Ra6,3	0,190	0,4	$\varnothing 60,1d11(-0.100/-0.290)$
Точіння чорнове	14	Ra25	0,270	0,9	$\varnothing 60,6d14(-0.100/-0.370)$
Заготовка	7 клас точності	Rz 80	1,0		$\varnothing 61,5\pm 0,5$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Продовження таблиці 2.7

$\varnothing 84h14(^{+0.87})$					
Точіння напівчистове	14	Ra12.5	0,87	0,8	$\varnothing 84h14(^{+0.87})$
Точіння чорнове	14	Ra12.5	0,87	2	$\varnothing 84,8h14(^{+0.87})$
Заготівка	17	Rz 80	2.8		$\varnothing 86.8 \pm 1.4$
$\varnothing 35H8(^{+0.039})$					
Тонке розточування	8	Ra 1.6	0,039	0,05 0.05	$\varnothing 35H8(^{+0.039})$
Розточування чистове	9	Ra 3.2	0.062	0.1 0.1	$\varnothing 34.9H9(^{+0.062})$
Розточування напівчистове	12	Ra 6.3	0.250	0.25 0.25	$\varnothing 34.7H12(^{+0.250})$
Розточування чорнове	14	Ra 12.5	0.620	1.5 1.5 1.5 1.5	$\varnothing 34.2H14(^{+0.620})$
Заготівка	17	Rz 80	0,9		$\varnothing 25,2 \pm 0,45$
$\varnothing 28H14(^{+0.520})$					
Розточування напівчистове	14	Ra 12.5	0,52	0,8	$\varnothing 28H14(^{+0.520})$
Розточування чорнове	14	Ra 12.5	0,52	$\varnothing 27,2H14(^{+0.520})$	$\varnothing 27,2H14(^{+0.520})$
Заготівка	17	Rz 80	0,9		$\varnothing 25,2 \pm 0,45$

2.5.3 Розробка операційної технології

Розробка операційної технології полягає у найбільш раціональній формі дій та рухів, які змінюють якісні або кількісні показники заготовки, перетворюючи її в деталь з повним використанням можливостей верстатів, інструментів і пристосувань. Згідно з поставленим завданням, необхідно створити операційну технологію, визначивши логічний порядок основних і допоміжних переходів.

Проведемо розробку операційної технології на 005 операцію.

Операція 005 Токарна з ЧПК

1. Встановити заготовку, закріпити.
 2. Підрізати торець 2 попередньо, точити попередньо зовнішню конічну поверхню 15 з підрізанням торця 13, витримуючи розміри $56_{-0,74}$; $\varnothing 42_{-0,74}$; $48 \pm 0,5$.
 3. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 5, з підрізанням торця 8 витримуючи розміри $\varnothing 60,6d14(-\frac{0,100}{0,370})$; $42_{-0,62}$;
 4. Точити попередньо циліндричну поверхню 6, витримуючи розміри; $\varnothing 84,8h14(+0,87)$
 5. Точити остаточно торець 2, конусну поверхню 15, циліндр 5, циліндр 6, нарізати фаски 16,17, витримуючи розмір $56_{-0,74}$; $\varnothing 60,1d11(-\frac{0,100}{0,290})$; $\varnothing 42_{-0,74}$; $1 \times 45^\circ$.
 6. Розточити попередньо внутрішній циліндр 7, витримуючи розмір $\varnothing 27,2H14(+0,520)$
 7. Розточити попередньо внутрішній циліндр 4, з підрізанням торця 10, витримуючи розмір $12^{+0,43}$; $\varnothing 34,7H12(+0,250)$.
 8. Розточити остаточно внутрішній циліндр 4,7, нарізати фаску 33, витримуючи розмір $\varnothing 28^{+0,52}$; $\varnothing 34,9H9(+0,062)$; $1 \times 45^\circ$.
 9. Розточити тонко внутрішню циліндричну поверхню 4, витримуючи розмір $\varnothing 35H8(+0,039)$
 10. Зняти деталь.,
- Перевірити розміри: $56_{-0,74}$; $\varnothing 42_{-0,74}$; $48 \pm 0,5$; $\varnothing 60_{-0,171}^{-0,100}$; $\varnothing 84_{-0,87}$; $\varnothing 28^{+0,52}$; $12^{+0,43}$; $\varnothing 35^{+0,039}$; $1 \times 45^\circ$. Контроль 30 %.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 010 Токарна з ЧПК

1.перезакріпити деталь, закріпити.

2. Підрізати торець 1 попередньо

3. Підрізати торець 1 остаточно витримуючи розміри
 $56_{-0,74}$

4. Розточити попередньо внутрішній циліндр 3, з підрізанням торця
11, витримуючи розмір $19^{+0,43}$; $\varnothing 34.7H12(^{+0.250})$.

5. Розточити канавку 32 витримуючи розміри $15h14$. $\varnothing 36H14$

6. Розточити остаточно внутрішній циліндр 3, , нарізати фаску 34,
витримуючи розмір. ; $\varnothing 34.9H9(^{+0.062})$; $1 \times 45^\circ$

7. Розточити тонко внутрішню циліндричну поверхню 3, витримуючи
розмір
 $\varnothing 35H8(^{+0.039})$

8. Зняти деталь.

Перевірити розміри: $\varnothing 35H8(^{+0.039})$, $1 \times 45^\circ$, $56_{-0,74}$. Контроль 30 %.

Операція 015 Вертикально-свердлильна

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Свердлити чотири отвори 20...23 по кондуктору.

Перевірити розміри $\varnothing 6,5$.

Операція 020 Вертикально-свердлильна з ЧПК

1. Встановити заготовку, закріпити.

2. Центрувати отвори 24-27.

3. Свердлити отвори 24-27 під різь М5-7Н

4. Нарізати фаски. 28-31

5. Нарізати різь М5-7Н в отворі 24-27

Перевірити розміри $\varnothing 4,2$, $\varnothing 42$.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5.4 Вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірного інструменту

Проаналізувавши попередні пункти, та враховуючи наступні фактори, такі як: середньосерійний тип виробництва, попередньо вибрані методи обробки, типи металорізального обладнання, розміри деталі, та інші які ми розібрали в минулих розділах. Проводимо вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірного інструменту отримані результати зводимо в додаток Б.

2.5.5 Розрахунок режимів різання.

Відповідно до завдання розрахунок режимів різання здійснюється табличним методом для операцій: 005 та 015, розроблених в п.2.5. Для операцій і переходів дані зводимо в додаток В.

Розрахунок режимів різання виконую табличним методом на дві операції: 005 Токарну з ЧПК та 015 Вертикально-свердлильну.

Нижче наводимо розрахунок режимів різання для третього переходу 005 операції – Токарна з ЧПК.

Перехід 3. Точити зовнішню циліндричну поверхню 5, з підрізанням торця 8 витримуючи розміри $\varnothing 60_{-0,171}^{0,100}; 42_{-0,62}$;

Різальний інструмент – різець для контурного точіння з механічним кріпленням ромбічної пластини, ВК 8, тип 3, 25×25, $\varphi = 93^\circ$ ДСТУ 20872:2008.

1. Знаходимо глибину різання:

$$t_1 = 0,9 \text{ мм}; t_2 = 0,4 \text{ мм};$$

2. Визначаємо довжину робочого ходу за формулою:

$$L_{p.x.} = l_{piz.} + l_{pidv.} + l_{vripiz.} + l_{vixodu.} \quad (2.10)$$

де $l_{piz.}$ – довжина різання на даному переході, мм;

$l_{pidv.}$ – довжина підводу до заготівки, мм;

$l_{vripiz.}$ – довжина врізання інструменту, мм;

$l_{vixodu.}$ – довжина виходу інструменту з зони різання, мм;

$$l_{piz.} = 6 \text{ мм};$$

$$l_{pidv.} = 2 \text{ мм [41];}$$

$$l_{vripiz.} = 3 \text{ мм [41];}$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставляємо у формулу (2.10) вище наведені значення:

$$L_{p.x.} = 6 + 2 + 3 = 11 \text{ мм.}$$

3. Визначаємо подачу:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{си} \cdot K_{сп} \cdot K_{сд} \cdot K_{ш} \cdot K_{см} \cdot K_{sy} \cdot K_{сп} \cdot K_{сф} \cdot K_{sj}, \quad (2.11)$$

де $S_{от} = 1,03 \text{ мм/об}$ – табличне значення подачі [31];

$K_{си} = 1,15$ – коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал [31];

$K_{сп} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує спосіб кріплення пластини [31];

$K_{сд} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує січення державки [31];

$K_{ш} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує міцність ріжучої частини [31];

$K_{см} = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу [31];

$K_{sy} = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує спосіб установки деталі [31];

$K_{сп} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки після литва [31];

$K_{сф} = 0,95$ – коефіцієнт, що враховує геометричні параметри ріжучої частини інструменту [31];

$K_{sj} = 0,75$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату Додаток Б.

Підставивши дані у формулу (2.11) подача складатиме:

$$S_o = 1,03 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 0,75 = 0,7 \text{ мм/об.}$$

4. Визначаємо період стійкості інструменту згідно [31]:

$$T_M = 60 \text{ хв.}$$

5. Визначаємо швидкість різання:

$$V_o = V_{от} \cdot K_{ви} \cdot K_{vc} \cdot K_{Vo} \cdot K_{vj} \cdot K_{vm} \cdot K_{Vф} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vж}, \quad (2.12)$$

де $V_{от} = 146 \text{ м/хв}$ – табличне значення швидкості різання [31];

$K_{ви} = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал [31];

$K_{vc} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує групу оброблюваності матеріалу [32];

$K_{Vo} = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки [31];

$K_{vj} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстату [31];

$K_{vm} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу [31];

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{V\phi} = 0,95$ – коефіцієнт, що враховує геометричні параметри ріжучої частини інструменту [31];

$K_{VT} = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує стійкість ріжучої частини різця [31];

$K_{Vж} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує наявність середовища мастильно охолодної рідини [31].

Підставляємо у формулу (2.12) значення отримаємо величину швидкості різання:

$$V_o = 146 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,95 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 59,4 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (2.13)$$

де $V = 59,4 \text{ м/хв}$ – швидкість різання;

$d = 60 \text{ мм}$ – діаметр обробки;

$$n = \frac{1000 \cdot 59,4}{\pi \cdot 60} = 315 \text{ хв}^{-1}$$

7. Приймаємо згідно характеристики верстату частоту обертання шпинделя:

$$n_d = 315 \text{ хв}^{-1}$$

8. Коректуємо швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (2.14)$$

де

$n_d = 315 \text{ хв}^{-1}$ – дійсна частота обертання шпинделя;

$$V_d = \frac{\pi \cdot 60 \cdot 315}{1000} = 59,3 \text{ м/хв.}$$

9. Визначаємо потужність різання:

$$N = N_{\text{табл.}} \cdot K_{N_m}, \quad (2.15)$$

де $N_{\text{табл.}}$ – табличне значення потужності різання, кВт;

K_{N_m} – коефіцієнт запасу потужності різання, $K_{N_m} = 1,2$ [32].

$N_{\text{табл.}} = 5 \text{ кВт}$ [32].

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = 5 \cdot 1,2 = 6 \text{ кВт}$$

10. Перевірємо, чи достатня потужність електро приводу верстату для здійснення обробки деталі на даному переході. Необхідно, щоби справджувалась умова:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}, \quad (2.16)$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність шпинделя верстата, кВт;

Потужність шпинделя верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \quad (2.17)$$

де $N_{\text{д}}$ – потужність головного електродвигуна верстата мод. 16K20РФ3 – 10 кВт;

η – коефіцієнт корисної дії верстату, $\eta = 0,8$.

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,8 = 8,0 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{різ}} = 6 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 8 \text{ кВт}.$$

Відповідно: Потужність різання нижча за ту потужність яку верстат може забезпечити на шпинделі. Отже режими різання визначені вірно, обробка здійсненна.

11. Визначаємо основний час на обробку :

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_o \cdot n}, \quad (2.18)$$

$$T_o = \frac{11}{0,7 \cdot 315} = 0,49 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків режимів різання зводимо у додаток Г.

2.5.6 Розрахунок технічних норм часу.

Технічні норми часу визначаю для двох технологічних операцій (005 та 015). На 005 операцію – токарну з ЧПК розрахунок проводжу розрахунково-аналітичним методом. На іншу операцію розраховую штучний час по наближеним формулам [26].

Норма штучного часу для верстатів з ЧПК визначається за формулою:

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{шт} = (T_{ц.а.} + T_{доп.}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right) \quad (2.19)$$

де $T_{шт}$ – норма штучного часу;

$T_{ц.а.}$ – час циклу автоматичної роботи верстата по програмі;

$$T_{ц.а.} = T_{о.а.} + T_{доп.а.}, \quad (2.20)$$

де $T_{о.а.}$ – основний час автоматичної роботи верстата;

$$T_{о.а.} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_{хв.і}}, \quad (2.21)$$

L_i – довжина обробки i -тої технологічної ділянки з розрахунком врізання i перебігу, мм;

$S_{хв.і}$ – хвилинна подача на даній ділянці, мм/хв;

$T_{о.а.}$ розраховується вище;

$T_{доп.а.}$ – допоміжний автоматичний час (підвід, відвід прискорений інструменту, переміщення механізмів верстата);

$$T_{доп.а.} = T_{доп.а.і} + T_{доп.а.х.х.}, \quad (2.22)$$

де $T_{доп.а.і}$ – машино-допоміжний час на автоматичну зміну інструмента, хв. (задається в паспорті верстата);

$$T_{доп.а.і} = (T_{пов.} + T_{фікс.}) \cdot K \quad (2.23)$$

де $T_{пов.}$ – час повороту різцевої головки на одну позицію, хв;

Згідно паспортних даних верстата мод. 16K20РФ3 $T_{пов.} = 1 \text{ с.} = 0,016 \text{ хв.}$

$K = 4$ – кількість робочих позицій;

$T_{фікс.}$ – час фіксації різцевої головки, хв;

Згідно паспортних даних верстата мод. 16K20РФ3 $T_{фікс.} = 1 \text{ с.} = 0,016 \text{ хв.}$

$T_{доп.а.х.х.}$ – час на виконання автоматичних допоміжних ходів (підвід деталі або інструменту від “нуля програми”, технологічні паузи), хв;

$$T_{доп.а.х.х.} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{х.х.і}}{S_{хв.приск.}} \quad (2.24)$$

де $L_{x.x.i}$ – довжина автоматичного допоміжного ходу, мм, яка визначається по РТК (траєкторії);

$S_{xв.прискор.}$ – хвилинна подача прискореного ходу, мм/хв;

Згідно паспорту верстата $S_{xв.прискор.}$ по двох координатах одночасно приймаємо 5000 мм/хв.;

$T_{доп.}$ – допоміжний час ручної роботи, що не перекривається автоматичною;

$$T_{доп.} = T_{доп.уст.} + T_{доп.пер.} + T_{доп.вим.}, \quad (2.25)$$

де $T_{доп.уст.}$ – час на установку і зняття деталі, хв;

$T_{доп.пер.}$ – час, пов'язаний з операцією (переключення, регулювання тощо), хв;

$T_{доп.вим.}$ – час на контрольні виміри, хв;

$$k = \alpha_{тех.обсл.} + \beta_{орг.обсл.} + \gamma_{відп.} \quad (2.26)$$

де $\alpha_{тех.обсл.}$ – час технічного обслуговування робочого місця в %;

$\beta_{орг.обсл.}$ – час організаційного обслуговування робочого місця в %;

$\gamma_{відп.}$ – час на відпочинок в %.

Операція 005. Токарна з ЧПК.

1. Визначаю основний час автоматичної роботи верстата згідно проведених раніше розрахунків [п 2.7]:

$$T_{о.а.} = 0,2 + 0,49 + 0,1 + 0,265 + 0,155 + 0,16 + 0,12 + 0,16 = 1,65 \text{ хв.}$$

2. Визначаю складові допоміжного автоматичного часу за формулою (2.22).

– машино-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту складає згідно формули (2.23):

$$T_{доп.а.і} = (0,016 + 0,016) \cdot 4 = 0,13 \text{ хв.}$$

– визначаю час на виконання автоматичних допоміжних ходів за формулою (2.24):

$$T_{доп.а.х.х.} = \frac{2140}{5000} = 0,43 \text{ хв.}$$

Згідно паспорту верстата $S_{xв.прискор.}$ по двох координатах одночасно приймаємо 5000 мм/хв.

Отже, допоміжний автоматичний час буде становити:

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{доп.а.}} = 0,13 + 0,43 = 0,56 \text{ хв.}$$

3. Тоді час циклу автоматичної роботи верстата по програмі складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}} = 1,65 + 0,56 = 2,21 \text{ хв.}$$

4. Визначаю допоміжний час ручної роботи, що не перекривається автоматичною за формулою (2.25).

4.1. Час на установку і зняття деталі $T_{\text{доп.уст.}} = 2,3 \text{ хв.}$ [8]

4.2. Час, пов'язаний з операцією визначаємо згідно таблиці [8]

– встановлення заданого взаємного положення деталі та інструменту по координатах X, Z і при необхідності проведення підналагодження: $t_1 = 0,32 \text{ хв.}$;

– перевірити прихід інструменту в задану точку після обробки: $t_2 = 0,15 \text{ хв.}$;

– встановити і зняти щиток від забризкування емульсією: $t_3 = 0,03 \text{ хв.}$

$$T_{\text{доп.пер}} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ хв.}$$

Час на контрольні виміри $T_{\text{доп.вим.}}$:

$56_{-0,74}^0$; $\varnothing 42_{-0,74}^0$; $48 \pm 0,5$; $\varnothing 84_{-0,87}^0$; $\varnothing 28_{+0,52}^0$; $12_{+0,43}^0$; – Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018

– $t_{1в} = 0,13 \cdot 6 = 0,78 \text{ хв.}$ [13];

$1 \times 45^\circ$; 41° – Кутомір універсальний тип 4-10 ISO 10301-1

– $t_{2в} = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ хв.}$ [13]

$\varnothing 60_{-0,171}^{+0,100}$ – Мікрометр гладкий МК-50-75 ДСТУ ISO/IEC 17025:2017

– $t_{3в} = 0,5 \text{ хв.}$ [13];

$\varnothing 35_{+0,039}^0$ – Нутромір індикаторний НІ-50 ТУ У 33.2-30291682-003-2004 – $t_{4в} = 0,8 \text{ хв.}$ [13];

$$T_{\text{доп.вим.}} = \sum t_{iв} = 0,78 + 0,2 + 0,5 + 0,8 = 2,28 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп.вим.дійсн.}} = T_{\text{доп.вим.}} \cdot 0,3 = 2,28 \cdot 0,3 = 0,68 \text{ хв.}$$

Тоді, допоміжний час складе:

$$T_{\text{доп.}} = 2,3 + 0,5 + 2,28 = 5,08 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час визначаємо за формулою:

$$T_{\text{оп.}} = T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{доп.}}, \quad (2.27)$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $T_{ц.а.}$ – час циклу автоматичної роботи верстата по програмі, хв;

$T_{доп.}$ – допоміжний час, хв;

Підставляю раніше отримані значення у формулу (2.27) та отримаємо значення оперативного часу:

$$T_{оп.} = 2,21 + 5,08 = 7,29 \text{ хв.}$$

6. Визначаю час на технічне, організаційне обслуговування та відпочинок і особисті потреби:

$\kappa = 10\%$ – час на технічне, організаційне обслуговування та відпочинок і особисті потреби в % від $T_{оп.}$ [13]

$$\kappa = \alpha_{\text{тех.обслуг.}} + \beta_{\text{орг.обслуг.}} + \gamma_{\text{відп.}} = 7,29 \cdot 10 = 72,9 \text{ хв}$$

7. Визначаю норму штучного часу за формулою (2.19):

$$T_{шт} = 7,29 \cdot \left(1 + \frac{72,9}{100}\right) = 12,6 \text{ хв.}$$

8. Визначаю штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n} \quad (2.28)$$

де $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час, хв.;

$T_{п.з.}$ – підготовчо-заключний час, хв.;

n – величина партії деталей.

Величину оптимальної партії деталей визначаю за формулою [26]

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.29)$$

де $N = 3600$ шт. – річна програма випуску деталей згідно завдання;

a – необхідний запас деталей на складі для безперебійної роботи складального цеху, днів; приймаємо 10 днів;

F – число робочих днів в 2024 році; при двох днях відпочинку $F=250$ день.

$$n = \frac{3600 \cdot 10}{250} = 144 \text{ шт.}$$

Визначаю підготовчо-заключний час за формулою [8]:

$$T_{п.з.} = T_{п.з.1} + T_{п.з.2} + T_{пробн.} \quad (2.30)$$

де $T_{п.з.}$ – норма часу на наладку і настройку верстату, хв.;

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{п.3.1}$ – норма часу на організаційну підготовку, хв.;

$T_{п.3.2}$ – норма часу на наладку верстата, пристосування, інструменту, програмних пристроїв, хв.;

$T_{п.3.3}$ – норма часу на пробну обробку, хв.

Визначаю складові норми часу на організаційну підготовку:

$t_1 = 14$ хв. – отримати наряд, креслення, технологічну документацію, програмоносій, допоміжний інструмент, заготовки [8].;

$t_2 = 2$ хв. – ознайомитися з роботою, кресленням, технологічною документацією, оглянути заготовку [8].;

$t_3 = 2$ хв. – інструктаж майстра [8].;

$$T_{п.3.1} = t_1 + t_2 + t_3 = 14 + 2 + 2 = 18 \text{ хв.}$$

Визначаю складові норми часу на наладку верстата, пристосування, інструменту, програмних пристроїв:

$t_1 = 2,5$ хв. – встановити і зняти патрон трьохкулачковий з електромагнітним затиском [8].;

$t_2 = 0,15$ хв. – встановити вихідні режими роботи верстата [8].;

$t_3 = 0,5 \times 3 = 1,5$ хв. – встановити і зняти інструмент в різцевій головці [8].;

$t_4 = 1,0$ хв. – встановити і зняти програмоносій в зчитуючий пристрій [8].;

$t_5 = 1,0$ хв. – ввести програму в пам'ять системи ЧПК з програмоносія [8].;

$t_6 = 0,2$ хв. – налаштувати пристрій для подачі МОР [8].;

$$T_{п.3.2} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 2,5 + 0,15 + 1,5 + 1,0 + 1,0 + 0,2 = 6,35 \text{ хв.}$$

Визначаю складові норми часу на пробну обробку деталі за формулою:

$$T_{п.3.3} = t_{\text{пробн.}} \cdot K, \quad (2.31)$$

де $t_{\text{пробн.}} = 7,2$ хв. – табличне значення підготовчо-заключного часу на виготовлення пробної деталі [8].;

$K = 0,85$ – поправочний коефіцієнт на підготовчо-заключний час, який залежить від марки оброблюваного матеріалу.

$$T_{п.3.3} = 7,2 \cdot 0,85 = 6,12 \text{ хв.}$$

$$T_{п.3.} = T_{п.3.1} + T_{п.3.2} + T_{п.3.3} = 18 + 6,35 + 6,12 = 30,47 \text{ хв.}$$

Операція 015. Вертикально-свердлильна.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затиск заготовки здійснюється від подачі багатошпindelної головки, яка переміщаючись по колонах позиції 4, тиснена на пружину поз.5, що в свою чергу діють на кондукторну плиту поз.2. Палець 7, який знаходиться в центрі кондукторної плити затискає заготовку.

Розтискання заготовки відбувається при підніманні багатошпindelної головки у вгору, яка своїм корпусом впирається в хомути поз.6, що защемлені на колонах поз.4 і під дією головки піднімаються вгору тягнути за собою кондукторну плиту поз.2 з пальцем поз.7.

Прийомний корпус встановлюється на стіл свердильного верстату і пригвинчуються двома болтами, що входять в пази основи в поз.1.

2.6.2 Вибір схеми базування і розрахунок похибки базування

В якості схеми базування вибираємо наступну. В якості установочної поверхні на якій встановлюється деталь приймаємо поверхню 3. Базування здійснюється площиною (установочна база, точки 1,2,3), внутрішніми циліндричними поверхнями 4 і 5, і затиск здійснюється за допомогою плити.

Схема базування вказана на рис. 2.3.

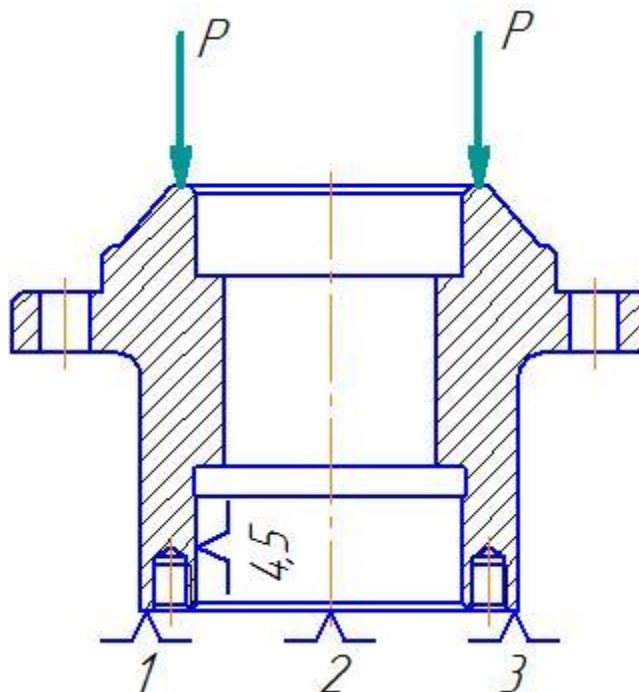


Рис. 2.3 - Схема базування деталі корпус.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Розрахунок похибки базування

Заготовка базується в пристосуванні торцем і двома отворами. Для розрахунку вибираємо схему базування із [4].

Похибка базування для забезпечення розміру $\varnothing 70H14(+0,87)$ визначається

$$\varepsilon_6 = (2S + TD_1 + Td_2) \cdot \left(\frac{2L_1 + L}{L} \right) \quad (2.17)$$

де S – мінімальний радіальний зазор між пальцями і отворами,

TD_1 – допуск на діаметр отвору,

Td_2 – допуск на діаметр пальця,

L_1 – відстань від центра пальця до оброблюваної поверхні;

L – міжцентрова відстань між циліндричним і зрізаним пальцями

Посадка між пальцями і отворами з зазором $\varnothing 35 \frac{H11}{h10}$. Відповідно допуски отворів $TD_1 = 0,19\text{мм.}$, а пальців $Td_2 = 0,12\text{мм.}$

Відстань між пальцями $L = 48\text{мм.}$, а відстань до торців $L_1 = 10\text{мм.}$

тоді $\varepsilon_6 = (0,07 + 0,19 + 0,12) \cdot \left(\frac{2 \cdot 10 + 48}{48} \right) \approx 0,53\text{мм.}$

Висновок: Точність оброблення забезпечується.

2.6.3 Розрахунок сили затиску

Затиск заготовки здійснюється кондукторною плитою, яка приводиться в рух силовим приводом механізму подачі верстату моделі 2Н125

Сила затиску визначається за формулою

$$Q = \frac{2K M_{\text{різ}}}{d(f_1 + f_2 \sin \frac{\alpha}{2})} \quad (2.18)$$

де $M_{\text{різ}} = M_{\text{кр}} = 10C_m D^q S^y K_p$ – вихідна сила, Н;

З табл. 32 с281 [6]

$C_m = 0,021$

$q = 2,0$

$y = 0,8$

$K_p = 1,0$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\text{різ}} = 10 \cdot 0,021 \cdot 10^2 (0,2)^{0,8} = 1440 \cdot 0,021 = 30,24 \cdot (0,2)^{0,8} = 5,79 \text{ Нм}$$

$$K=1,5$$

$$Q = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 5,79}{10(0,18 + 0,18 \cdot 0,707)} = 5,65 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Висновок:

Допустиме зусилля подачі

$Q = 10000 \text{ Н}$ -за паспортом верстата

Отже $Q = 10000 \text{ Н} > 5650 \text{ Н}$

.Одже: Верстат здатний розвинути дане зусилля затиску для штатної роботи пристосування

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз схем формоутворення

У загальному в машинобудуванні важливу роль відіграють методи формоутворення поверхонь. Відомо що яку небудь поверхню утворюють дві лінії – напрямна та твірна. Переміщаючи твірну лінію по напрямній ми здатні відтворити будь яку поверхню. Також ці лінії є взаємозамінними, що в свою чергу робить аналіз схем формоутворення клопіткою справою.

У машинобудуванні існує 4 методи формоутворення поверхні:

➤ Метод копіювання – сенс полягає в тому, що форма ріжучого леза інструмента може збігатися за формою з поверхнею заготовки або мати форму, зворотну їй. Напрямна лінія 2 відтворюється шляхом обертання або поступальним рухом інструмента що є формоутворчими рухами. Другий рух, що спрямований перпендикулярно оброблюваній поверхні, необхідний для досягнення певного розміру поверхні. Цей метод використовується при обробці фасонних поверхонь на металорізальних верстатах.

➤ Метод сліду – сенс методу полягає в тому, що твірна лінія 1 представляє собою траєкторію руху точки (вершини) ріжучого леза інструмента, а напрямна лінія 2 - траєкторію руху точок заготовки. У цьому випадку обидва рухи різання є формоутворчими. Цей метод формоутворення поверхонь є найбільш поширеним.

➤ Метод обкату(огинання) – сенс методу полягає в тому, що твірна лінія 1 є кривою, яка відображає послідовні положення ріжучого леза інструмента внаслідок двох погоджених відносних рухів заготовки та інструмента . Напрямна лінія 2 утворюється за допомогою поступального руху інструмента.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Оліхавський			КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Кодельник								52	122
Реценз.								ТНТУ ім.І.Пулюя, ФМТ МВС-41"			
Н. Контр.		Кодельник									
Затверд.		Крцпа									

➤ Метод дотику – сенс методу полягає в тому, що прямою лінією 2 є дотична до ряду геометричних допоміжних ліній, які є траєкторіями руху точок різального інструмента. Твірною лінією 1 є ріжуче лезо, а формоутворчим рухом є подача.

Розглянемо можливі варіанти формоутворення поверхонь під час обробки матеріалу на вертикально свердильних верстатах. Здебільшого на них виконуються такі роботи: свердління, розсвердлювання, зенкування, нарізання різи за допомогою різенарізної головки, зенкерування, розвертання,.

Нижче наведемо приклади формоутворення на ВСВ.

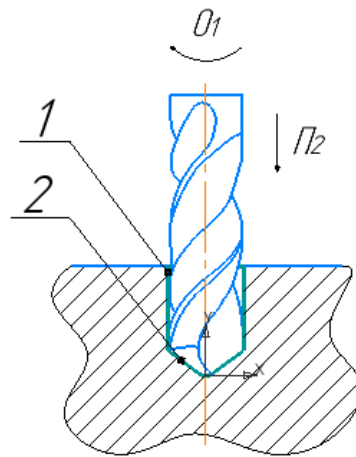


Рис. 3.1 – Схема формоутворення при свердлінні

Свердління (рис. 3.1) здійснюється свердлою, якому надається обертовий рух O_1 та поступальний рух Π_2 . Заготовка залишається нерухомою.

1. Твірна лінія – метод сліду $\Phi = 1$, $\Phi_v = (O_1)$.

2. Направляюча лінія – метод сліду $\Phi = 1$, $\Phi_s = (\Pi_3)$.

Сумарний рух $\Phi_\Sigma = 2$, $\Phi_v(O_1)$, $\Phi_s = (\Pi_3)$.

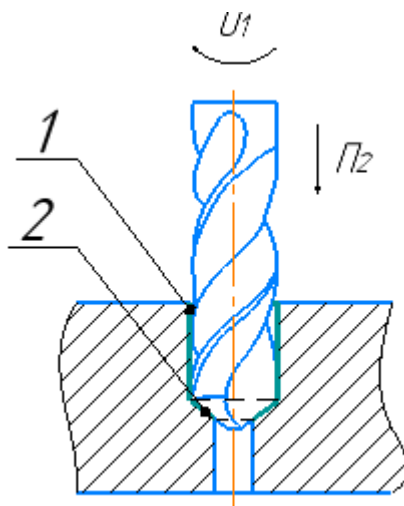


Рис. 3.2 – Схема формоутворення при розсвердлюванні отвору

Росвердлювання (рис. 3.2) здійснюється свердлом, якому надається обертовий рух O_1 та поступальний рух Π_2 . Заготовка залишається нерухомою.

1. Твірна лінія – метод сліду $\Phi = 1$, $\Phi_v = (O_1)$.

2. Направляюча лінія – метод сліду $\Phi = 1$, $\Phi_s = (\Pi_3)$.

Сумарний рух $\Phi_\Sigma = 2$, $\Phi_v(O_1)$, $\Phi_3 = (\Pi_3)$.

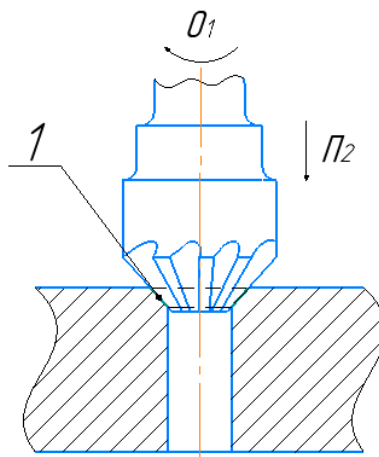


Рис. 3.3 – Схема формоутворення при зенкуванні

Зенкування (рис. 3.3) здійснюється зенківкою, якій надається обертовий рух O_1 та поступальний рух Π_2 . Заготовка залишається нерухомою.

1. Твірна лінія – метод копіювання $\Phi = 1$, $\Phi_v(O_1)$. Метод 1.2

2. Направляюча лінія – метод сліду $\Phi = 1$, $\Phi_s(\Pi_3)$.

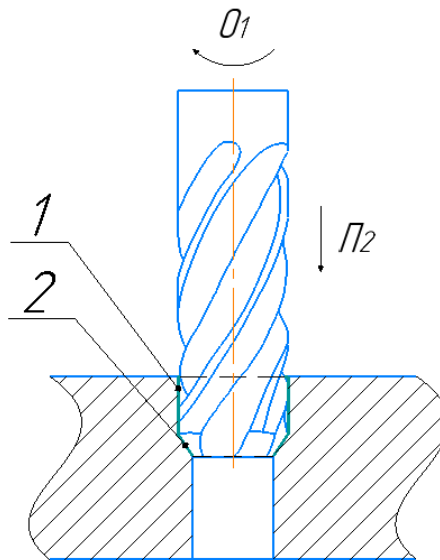


Рис. 3.4 – Схема формоутворення при зенкеруванні

Зенкерування (рис. 3.4) здійснюється зенкером, якій надається надається обертовий рух O_1 та поступальний рух Π_2 . Заготовка залишається не рухомою.

1. Твірна лінія – метод сліду $\Phi = 1$, $\Phi_v = (O_1)$.

2. Направляюча лінія – метод сліду $\Phi = 1$, $\Phi_s = (\Pi_3)$.

Сумарний рух $\Phi_\Sigma = 2$, $\Phi_v(O_1)$, $\Phi_3 = (\Pi_3)$.

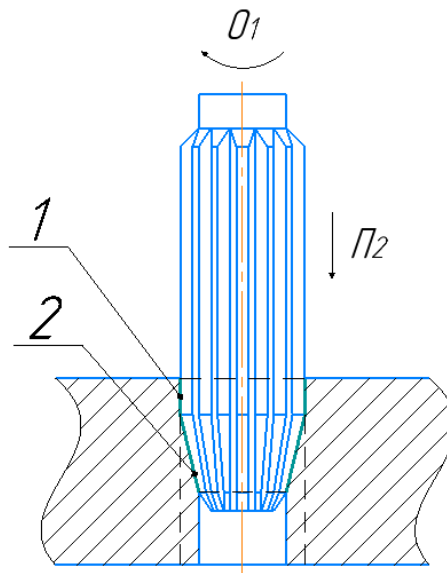


Рис. 3.5 – Схема формоутворення при райберуванні

Зенкерування (рис. 3.5) здійснюється зенкером, якій надається надається обертовий рух O_1 та поступальний рух Π_2 . Заготовка залишається не рухомою.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

1. Твірна лінія – метод сліду $\Phi = 1, \Phi_v = (O_1)$.
2. Направляюча лінія – метод сліду $\Phi = 1, \Phi_s = (П_2)$.

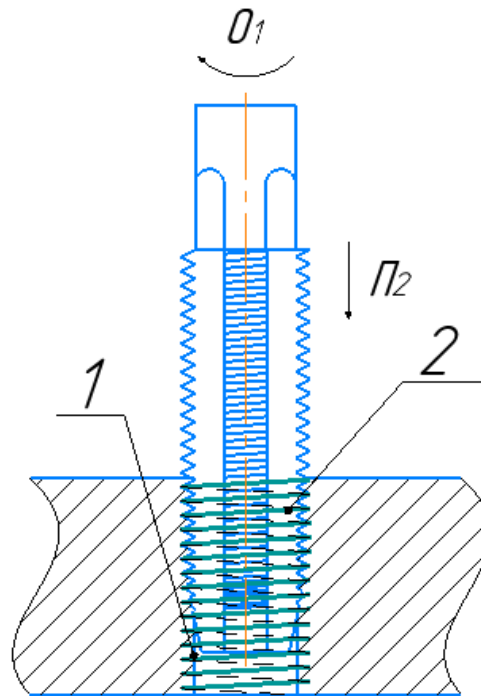


Рис. 3.6 – Схема формоутворення при нарізанні різи мечиком.

Нарізання різи (рис. 3.6) проводиться мітчиком, що повторює профіль самої різи. Йому надається рух подачі $П_2$, та обертовий рух O_1

1. Твірна лінія – метод копіюванням $\Phi = 0 \text{ Вр } (П_2)$.
2. Направляюча лінія – метод сліду $\Phi = 1 \text{ } \Phi_v(O_1 \text{ } П_2)$

Сумарний рух $\Phi_{\Sigma} = 1,2$

3.2 Аналіз даних на проект

В якості базового верстату аналога для розробки вертикально-свердлильного верстату використаємо верстат моделі 2Н135.

Верстат з ручним керуванням з відкидним підйомним столом та обробленою фундаментом плитою, призначений для виконання операцій свердління, зенкерування, зенкування, розгортання та нарізування різьби у різних матеріалах.

Дозволяє використовувати різноманітні пристосування та інструменти, що розширюють його технологічні можливості.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Вертикально-свердлильний верстат 2Н135 може використовуватися у дрібносерійному виробництві, на малих підприємствах, у ремонтних майстернях. Технічна характеристика подана в Таблиці 3.1

Таблиця 3.1 характеристика верстату

Характеристика	
Клас точності (ДСТУ EN ISO 16093:2018)	H
Найбільший діаметр свердління у сталі 45 (ДСТУ ISO 3070-2:2019), мм	35
Розміри конуса шпинделя за (ДСТУ 25557-2016)	Морзе 4
Відстань осі шпинделя до направляючих колони, мм	300
Найбільший хід шпинделя, мм	250
Відстань від торця шпинделя до столу, мм	30-750
Відстань від торця шпинделя до плити, мм	700-1120
Найбільше переміщення свердлильної головки, мм	170
Переміщення шпинделя за один оберт штурвала, мм	122, 46
Робоча поверхня столу, мм	450x500
Найбільший хід столу, мм	300
Кількість швидкостей шпинделя	12
Діапазон чисел обертів шпинделя, об/хв	31,5-1400
Кількість подач	9
Діапазон подач, мм/об	0,1-1,6
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	4,0
Габарити верстату: мм	1030x835x2535
Маса верстату, кг	1200



рис.3.7 -Зовнішній вигляд верстату 2Н135

3.3 Розрахунок режимів різання

Згідно заданого типорозміру верстату обираю найбільший діаметр свердління – 32 мм в якості оброблюваного матеріалу обираю сірий човун СЧ-21-40 . Механічні характеристики подано в розділі (2,2) Визначаємо швидкість різання при свердлінні:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.1)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{ev}, \quad (3.2)$$

Де K_{mv} – коефіцієнт що враховує оброблюваний матеріал;

K_{uv} – коефіцієнт що враховує інструментальний матеріал, $K_{uv}=1,15$;

K_{lv} – коефіцієнт глибини свердління $K_{lv}=0,6$.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (3.3)$$

$$K_r = 1, n_v = 0,9$$

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{730} \right)^{0,9} = 1$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$K_v = 1 \cdot 1,15 \cdot 0,6 = 0,7.$$

$$C_v = 9,8; q = 0,4; y = 0,5; m = 0,2; T = 35 \text{ хв}; s = 0,58 \text{ об/хв}.$$

$$V_p = \frac{9,8 \cdot 35^{0,4}}{35^{0,2} \cdot 0,58^{0,5}} \cdot 0,7 \approx 18,3 \text{ м/хв}.$$

Визначаємо крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (3.4)$$

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (3.5)$$

$$n = 0,75;$$

$$K_p = \left(\frac{730}{750} \right)^{0,75} = 0,98.$$

$$C_m = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8.$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 35^2 \cdot 0,58^{0,8} \cdot 0,98 = 267,9 \text{ Н·м}$$

Визначаємо ефективну потужність:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (3.6)$$

Де n – частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18,3}{3,14 \cdot 35} \approx 166,5 \text{ хв}^{-1}. \quad (3.7)$$

Приймаємо $n_{ст} = 160 \text{ хв}^{-1}$, тоді

$$N_e = \frac{267,9 \cdot 160}{9750} = 4,4 \text{ кВт}.$$

Потужність електродвигуна N_ϕ , кВт:

$$N_\phi = \frac{N_e}{\eta}, \quad (3.8)$$

Де η – ККД Верстату;

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2^4 \cdot \eta_3^3. \quad (3.9)$$

Де η_1 – ККД пружної муфти, $\eta_1 = 0,98$;

η_2 – ККД пари підшипників кочення, $\eta_2 = 0,995$;

η_3 – ККД прямозубих зубчатих коліс, $\eta_3 = 0,96$;

$$\eta = 0,98 \cdot 0,995^4 \cdot 0,96^3 = 0,84.$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{дв}} = \frac{4,4}{0,84} = 5,2 \text{ кВт.}$$

Приймаємо асинхронний електро двигун АИР112М4 (ДСТУ 8277:2015).

$N_{\text{дв}}=5,6 \text{ кВт;}$

$n_{\text{дв}}=1430 \text{ хв}^{-1}.$

3.4 Кінематичний розрахунок коробки швидкостей

Вихідні дані для розрахунків:

Кількість ступенів $Z=17$; Мінімальна частота обертання шпинделя $n_{\text{min}}=160 \text{ хв}^{-1}$; Знаменник геометричного ряду $\phi=1,26$.

Будуємо структурну формулу в розгорнутому виді:

$$z = P_a(x_1) \cdot P_b(x_2) \cdot \dots \cdot P_m(x_m), \quad (3.10)$$

Де $P_a \dots P_m$ – кількість передач частот обертання в груповій передачі;
 $x_1 \dots x_n$ – Характеристика відповідних групових передач.

формула

$$Z = 3_1 \cdot 3_3 \cdot 2_8$$

Будуємо структурну сітку.

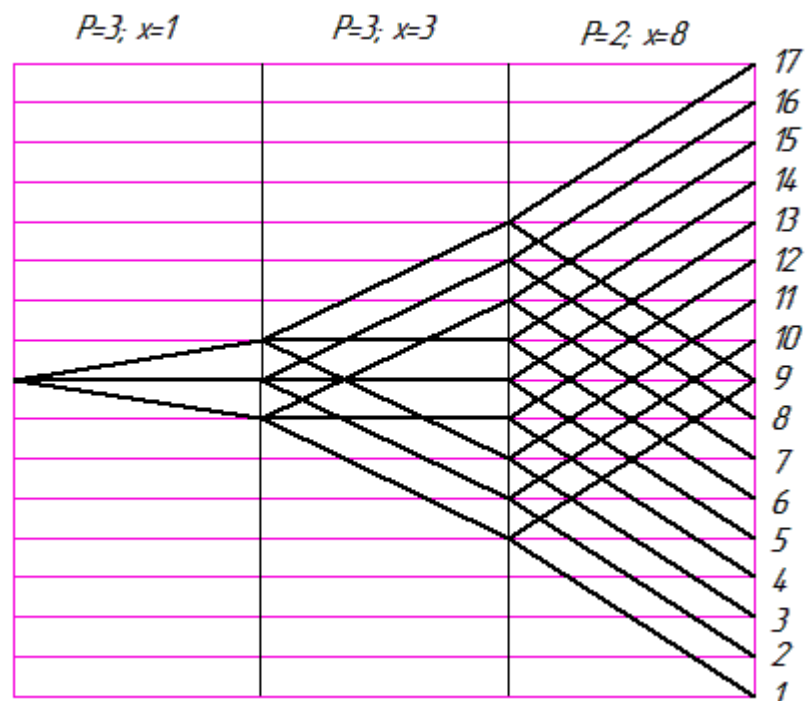


Рис 3.8. Структурна сітка

Виходячи з $n_{\min}=160 \text{ хв}^{-1}$ і знаменника геометричного ряду $\varphi=1,26$, визначаємо частоти обертання шпинделя для кожної ступені регулювання по формулі:

$$n_z = n_{z-1} \cdot \varphi \quad (3.11)$$

$$n_1 = 160 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_2 = 160 \cdot 1,26 = 202 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_3 = 201,6 \cdot 1,26 = 254 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_4 = 254 \cdot 1,26 = 320 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_5 = 320 \cdot 1,26 = 403 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_6 = 403 \cdot 1,26 = 508 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_7 = 508 \cdot 1,26 = 640 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_8 = 640 \cdot 1,26 = 806 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_9 = 806 \cdot 1,26 = 1016 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{10} = 1016 \cdot 1,26 = 1280 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{11} = 1280 \cdot 1,26 = 1613 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{12} = 1613 \cdot 1,26 = 2032 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{13} = 2032 \cdot 1,26 = 2560 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{14} = 2560 \cdot 1,26 = 3226 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{15} = 3226 \cdot 1,26 = 4065 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{16} = 4065 \cdot 1,26 = 5122 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{17} = 5122 \cdot 1,26 = 6454 \text{ хв}^{-1}.$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Отримані значення частот обертання округляємо до стандартних величин та зводимо в таблицю:

Таблиця 3.2 – Частоти обертання

n_i	Значення
n_1	$160_{\text{хв}}^{-1}$
n_2	$200_{\text{хв}}^{-1}$
n_3	$250_{\text{хв}}^{-1}$
n_4	$315_{\text{хв}}^{-1}$
n_5	$400_{\text{хв}}^{-1}$
n_6	$500_{\text{хв}}^{-1}$
n_7	$630_{\text{хв}}^{-1}$
n_8	$800_{\text{хв}}^{-1}$
n_9	$1000_{\text{хв}}^{-1}$
n_{10}	$1250_{\text{хв}}^{-1}$
n_{11}	$1600_{\text{хв}}^{-1}$
n_{12}	$2000_{\text{хв}}^{-1}$
n_{13}	$2500_{\text{хв}}^{-1}$
n_{14}	$3150_{\text{хв}}^{-1}$
n_{15}	$4000_{\text{хв}}^{-1}$
n_{16}	$5000_{\text{хв}}^{-1}$
n_{17}	$6300_{\text{хв}}^{-1}$

Будуємо графік частот обертання, вибираючи i – те передавальне відношення дотримуючись умови: $1/4 \leq i \leq 2$.

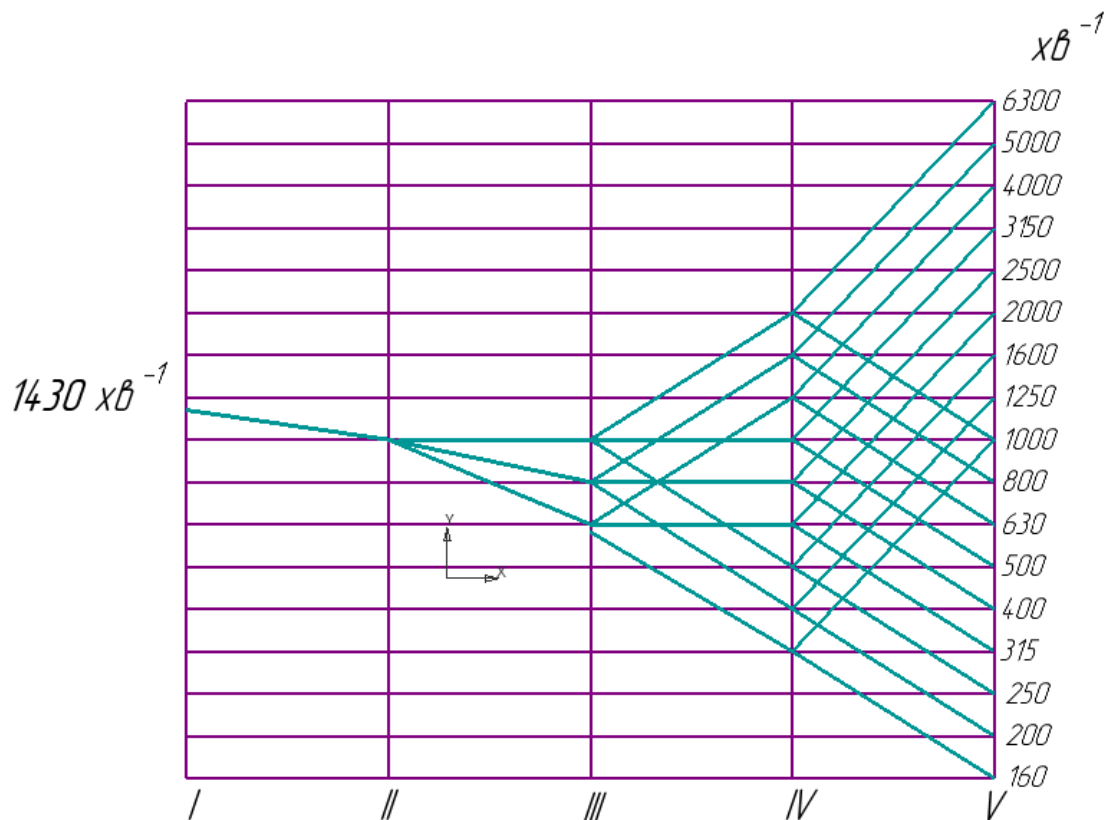


Рис 3.9 – Графік частот обертання

По графіку частот обертання знаходимо передавальне відношення всіх передач :

$$i = \varphi^{+m}, \quad (3.12)$$

де m – число інтервалів, на які піднімається (+) або опускається (-) передача:

$$i_0 = \frac{6300}{1430} = 4,4$$

Для зубчастих передач:

$$i_1 = \varphi^0 = 1,$$

$$i_2 = \frac{1}{\varphi^1} = 0,794,$$

$$i_3 = \frac{1}{\varphi^2} = 0,63,$$

$$i_4 = \varphi^3 = 2,$$

$$i_5 = \varphi^0 = 1,$$

$$i_6 = \frac{1}{\varphi^3} = 0,5,$$

$$i_7 = \varphi^4 = 2,52,$$

$$i_8 = \frac{1}{\varphi^4} = 0,397.$$

На основі графіка частот обертання складаємо спрощену кінематичну схему коробки швидкості:

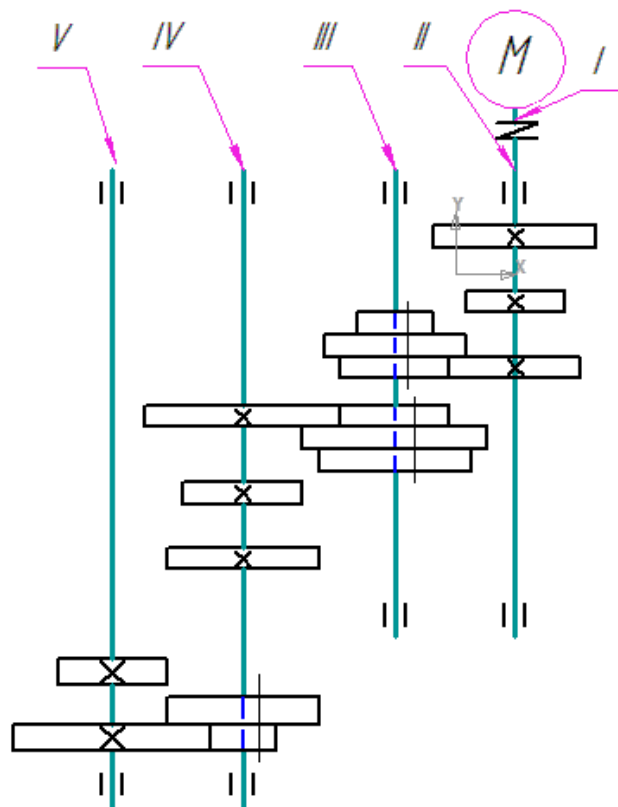


Рис. 3.10 – Спрощена кінематична схема коробки швидкості

За визначеними передавальним відношеннями визначаємо число зубів коліс [2]. Результати показуємо у вигляді таблиці.

Таблиця 3.3 – Результати підбору числа зубів коліс

Позначення колеса	Передаточне число	Число зубів колеса	Сума зубів в передачі
Z_1	1	53	106
Z_2		53	
Z_3	0,794	47	
Z_4		59	
Z_5	0,63	41	
Z_6		65	
Z_7	2	76	114
Z_8		38	
Z_9	1	57	
Z_{10}		57	
Z_{11}	0,5	38	
Z_{12}		76	
Z_{13}	2,52	96	134
Z_{14}		38	
Z_{17}	0,397	38	
Z_{18}		96	

Отримані значення числа зубів не є остаточними і можуть редагуватися в процесі виконання подальших розрахунків та побудови креслень.

3.5. Розробка конструкції приводу, та її розрахунок

3.5.1 Кінематичний розрахунок приводу

Розрахунок проводимо за методом запропонованим в [3].

Розрахункову частоту обертання шпинделя $n_{\text{розрах}}$, хв^{-1} визначається за формулою:

$$n_{\text{розрах}} = n_{\min} \sqrt[4]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}}, \quad (3.13)$$

де $n_{\min}$ – Мінімальна частота обертання шпинделя;

$n_{\max}$ – Максимальна частота обертання шпинделя;

$$n_{\text{розрах}} = 160 \sqrt[4]{\frac{6300}{160}} = 400,8 \text{хв}^{-1}$$

Приймаємо в якості розрахункової частоти, найближчу стандартну частоту обертання шпинделя $n_{\text{розрах}} = 400 \text{хв}^{-1}$.

За графіком обертань визначаємо частоти кожного вала n_i , хв^{-1}

$$n_I = n_{\text{дв}} = 1430 \text{хв}^{-1},$$

$$n_{II} = 1250 \text{хв}^{-1},$$

$$n_{III} = 1000 \text{хв}^{-1},$$

$$n_{IV} = 1000 \text{хв}^{-1}.$$

$$n_V = 400 \text{хв}^{-1}.$$

Визначаємо потужність на валах N_i , кВт за формулою:

$$N_i = N_{i-1} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3, \quad (3.14)$$

де N_{i-1} – потужність на попередньому валі, кВт;

η_1 – ККД пари кочення підшипників, $\eta_1 = 0,995$;

η_2 – ККД прямозубих циліндричних коліс, $\eta_2 = 0,96$;

η_3 – ККД муфти, $\eta_3 = 0,98$;

$$N_{II} = N_I \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 5,6 \cdot 0,995 \cdot 0,96 \cdot 0,98 = 5,2 \text{кВт},$$

$$N_{III} = N_{II} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 5,2 \cdot 0,995 \cdot 0,96 = 5 \text{кВт},$$

$$N_{IV} = N_{III} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 5 \cdot 0,995 \cdot 0,96 = 4,8 \text{кВт},$$

$$N_V = N_{IV} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 4,8 \cdot 0,995 \cdot 0,96 = 4,6 \text{кВт}.$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо обертові моменти на валах T_i , $H \cdot м$ за формулою:

$$T_i = 9550 \frac{N_i}{n_i}, \quad (3.15)$$

где N_i – потужність на i -ом валу, кВт;

n_i – частота обертання i -го вала, $хв^{-1}$.

$$T_2 = 9550 \frac{5,2}{1250} = 39,7 H \cdot м,$$

$$T_3 = 9550 \frac{5}{1000} = 47,8 H \cdot м,$$

$$T_4 = 9550 \frac{4,8}{1000} = 45,8 H \cdot м,$$

$$T_5 = 9550 \frac{4,6}{400} = 109,8 H \cdot м.$$

3.5.2 Розрахунок зубчастих передач

3.5.2.1 Вибір матеріалів и термообробки

Як матеріал для виготовлення усіх зубчастих коліс приймаємо сталь 40Х за ДСТУ 7806, з термообробкою - загартування та високий відпуск (35...40 HRC). Обробка зубчастого вінця включає низький відпуск (50...52 HRC). Механічні властивості матеріалу:

- для колеса: $\sigma_B = 1600$ МПа, $\sigma_T = 1400$ МПа, 480НВ (50HRC)
- для шестерні: $\sigma_B = 1600$ МПа, $\sigma_T = 1400$ МПа, 600НВ (62HRC)

3.5.2.2 Визначення допустимої напруги

Допустима контактна напруга для шестерні і колеса визначається за формулою:

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{H \lim b}}{S_H} \cdot K_{HL}, \quad (3.16)$$

де $\sigma_{H \lim b}$, МПа – базовий ліміт контактої стійкості зубів, визначений для шестерні і колеса:

$$\sigma_{H \lim bu} = 17 \cdot HRC + 200 = 17 \cdot 62 + 200 = 1254 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{H \lim bk} = 17 \cdot HRC + 200 = 17 \cdot 50 + 200 = 1050 \text{ МПа},$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_H = 1,2$ – коефіцієнт безпеки для зубчастих коліс з поверхневим зміцненням зубів;

K_{HL} – коефіцієнт довговічності,

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}}, \quad (3.17)$$

де $N_{HO} = 30 \cdot HB^{2.4} = 30 \cdot 480^{2.4} = 8 \cdot 10^7$ – базове число циклів навантаження;

$N_{HE} = 60 \cdot n_T \cdot t_h$ – еквівалентна кількість циклів зміни напружень, при:

$n_T = 160 \text{ хв}^{-1}$ – частота обертання тихохідного валу,

$$t_h = L \cdot 365 \cdot K_{років} \cdot 24 \cdot K_{дiб} = 5 \cdot 365 \cdot 0,6 \cdot 24 \cdot 0,3 = 7884_{год} \quad -$$

кількість годин роботи передачі розрахункового терміну служби,

де $K_{років}$, $K_{дiб}$ – коефіцієнт використання передачі за рік і за добу,

L , роки – термін служби;

$$N_{HE} = 60 \cdot n_T \cdot t_h = 60 \cdot 160 \cdot 7884 = 7,6 \cdot 10^7;$$

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{8 \cdot 10^7}{7,6 \cdot 10^7}} = 1.$$

Допустиме контактне напруження для колеса буде:

$$\sigma_{HPк} = \frac{\sigma_{Hlimb}}{S_H} \cdot K_{HL} = \frac{1050}{1,2} \cdot 1 = 875 \text{ МПа}.$$

Оскільки передача є прямозубою, подальший розрахунок ми будемо проводити з використанням $\sigma_{HPк} = \sigma_{HP} = 875 \text{ МПа}$.

Допустиме напруження вигину колеса и шестерні визначаємо за формулою:

$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{Flimb}}{S_F} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL}, \quad (3.18)$$

де σ_{Flimb} – базова межа витривалості зубів при згині, визначений для шестерні і колеса;

$K_{FL} = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує вплив двостороннього застосування навантаження (для $HB > 350$ і реверсивної передачі);

$S_F = 2$ – коефіцієнт безпеки;

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_{FL} – коефіцієнт довговічності, враховуючи вплив терміну служби і режиму навантаження (аналогічно K_{HL} приймається $K_{FL}=1$), при базовому числі циклів зміни напружень ($N_{FO} = 4 \cdot 10^6$ – для сталі).

Тоді допустимі напруження вигину колеса складуть:

$$\sigma_{FPu} = \frac{\sigma_{F \lim b}}{S_F} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL} = \frac{1254}{2} \cdot 0,8 \cdot 1 = 501,6 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{FPk} = \frac{\sigma_{F \lim b}}{S_F} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL} = \frac{1050}{2} \cdot 0,8 \cdot 1 = 420 \text{ МПа}.$$

3.5.2.3 Визначення розмірів передач і зубчастих коліс

Орієнтоване значення міжосьової відстані для більш навантаженої пари передач $z_{17}-z_{18}$ визначаємо за формулою:

$$a_1 = K_a (U_8 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_5 \cdot K_{H\beta}}{U_8^2 \cdot \varphi_{ba} \sigma_{HP}^2}}; \quad (3.19)$$

де $K_a=490$,

$K_{H\beta}=1,1$ – вибираємо по графіку (3 рис.4.2.3а) в залежності від φ_{bd}

$$\varphi_{ba} = \frac{2 \cdot \varphi_{bd}}{(u + 1)} = \frac{2 \cdot 0,2}{(0,397 + 1)} = 0,3.$$

$T_5=109,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$

$$a = 490 \cdot (0,397 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{109,8 \cdot 1,1}{0,397^2 \cdot 0,3 \cdot 875^2}} = 102,3 \text{ мм}.$$

Визначаємо модуль, припускаючи, що він однаковий для обох пар коліс:

$$m = 2a/z_{\Sigma}, \quad (3.20)$$

де z_{Σ} – сума зубів коліс,

a – міжосьова відстань,

$$m = \frac{2 \cdot 102,3}{134} = 1,5.$$

За [10] приймаємо модуль $m=1,5$.

Уточнюємо міжосьову відстань:

$$a = \frac{m \cdot z_{\Sigma}}{2} = \frac{1,5 \cdot 134}{2} = 100,5 \text{ мм}.$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо розміри вінців коліс.

Ділильні діаметри:

$$d = m \cdot z;$$

$$d_{z13} = m \cdot z_1 = 1,5 \cdot 96 = 144 \text{ мм};$$

$$d_{z14} = m \cdot z_2 = 1,5 \cdot 38 = 57 \text{ мм};$$

$$d_{z15} = m \cdot z_3 = 1,5 \cdot 38 = 57 \text{ мм};$$

$$d_{z16} = m \cdot z_4 = 1,5 \cdot 96 = 144 \text{ мм}.$$

Діаметри вершин:

$$d_a = d_z + 2 \cdot m;$$

$$d_{a13} = d_{z13} + 2 \cdot m = 144 + 2 \cdot 1,5 = 147 \text{ мм};$$

$$d_{a14} = d_{z14} + 2 \cdot m = 57 + 2 \cdot 1,5 = 60 \text{ мм};$$

$$d_{a15} = d_{z17} + 2 \cdot m = 57 + 2 \cdot 1,5 = 60 \text{ мм};$$

$$d_{a16} = d_{z18} + 2 \cdot m = 144 + 2 \cdot 1,5 = 147 \text{ мм}.$$

Діаметри западин:

$$d_f = d_z - 2,5 \cdot m;$$

$$d_{f13} = d_{z13} - 2,5 \cdot m = 144 - 2,5 \cdot 1,5 = 140,25 \text{ мм};$$

$$d_{f14} = d_{z14} - 2,5 \cdot m = 57 - 2,5 \cdot 1,5 = 53,25 \text{ мм};$$

$$d_{f15} = d_{z17} - 2,5 \cdot m = 57 - 2,5 \cdot 1,5 = 53,25 \text{ мм};$$

$$d_{f16} = d_{z18} - 2,5 \cdot m = 144 - 2,5 \cdot 1,5 = 140,25 \text{ мм}.$$

Ширина вінців коліс:

$$b_{\omega} = \phi_{ba} \cdot a, ; \quad (3.21)$$

$$b_{\omega} = 0,3 \cdot 100,5 = 30 \text{ мм}.$$

приймаємо ширину колеса $b_k = 30 \text{ мм}$;

ширину шестерні $b_{ш} = 33 \text{ мм}$.

Аналогічно визначаємо геометричні параметри решти зубчастих передач цієї та наступних груп. Результати розрахунків зводимо у таблицю

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків зубчастих коліс

	z	Σz	i	m	a_w	d	d_f	d_a	b_k	b_{III}	T
z_1	53	106	1	1,5	79,5	79,5	75,75	82,5	16	19	47,8
z_2	53					79,5	75,75	82,5			
z_3	47		0,794			70,5	66,75	73,5			
z_4	59					88,5	84,75	91,5			
z_5	41		0,63			61,5	57,75	64,5			
z_6	65					97,5	93,75	100,5			
z_7	76	114	2	1,5	85,5	114	110,25	117	23	26	45,8
z_8	38					57	53,25	60			
z_9	57		1			85,5	81,75	88,5			
z_{10}	57					85,5	81,75	88,5			
z_{11}	38		0,5			57	53,25	60			
z_{12}	76					114	110,25	117			
z_{13}	96	134	2,52	1,5	100,5	144	140,25	147	30	33	109,8
z_{14}	38					57	53,25	60			
z_{15}	38		0,397			57	53,25	60			
z_{16}	96					144	140,25	147			

3.5.2.4 Перевірочний розрахунок прямозубої передачі

Здійснимо перевірочний розрахунок контактних напружень та напружень вигину для найбільш навантаженої передачі, якою є зубчаста пара. $Z_{15}-Z_{16}$.

а) Перевірочний розрахунок на контактну витривалість.

Розрахункове контактне напруження для зубчастого колеса:

$$\sigma_H = z_H \cdot z_E \cdot z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_H \cdot (U + 1)}{b \cdot d_{z13} \cdot U}} \leq \sigma_{HP}, \quad (3.22)$$

де $z_H = 1,77$ – (для прямозубих зубчастих коліс) коефіцієнт, що враховує форму спряжених поверхонь зубів у полюсі зчеплення [44];

$z_E = 275 \text{ МПа}^{1/2}$ – (для сталевих зубчастих коліс) коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів спряжених зубчастих коліс;

$z_\varepsilon = 1$ – (для прямозубих циліндричних передач) коефіцієнт, що враховує загальну довжину контактних ліній;

$$\text{де} \quad \varepsilon_a = (1,88 - 3,2 \cdot (\frac{1}{Z_{15}} - \frac{1}{Z_{16}})) = (1,88 - 3,2 \cdot (\frac{1}{38} - \frac{1}{96})) = 1,83 \quad -$$

коефіцієнт торцевого перекриття,

$$F_t = \frac{2000 \cdot T_5}{d_{16}} = \frac{2000 \cdot 109,8}{144} = 1525 \text{ Н} - \text{окружна сила на початковому колі};$$

$$K_H = K_A \cdot K_{Hv} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} = 1,5 \cdot 1,03 \cdot 1,03 \cdot 1 = 1,6 - \text{коефіцієнт навантаження};$$

де $K_A = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує зовнішнє динамічне навантаження;

$K_{Hv} = 1,03$ – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження, яке виникає при в зчепленні (в залежності від окружної швидкості):

$$V = \frac{\pi \cdot d_{16} \cdot n_{\min} \cdot m_4}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 144 \cdot 160 \cdot 1,5}{60 \cdot 1000} = 1,8 \text{ м/с} \text{ і степені точності зчеплення} -$$

$K_{H\beta} = 1,03$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілення навантаження по ширині зубчастого вінця;

$K_{H\alpha} = 1$ – (для прямозубих коліс) – коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження між зубцями;

$b = 30 \text{ мм}$ – робоча ширина вінця зубчастої передачі;

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$d_{16}=144\text{мм}$ – дільний діаметр;

$U=0,397$ – передаточне відношення.

Таким чином:

$$\sigma_H = 1,77 \cdot 275 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{1525 \cdot 1,6 \cdot (0,397 + 1)}{30 \cdot 144 \cdot 0,397}} = 686,2 \text{ МПа.}$$

Тобто $\sigma_H = 686,2 \text{ МПа} < \sigma_{HP} = 875 \text{ МПа}$ – умова міцності для контактної витривалості виконана.

б) Перевіряємо розрахунок на напруження вигину

Визначаємо розрахункове напруження вигину за формулою:

$$\sigma_F = Y_F \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot \frac{F_t \cdot K_F}{b \cdot m} \leq \sigma_{FP}, \quad (3.23)$$

де $Y_{Fu} = 3,77$ – коефіцієнт форми зуба (у залежності від значення числа зубів шестерні $z_{15}=38$);

$Y_{Fk} = 3,72$ – коефіцієнт форми зуба (у залежності від значення числа зубів колеса $z_{16}=96$);

$\sigma_{FPu} = 501,6 \text{ МПа}$ – допустиме навантаження згину для шестерні;

$\sigma_{FPk} = 420 \text{ МПа}$ – допустиме навантаження згину для колеса.

Визначаємо менш міцну ланку:

$$\sigma_{FPu} / Y_{Fu} = 501,6 / 3,77 = 133;$$

$$\sigma_{FPk} / Y_{Fk} = 420 / 3,72 = 113.$$

Розрахунок проводимо по колесу.

$Y_\varepsilon = 1$ – (попередньо) коефіцієнт, що враховує перекриття зубів;

$Y_\beta = 1$ – (для прямозубої передачі) коефіцієнт, що враховує нахил зуба;

$$F_t = \frac{2000 \cdot T_5}{d_{16}} = \frac{2000 \cdot 91,7}{144} = 1525 \text{ Н} \text{ – окружна сила на початковому колі;}$$

$b = 30 \text{ мм}$ – робоча ширина вінця зубчастої передачі;

$m = 1,5 \text{ мм}$ – модуль зчеплення;

$$K_F = K_A \cdot K_{Fv} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} = 1,5 \cdot 1,03 \cdot 1,03 \cdot 1 = 1,6 \text{ – коефіцієнт навантаження;}$$

де $K_A = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує зовнішнє динамічне навантаження;

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

$K_{Fv}=1,03$ – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження, яке виникає в зчепленні (в залежності від колової швидкості): $V = \frac{\pi \cdot d_{16} \cdot n_{\min} \cdot m_4}{60 \cdot 1000}$
 $= \frac{3,14 \cdot 144 \cdot 160 \cdot 1,5}{60 \cdot 1000} = 1,8_{м/с}$ і степені точності зчеплення –8);

$K_{F\beta}=1,03$ коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілення навантаження по ширині зубчастого вінця (в залежності від ψ_{bd});

$K_{F\alpha}=1$ – (для прямозубих коліс) коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження між зубами;

Таким чином:

$$\sigma_F = 3,72 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{1525 \cdot 1,6}{30 \cdot 1,5} = 202 \text{ МПа.}$$

Тобто, $\sigma_F = 202 \text{ МПа} \leq \sigma_{FP} = 420 \text{ МПа}$, відповідно, умова виконана.

3.5.3 Розрахунок валів

Визначення діаметрів ступенів валів:

Визначимо діаметри вихідних кінців валів для встановлення підшипників за формулою, остаточно приймаючи діаметр вала під підшипники.

$$d_{ki} = \sqrt[3]{\frac{T_i}{0,2 \cdot [\tau]}}, \quad (3.24)$$

де d_{ki} , мм – визначальний діаметр i – го валу;

T_i , Нм – крутний момент на i -му валу;

$[\tau] = 20 \dots 30 \text{ МПа}$ – Допустимі контактні напруження ,

тоді:

$$d_{II} = \sqrt[3]{\frac{39,7 \cdot 1000}{0,2 \cdot 25}} = 19,9_{мм}, \quad d_{II} = 20_{мм};$$

$$d_{III} = \sqrt[3]{\frac{47,8 \cdot 1000}{0,2 \cdot 25}} = 21,2_{мм}, \quad d_{III} = 20_{мм};$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

$$d_{IV} = \sqrt[3]{\frac{45,8 \cdot 1000}{0,2 \cdot 25}} = 20,9 \text{ мм}, \quad d_{IV} = 20 \text{ мм};$$

$$d_V = \sqrt[3]{\frac{109,8 \cdot 1000}{0,2 \cdot 25}} = 28 \text{ мм}, \quad d_V = 30 \text{ мм}.$$

Далі розрахунок будемо проводити для IV-го валу, який є найбільш навантаженим. Отже, вихідними даними для розрахунку будуть: діаметр валу $d_4 = 25 \text{ мм}$, крутний момент на валу $T_4 = 45,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$, дільний діаметр зубчастих коліс, який знаходиться в зчепленні $d_{10} = 85,5$ і $d_{16} = 144 \text{ мм}$, $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$, число зубів колеса $z = 57$, $z = 96$.

Визначимо сили, що виникають внаслідок зчеплення:

Колова сила F_t , Н:

$$F_{t1} = \frac{2000 \cdot T_4}{d_{z15}},$$

$$F_{t2} = \frac{2000 \cdot T_3}{d_{z9}}.$$
(3.25)

$$F_{t1} = \frac{2000 \cdot 45,8}{57} = 1607 \text{ Н},$$

$$F_{t2} = \frac{2000 \cdot 47,8}{85,5} = 1118 \text{ Н}.$$

Радіальна сила F_r , Н:

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$
(3.26)

де α – кут зчеплення, $\alpha = 20^\circ$.

$$F_{r1} = 1607 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 585 \text{ Н}$$

$$F_{r2} = 1118 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 407 \text{ Н}$$

Розкладаємо сили F_t , F_r на складові в вертикальній і горизонтальній площинах:

$$F_{r1x} = F_{r1} \cdot \cos 45^\circ = 585 \cdot \cos 45^\circ = 414 \text{ Н},$$

$$F_{t1x} = F_{t1} \cdot \cos 45^\circ = 1607 \cdot \cos 45^\circ = 1136 \text{ Н},$$

$$F_{r1y} = F_{r1} \cdot \sin 45^\circ = 585 \cdot \sin 45^\circ = 414 \text{ Н},$$

$$F_{t1y} = F_{t1} \cdot \sin 45^\circ = 1607 \cdot \sin 45^\circ = 1136 \text{ Н}.$$
(3.27)

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
F_{r2x} &= 0, \\
F_{t2x} &= F_{t2} = 1118H, \\
F_{r2y} &= F_{r2} = 407H, \\
F_{t2y} &= 0.
\end{aligned}
\tag{3.28}$$

Тоді отримуємо сили, що діють в вертикальній і горизонтальній площинах:

$$\begin{aligned}
F'_{x1} &= -F_{t1x} - F_{r1x} = -1136 - 414 = -1550H, \\
F'_{y1} &= F_{r1y} - F_{t1y} = 414 - 1136 = -722H. \\
F'_{x2} &= F_{t2x} = 1118H, \\
F'_{y2} &= F_{r2y} = 407H.
\end{aligned}
\tag{3.29}$$

Визначимо зусилля, які виникають у опорах, для цього розкладемо реакції на горизонтальні і вертикальні складові. Тоді реакції опор від сил у горизонтальній площині складуть:

$$\begin{aligned}
\sum M_A &= 0, \\
\sum M_A &= 0,031 \cdot F'_{x1} - (0,437 + 0,031) \cdot F'_{x2} - R_B \cdot 0,656, \\
0,031 \cdot 1550 - 0,468 \cdot 1118 - 0,656 \cdot R_B &= 0, \\
R_B &= -724H. \\
\sum M_B &= 0, \\
\sum M_B &= -R_A \cdot 0,656 - F'_{x1} \cdot (0,437 + 0,188) + F'_{x2} \cdot 0,188, \\
-R_A \cdot 0,656 - 0,625 \cdot 1550 + 1118 \cdot 0,188 &= 0, \\
R_A &= -1156H.
\end{aligned}$$

у вертикальній площині:

$$\begin{aligned}
\sum M_A &= 0, \\
\sum M_A &= 0,031 \cdot F'_{y1} - (0,437 + 0,031) \cdot F'_{y2} + R_B \cdot 0,656, \\
0,031 \cdot 722 - 0,468 \cdot 407 + 0,656 \cdot R_B &= 0, \\
R_B &= 256H. \\
\sum M_B &= 0, \\
\sum M_B &= -R_A \cdot 0,656 - F'_{y1} \cdot (0,437 + 0,188) + F'_{y2} \cdot 0,188, \\
-R_A \cdot 0,656 - 722 \cdot 0,625 + 407 \cdot 0,188 &= 0, \\
R_A &= -571H.
\end{aligned}$$

Ескіз згортки коробки швидкостей

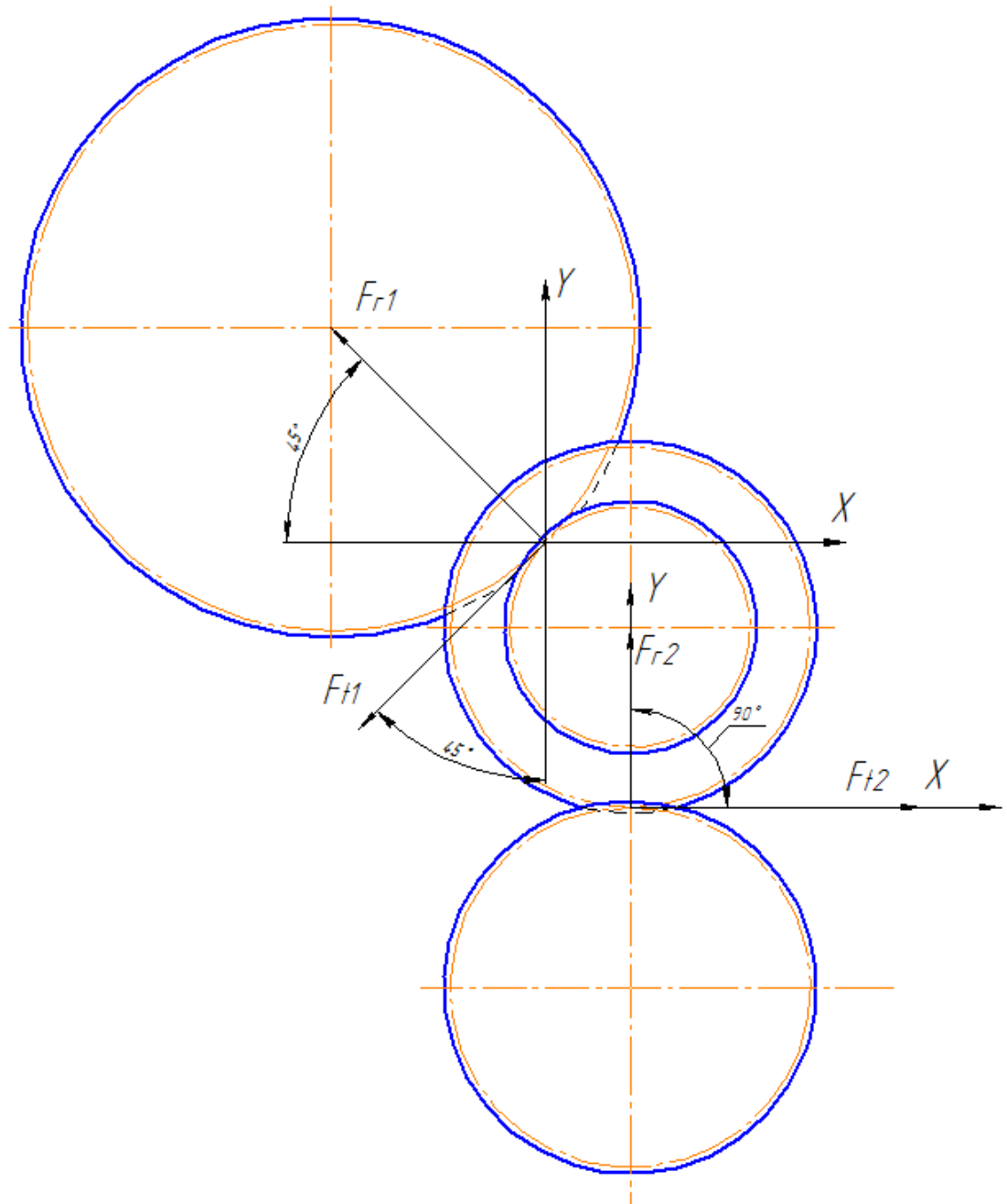


Рис.3.11 – Компоновка валів та зубчатих коліс у коробці верстату

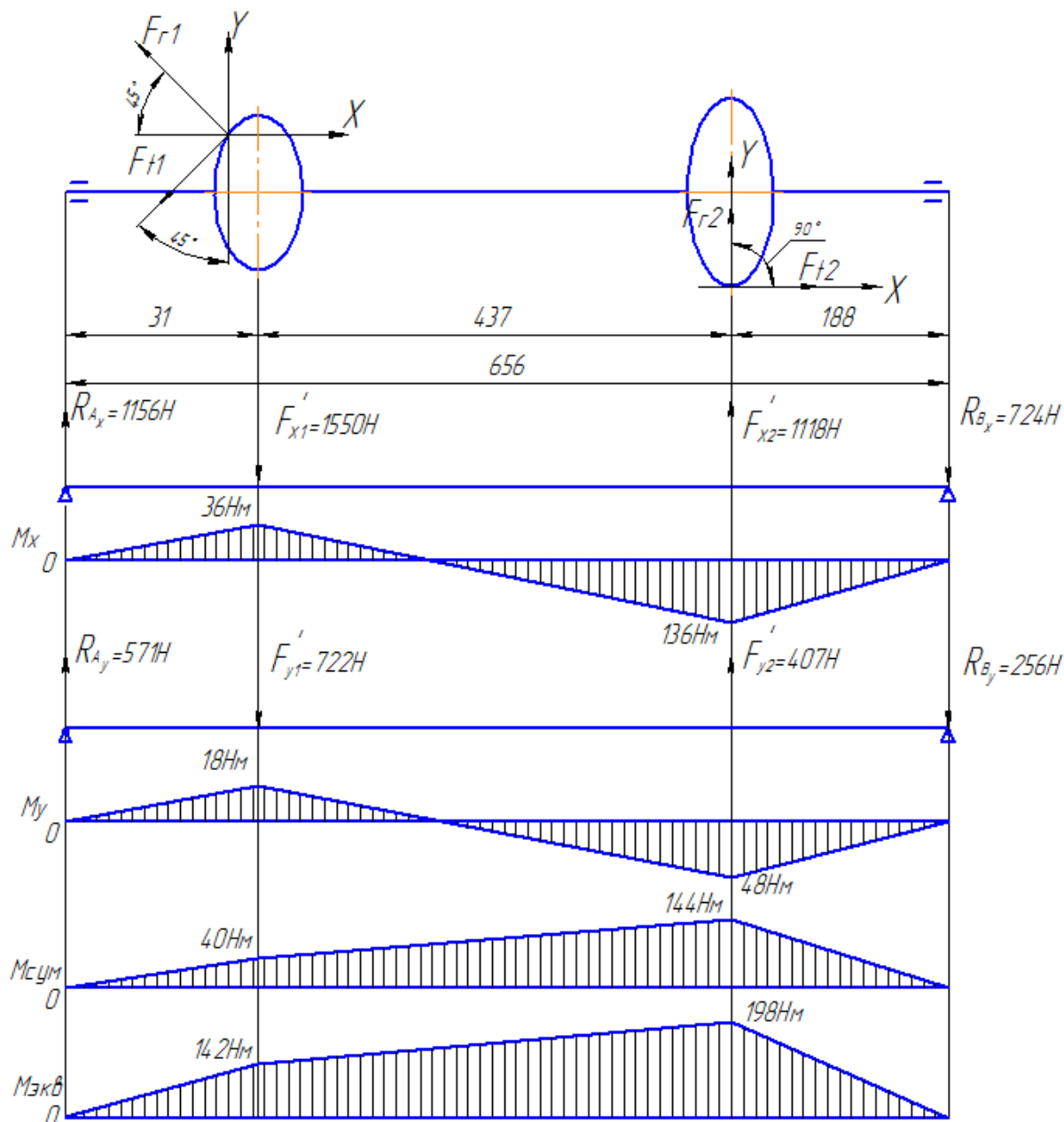


Рис. 3.12 – Епюра вигинаючих моментів

За отриманими значеннями знайдених реакцій та з епюр згинальних моментів, у вертикальній та горизонтальній площинах, визначаємо значення сумарних згинальних моментів по довжині валу з виразу:

$$M_{\text{сум.зг}} = \sqrt{M_{\text{зг.Г}}^2 + M_{\text{зг.В}}^2}, \quad (3.30)$$

де $M_{\text{сум.зг}}$, $M_{\text{зг.Г}}$, $M_{\text{зг.В}}$, Нм – відповідно сумарний згинальний момент і згинальні моменти в горизонтальній та вертикальній площинах.

$$M_{\text{сум зг.}} = \sqrt{36^2 + 18^2} = 40 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{сум.зг}} = \sqrt{136^2 + 48^2} = 144 \text{ Нм.}$$

Визначимо значення еквівалентного моменту:

$$M_{\text{ЕКВ}} = \sqrt{M_K^2 + M_{\text{сум.зг}}^2}; \quad (3.31)$$

$$M_{\text{ЕКВ}} = \sqrt{136^2 + 40^2} = 142 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{ЕКВ}} = \sqrt{136^2 + 144^2} = 198 \text{ Нм.}$$

Уточнюємо діаметр валу за найбільшим еквівалентним моментом:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{ЕКВ}}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]} = \sqrt[3]{\frac{198 \cdot 1000}{0,1 \cdot 325}} = 19 \text{ мм.}$$

Вибраний діаметр валу – правильний.

З побудови епюри сумарних моментів, що крутять, визначаємо, що найбільш небезпечним є переріз валу під зубчастим колесом z_{10} , де сумарний крутний момент є максимальним. Подальший розрахунок валу будемо проводити за цим небезпечним перерізом.

Розрахунок валу на втомну міцність:

Розрахунок будемо проводити за сумарним згинальним і крутним моментом в найбільш небезпечному перерізі, де їх значення складають відповідно

$$M_{\text{сум}} = 144 \text{ Нм,}$$

$$T_4 = 45,8 \text{ Нм.}$$

Як матеріал для виготовлення валу приймемо сталь 45 ДСТУ 7809, з механічними властивостями в нормалізованому стані: $\sigma_B = 650$ МПа, $\sigma_T = 430$ МПа, 229 НВ.

Для забезпечення достатньої втомної міцності, необхідно виконання наступної умови:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S], \quad (3.32)$$

где S – загальний коефіцієнт запасу міцності;

$[S] = 1,5$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності;

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\sigma_a \cdot K_{\sigma}}{K_d \cdot K_F} + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} - \text{коефіцієнт запасу за нормальної напруги};$$

де $\sigma_{-1} = 0,5 \cdot \sigma_B = 0,5 \cdot 650 = 325 \text{ МПа}$ – (для конструкційної сталі) межа витривалості сталі при симетричному циклі згину;

$$\sigma_a = \frac{M_{\text{сум}}}{0,1 \cdot d_4^3} = \frac{144 \cdot 1000}{0,1 \cdot 25^3} = 92,2 \text{ МПа} - \text{амплітуда циклу нормальних}$$

напруг, що дорівнює найбільшій нарузі вигину в аналізованому перерізі;

$K_{\sigma} = 1,6$ – ефективний коефіцієнт концентрації нормальних напруг;

$K_d = 0,87$ – масштабний фактор для нормальних напруг;

$K_F = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості поверхні;

$\psi_{\sigma} = 0,1$ – коефіцієнт, що коригує вплив постійної складової циклу напруги на опір втоми;

$\sigma_m = 0$ (оскільки осьове навантаження на вал відсутнє) – середня напруга циклу зміни нормальних напруг;

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a \cdot K_{\tau}}{K_d \cdot K_F} + \psi_{\tau} \cdot \tau_m} - \text{коефіцієнт запасу за дотичною напругою},$$

де $\tau_{-1} = 0,3 \cdot \sigma_B = 195 \text{ МПа}$ – межа витривалості сталі при симетричному циклі крутіння;

$$\tau_a = \frac{T_4}{0,2 \cdot d_4^3} = \frac{45,8 \cdot 1000}{0,2 \cdot 25^3} = 14,6 \text{ МПа} - \text{амплітуда циклу дотичних напруг},$$

що дорівнює найбільшій нарузі кручення в аналізованому перерізі;

$K_{\tau} = 2,45$ – ефективний коефіцієнт концентрації дотичних напружень;

$K_d = 0,87$ – масштабний фактор для дотичних напруг;

$K_F = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості поверхні;

$\psi_{\tau} = 0,05$ – коефіцієнт, що коригує вплив постійної складової циклу дотичних напруг на опір втоми;

$\tau_m = \tau_a = 11,2 \text{ МПа}$ – середня напруга циклу зміни дотичних напруг.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Тоді:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\sigma_a \cdot K_{\sigma}}{K_d \cdot K_F} + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} = \frac{325}{\frac{92,2 \cdot 1,6}{0,87 \cdot 0,9} + 0,1 \cdot 0} = 1,7.$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a \cdot K_{\tau}}{K_d \cdot K_F} + \psi_{\tau} \cdot \tau_m} = \frac{195}{\frac{14,6 \cdot 2,45}{0,87 \cdot 0,9} + 14,6 \cdot 0,05} = 4,2.$$

Щодо загального коефіцієнта запасу міцності:

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{4,2 \cdot 1,7}{\sqrt{4,2^2 + 1,7^2}} = 1,6.$$

На основі цього, якщо $=1,6 \geq [S] = 1,5$, це означає, що запас втомної міцності забезпечений. Для розрахунку статичної міцності вала використовують еквівалентні напруження, які згідно з третьою і четвертою теоріями міцності визначаються за виразом:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2}, \quad (3.33)$$

где $\sigma_{\max} = \frac{M_{сум}}{0,1 \cdot d_4^3} = \frac{144 \cdot 1000}{0,1 \cdot 25^3} = 92,2 \text{ МПа}$ – найбільше напруження на згин в розглянутому перерізі.

$$\tau_{\max} = \frac{T_4}{0,2 \cdot d_4^3} = \frac{45,8 \cdot 1000}{0,2 \cdot 25^3} = 14,6 \text{ МПа} \quad \text{– найбільше крутне напруження в}$$

розглянутому перерізі.

Тоді:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2} = \sqrt{92,2^2 + 3 \cdot 14,6^2} = 95,6 \text{ МПа}.$$

Значення $\sigma_{екв} = 102 \text{ МПа} < \sigma_T = 350 \text{ МПа}$, при цьому коефіцієнт запасу становить:

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_{екв}} = \frac{350}{95,6} = 3,66.$$

Отже, статична міцність вала забезпечена.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5.4 Вибір і розрахунок підшипників

За визначеними діаметрами вихідних кінців валів ми обираємо підшипники для встановлення валів у корпусі коробки. Оскільки всі передачі на валах є прямозубими, ми можемо знехтувати осьовими силами в заціпленнях, тому оптимальним варіантом є кулькові радіальні однорядні підшипники за ДСТУ 8338 – 2008.

Проводимо відбір підшипників для IV вала.

Вихідні дані:

d – діаметр в місці монтажу нижньої опори підшипників 20 мм;

D – діаметр у місці монтажу верхньої опори підшипників, 20 мм;

n – частота вращения вала – 1000 хв^{-1} ;

L_h – ресурс – 20000 годин.

Реакции опор F_R , Н:

$$F_{R1} = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} = \sqrt{1156^2 + 571^2} = 1289 \text{ Н},$$

$$F_{R2} = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{724^2 + 256^2} = 768 \text{ Н}.$$

Оскільки права опора більш навантажена, розраховуємо для неї.

Попередньо призначаємо кулькові радіальні підшипники №204.

Еквівалентна навантаженість P_r , Н:

$$P_r = X \cdot V \cdot F_r \cdot K_\delta \cdot K_T, \quad (3.34)$$

где V – коефіцієнт обертання, $V=1$;

$X=1$, $Y=0$ – коефіцієнт радіального і осьового навантаження;

$K_\delta=1,3$ – коефіцієнт безпеки, що враховує характер навантаження;

$K_T=1$ – температурный коефіцієнт.

$$P_r = 1 \cdot 1 \cdot 1289 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1676 \text{ Н}.$$

Еквівалентна довговічність L_{hE} , ч

$$L_{hE} = L_E \cdot K_{HE} = 20000 \cdot 0,25 = 5000 \text{ ч}.$$

де $K_{HE}=0,25$ – коефіцієнт режиму навантаження.

Кількість обертів L_E , млн. об.:

$$L_E = 60 \cdot 10^{-6} \cdot n \cdot L_{hE} = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 5000 = 300 \text{ млн. об.} \quad (3.35)$$

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Динамічна вантажопідйомність C , Н:

$$C = P \cdot \sqrt[3]{\frac{L_E}{a_1 \cdot a_2}} = 1676 \cdot \sqrt[3]{\frac{300}{1 \cdot 1}} = 11219,7 \text{ Н.} \quad (3.36)$$

где a_1 – коефіцієнт надійності;

a_2 – узагальнений коефіцієнт спільного впливу якості металу та умов експлуатації.

Таблиця 3.4 – Результати підбору підшипників

Номер валу	Позначення підшипника
2	204
3	204
4	204
5	206

3.5.5 Розрахунок шпонкового з'єднання

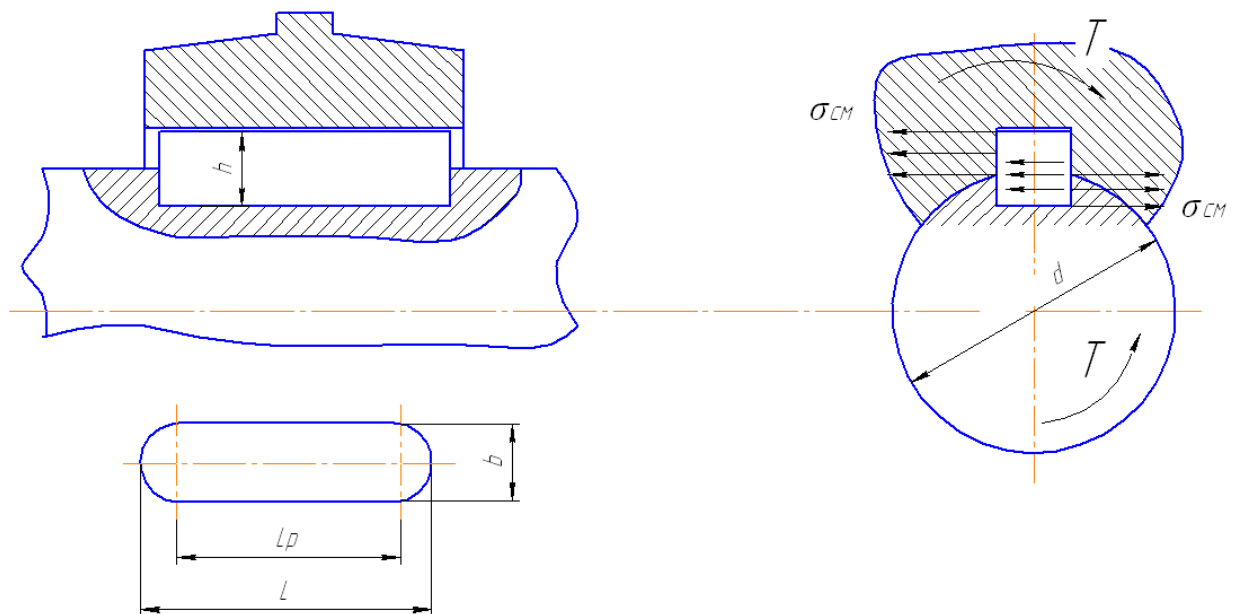


Рис. 3.13 – Шпонкове з'єднання

Перевірковий розрахунок шпонкового з'єднання будемо виконувати для вала IV. Приймаємо призматичну шпонку згідно з ДСТУ 24069-2005. Матеріал

шпонки - сталь 45, згідно з ДСТУ 7806. Розміри шпонки і секції пазу для d=25 мм: b=8 мм, h=7 мм, l=63 мм, r=0,25-0,4 мм.

Довжина шпонки, виходячи з умови міцності на стиснення l, мм

$$\sigma_{cm} = \frac{4T_{кр}}{h \cdot l \cdot d} = \frac{4 \cdot 45,8}{0,007 \cdot 0,063 \cdot 0,025} = 16,6 \cdot 10^6 \text{ Па} = 16,6 \text{ МПа}, \leq [\sigma_{cm}] = 110 \text{ МПа}. \quad (3.37)$$

Умова міцності за напруженням стиснення виконується.

Навантаження зрізу, τ , МПа

$$\tau = \frac{2 \cdot T_{кр}}{b \cdot l_p \cdot d} < [\tau], \quad (3.38)$$

де b=8 мм – ширина шпонки;

$[\tau]=60$ МПа – допустиме навантаження зрізу.

$$\tau = \frac{2 \cdot 45,8}{0,008 \cdot 0,063 \cdot 0,025} = 7,3 \text{ МПа} < [\tau] = 60 \text{ МПа}.$$

Міцність шпонкового з'єднання забезпечена. Аналогічно вибираємо інші шпонки. Результати розрахунку подаємо у формі таблиці.

Таблиця 3.5 – Параметри шпонкового з'єднання

Колеса	Діаметр вала, d, мм	Розмір шпонки b×h×l, мм
Z ₁ , Z ₃ , Z ₅ ,	25	8×7×50
Z ₇ , Z ₉ , Z ₁₁ ,	25	8×7×63
Z ₁₄ , Z ₁₆	35	10×8×40

4.6 Розрахунок шліцевого з'єднання

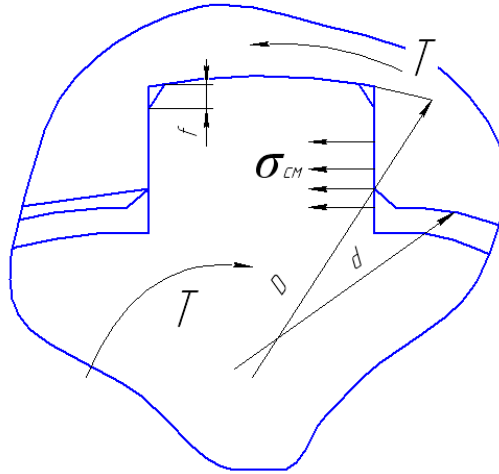


Рис. 3.14 – Шліцеве з'єднання

Обираємо пряме шліцеве з'єднання з центруванням за зовнішнім діаметром. Проведемо повний розрахунок шліцевого з'єднання на валу IV. Розрахунок шліцевого з'єднання будемо проводити на стиснення і знос.

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{z \cdot h \cdot d_{cp} \cdot l} < [\sigma_{cm}], \quad (3.39)$$

де z – кількість шліців, $z=6$;

d_{cp} – середній діаметр, $d_{cp}=23\text{мм}$;

h – робоча висота шліца, $h=2\text{мм}$;

l – робоча довжина шліців, $l=172\text{мм}$;

$[\sigma_{cm}]=70\text{МПа}$ – допустиме напруження стиснення.

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot 45,8}{6 \cdot 0,002 \cdot 0,023 \cdot 0,172} = 1,9\text{МПа} < [\sigma_{cm}] = 15\text{МПа}.$$

Напруження на знос $\sigma_{знос}$, МПа.

$$\sigma_{изн} = \frac{2M_{кр}}{z \cdot h \cdot d_{cp} \cdot l} < [\sigma_{знос}]; \quad (3.40)$$

де $[\sigma_{изн}]=40\text{МПа}$ – допустиме напруження на знос

$$\sigma_{изн} = \frac{2 \cdot 45,8}{6 \cdot 0,002 \cdot 0,023 \cdot 0,172} = 1,9\text{МПа} < [\sigma_{знос}] = 40\text{МПа}.$$

Результати розрахунків інших шлицевих з'єднань, які забезпечують умови міцності, представляю у вигляді таблиці.

Таблиця 3.6 – Результат підбора шлицевих з'єднань згідно ДСТУ 2232-92.

Номер вала	Обозначение шлицевого соединения
III	$D - 6 \times 21 \frac{H7}{f7} \times 25 \frac{H8}{g6} \times 5 \frac{H9}{h7}$
IV	$D - 6 \times 21 \frac{H7}{f7} \times 25 \frac{H8}{g6} \times 5 \frac{H9}{h7}$

3.6. Опис системи керування

Для перемикавання передач необхідно переміщувати один подвійний та два потрійних блоки зубчастих коліс. Перемикавання всіх зубчастих блоків здійснюється за допомогою ручного механізму керування. Обертання рукоятки (31) здійснює переміщення одного потрійного блоку зубчастих коліс вилкою (24), яка засовується на вінець зубчастого блоку або встановлюється в просік між вінцями зубчастого блоку. Аналогічно, обертання іншої рукоятки (31) здійснює переміщення другого потрійного блоку зубчастих коліс вилкою (25). При переміщенні блока на валу фіксуючий механізм, розташований у вилці, також переміщується разом з нею. У певному положенні кулька фіксуючого механізму вставляється в виріз на направляючій, і блок не може переміщуватися без застосування додаткового зусилля (обертання рукоятки). Переміщення вилки по направляючій обмежується упорами, розташованими з обох боків від вилки перемикавання зубчастого блоку.

Механізм керування подвійним зубчастим блоком аналогічний.

3.7 Опис системи змащення

Система змащення коробки передач передбачає подачу необхідної кількості змащувального матеріалу до пар тертя, його розподіл по всій робочій поверхні та очищення змащення.

Система змащення проектного вузла є частиною загальної системи змащення верстату. Змащення верстату забезпечується наступними системами:

- циркуляційною
- набивкою.

Циркуляційна система забезпечує мащення коробки передач, подачу, механізму подачі, свердлильної головки, плунжерного насоса, масловказників. Плунжерний насос кріпиться до нижньої пластини корпусу коробки передач і приводиться в дію від ексцентрика, закріпленого на валу коробки передач. Подаване насосом масло подається по трубкам з прорізами на зубчасті колеса, вали, підшипники коробок передач і подачу, свердлильної головки, після чого відтікає назад до масляного резервуара.

Змазка підшипників шпинделя, підшипників приводу коробки передач, підшипників електродвигуна і підшипників електронасоса здійснюється набивкою консистентною смазкою.

Для обслуговування системи змазки необхідно заповнити масляний резервуар до рівня нижнього масловказника мастилом "Індустріальне 20А". Рівень масла слід перевіряти за червоною точкою масловказника до запуску станка або після його вимкнення через 10-15 хвилин (після стоку масла в резервуар). При нормальній роботі насоса масло повинно безперервно подаватися в контрольне віконечко. Рекомендується заміну масла проводити вперше після 10 днів роботи, вдруге після 20 днів, а потім кожні три місяці. Перевірку системи змазки також рекомендується проводити через кожні три місяці.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Характеристика виробничої дільниці з точки зору охорони праці та заходи по покращенню умов праці.

Безпечність виробничого процесу - це властивість виробничого процесу відповідати вимогам безпеки праці під час проведення його в умовах, установлених нормативною документацією. У відповідності з нормативами безпечність виробничих процесів забезпечується: правильним вибором технологічних процесів, робочих операцій та порядку обслуговування виробничого устаткування. Вибором виробничих приміщень чи зовнішніх майданчиків; вибором вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів вибором виробничого устаткування; розташуванням виробничого устаткування та організацією робочих місць; вибором способів зберігання та транспортування вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва розподілом функцій між людиною та устаткуванням з метою зменшення важкості праці; професійним відбором та навчанням працівників; застосуванням засобів захисту працівників; включенням вимог безпеки в нормативно технічну та технологічну документацію.

Виробничі процеси не повинні забруднювати навколишнє середовище викидами шкідливих та небезпечних речовин, а також спричинювати вибухи та пожежі. Якщо в процесі проведення технологічного процесу проявляються певні небезпеки, то це зазвичай, наслідки помилок, які були допущені ще на стадії його розробки та проектування. Тому при проектуванні, організації та проведенні технологічних процесів необхідно передбачати:

- усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами та відходами виробництва, які мають на них небезпечний та шкідливий вплив;

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Оліхавський			ОХОРОНА ПРАЦІ		
Перевір.		Окіпний					
Реценз.							
Н. Контр.		Кодельник					
Затверд.		Крцупа					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						88	122
					ТНТУ ім.І.Пулюя, ФМТ МВС-41		

- заміну технологічних процесів та операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних та шкідливих виробничих чинників, процесами та операціями, при виконанні яких ці чинники відсутні або мають меншу інтенсивність.
- застосування комплексної механізації, автоматизації та комп'ютеризації виробництва;
- застосування дистанційного керування технологічними процесами та операціями при наявності небезпечних і шкідливих виробничих чинників.
- використання засобів колективного захисту працівників;
- раціональну організацію праці та відпочинку з метою профілактики, та зниження важкості праці;
- своєчасне отримання інформації про виникнення небезпечних та шкідливих виробничих чинників на окремих технологічних операціях;
- своєчасне видалення та знешкодження відходів виробництва, які є джерелами небезпечних і шкідливих виробничих чинників;
- забезпечення пожежо та вибухо безпеки.

У відповідності з ДБН А.3.2-2-2009 безпечність виробничого процесу забезпечується: правильним вибором технологічних процесів, робочих операцій та порядку обслуговування виробничого устаткування; вибрано виробниче приміщення; вибрано матеріали; організовано робочі місця; забезпечено вимоги безпеки в нормативно-технічній і технологічній документації [14]. При організації технологічних процесів забезпечено:

- усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами;
- забезпечено автоматизацію виробничих процесів;
- застосовано засоби колективного захисту;
- забезпечено пожежо та вибухобезпеку.

Раціональне розташування основного та допоміжного устаткування, виробничих меблів, а також правильна організація робочих місць мають

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

важливе значення для здорових та безпечних умов праці. Столи, шафи, стелажі та інші виробничі меблі поставлені впритул до конструктивних елементів будівлі. До складу дільниці також ще входять допоміжні приміщення: гардероб, умивальні, туалети, їдальня.

Вимоги техніки безпеки до виробничого обладнання дільниці:

- виробниче устаткування, пристрої та інструменти протягом усього періоду експлуатації повинні відповідати вимогам безпеки
- небезпечні місця на дільниці огорожуються;
- конструкція устаткування виключає можливість їх падіння, опускання, перекидання та довільного зміщення при усіх передбачених умовах експлуатації і монтажу;
- кабелі повинні бути захищені від випадкового їх пошкодження;
- пристрої для зупинки та пуску устаткування розміщені так, щоб ними було зручно користуватися з робочого місця;
- поверхні пристроїв і елементи виробничого устаткування, які служать елементами безпеки для працюючих, пофарбовані згідно ДБН А.3.2-2-2009;
- устаткування на дільниці в процесі експлуатації не забруднює виробниче середовище викидами шкідливих речовин у кількості більшій гранично допустимих значень, встановлених ДБН А.3.2-2-2009;
- устаткування, яке є джерелом шуму, ультразвуку, вібрації, повинно відповідати ДБН А.3.2-2-2009;
- контрольно вимірювальні прилади, що утримуються у справному стані, необхідно періодично перевіряти;
- на несправне обладнання керівник дільниці вивішує таблицю, на якій вказано, що працювати на даному устаткуванні заборонено;
- устаткування гідравлічне і пневматичне повинно бути виконано так, щоб будь-яка небезпека, що викликана цими видами енергії була виключена;
- електричний інструмент підлягає періодичні перевірки не менше одного разу в 6 місяців згідно з ДСТУ 7237:2011;

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- у конструкціях ручного механізованого інструменту є пристрої для його підвішування.

Всі робочі місця на дільниці атестовані. Умови праці відносяться до категорії допустимих, тобто не шкодять здоров'ю.

Навчання з питань охорони праці на підприємстві здійснюється наступним чином: кожен працівник раз в три роки проходить навчання з техніки безпеки та ОП а саме, прослуховує лекції, консультації, семінарські і практичні заняття, здає іспит і отримує посвідчення про допуск до відповідних видів робіт [14].

В даному відділенні проводяться роботи середньої важкості – типу Пб. Для цієї категорії робіт створені по можливості найбільш оптимальні умови:

- температура навколишнього середовища: в теплу пору - 18...20°C і 20...22 в холодну пору року;
- відносна вологість повітря: 40.60 % у теплу і холодну пори року;
- швидкість руху повітря: не більше 0,3 м/с в теплу пору року і не більше 0,2 м/с в холодну пору року;

На дільниці передбачена організована природна вентиляція. Крім того, на окремих робочих місцях організовано місцеву витяжну вентиляцію і спеціальну витяжку для видалення шкідливих речовин всередині дільниці. Необхідну температуру в холодну пору року забезпечує загальнозаводське парове опалення низького тиску.

Необхідна освітленість дільниці забезпечується використанням суміщеного освітлення, яке складається з природного бокового двостороннього і штучного комбінованого. В склад штучного комбінованого освітлення входить загальне локалізоване (люмінесцентні лампи з робочою напругою 220 В) і місцеве освітлення (лампи розжарювання з робочою напругою 36 В). Освітленість дільниці складає: робоче – 300 лк, аварійне – 2 лк, евакуаційне – 0,5 лк, охоронне – 0,5 лк, чергове – 0,5 лк [14].

Джерелами шуму на дільниці є вентиляція і механічне обладнання і, в окремих випадках – додаткові засоби автоматизації. Захист від шуму

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснюється за рахунок надійного закріплення обладнання і його частин. Оскільки рівень шуму не перевищує 80 дБ, то індивідуальні засоби захисту працюючих від шуму не використовуються.

Основними джерелами вібрації на дільниці є вентиляція і електромеханічне обладнання. Джерела вібрацій ізолюються за рахунок встановлення їх на гумових або пружинних ізоляторах, внаслідок чого рівень вібрації не перевищує допустимих норм.

Сильні електромагнітні поля на дільниці відсутні. Тому засоби захисту від електромагнітного випромінювання не застосовуються.

Захист від враження електричним струмом здійснюється за рахунок під'єднання всього обладнання, що працює під напругою до захисного заземлення. Вертикальні заземлювачі розміщені по периметру будівлі.

Для запобігання виникненню пожеж на дільниці проводиться пожежна профілактика регламентована згідно ДСТУ 2272:2006. На підприємстві створені спеціальні місця для паління. Там встановлені урни для недопалків, вивішені вогнегасники. У таких місцях є оголошення "Місце для куріння". В найбільшпо- жежонебезпечних місцях вивішені оголошення "Не курити". Дільниця згідно НАПБ Б.07.005 належить до категорії Д за вибухо- та пожежною небезпекою; ступінь вогнестійкості ШБ. Для гасіння пожежі на дільниці розміщено два пожежні гідранти низького тиску, сполучені з загальнозаводським водогоном. Крім того у відділенні передбаченні індивідуальні засоби пожежегасіння: вогнегасники ВПП-10 – 2 шт. і ВП 5-02 – 2 шт. Також на території дільниці розміщено два пожежних стенди на яких розміщений пожежний інвентар (бочка з водою, вогнегасники - 3 шт., пожежні відра, ящик з піском) та пожежний інструмент згідно ДСТУ 2272:2006 (гаки - 3 шт., ломы – 2 шт., сокири – 2 шт., совкові лопати – 2 шт.) [14].

Для покращення стану ОП та умов роботи на дільниці пропоную:

- пофарбувати обладнання та інвентар наступним чином: зовнішні поверхні огорожі небезпечних місць в жовтий колір; частини машин, зіткнення

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з якими може призвести до травм – в червоний колір із білими смугами; поверхні кожухів – пунктирами із жовтого кольору;

- періодично проводити очищення систем вентиляції від виробничого пилу;
- проводити очищення світильників освітлення від бруду та запилення;
- періодично проводити перевірку опору заземлення обладнання;
- постійно здійснювати контроль за станом обладнання і його відповідністю до вимог охорони праці і пожежної безпеки.

4.2 Розрахунок освітлення

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного світла та для освітлення приміщення в темний період доби. Від того, наскільки кваліфіковано воно спроектовано залежить безпека праці та самопочуття працівників, продуктивність їхньої праці та якість продукції. Відомо, що раціонально виконане штучне освітлення приміщень при одній і тій же витраті електроенергії підвищує продуктивність праці на 15-20%. Разом з тим неправильно вибране та недостатнє освітлення робочих місць може бути причиною функціональних зорових порушень у працівників.

Найчастіше для освітлення виробничих та адміністративних приміщень використовують люмінесцентні лампи, які енергетично є більш економнішими. Окрім того, вони за спектральними характеристиками максимально наближаються до природного світла, що важливо при використанні суміщеного освітлення.

Штучне освітлення приміщення, в якому виконуються роботи високої точності розряду IIIa [14], становить 300лк. Як світлові пристрої приймаю світильники ЛПО01 (з чотирма лампами), які доцільно використовувати в даному випадку. Оскільки світильники кріпляться до стелі, то їх висота над підлогою майже рівна висоті приміщення $h = 3,5$ м, що не суперечить вимогам

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СНиП II-4-79, відповідно до яких $h_{\min} = 2,6-4\text{м}$, коли в світильнику менше 4-ох ламп, і $h_{\min} = 3,2-4,5\text{м}$ – при 4-ох і більше лампах.

Площа ділянки визначена в пункті 3.1. даного дипломного проекту відповідно до корисної площі, що займають верстати і допоміжної площі і становить 67,5 кв.м. Верстати, що встановлені на ділянці: 16К20Ф3 – 23 м² (2 верстати) ; 2Р135Ф2 – 18 м²; 2Н125 – 3,5 м²; Для розрахунку площі приміщення округлюємо до цілих одиниць довжини і ширини приміщення. Отже площа ділянки для розрахунку становить 66 кв.м.

Визначимо висоту світильника над робочою поверхнею:

$$h = h_0 - h_p \quad (4.1)$$

$$h = 3,5 - 1,1 = 2,4 \text{ (м)}$$

Показник приміщення (i) становить

$$i = \frac{ab}{h \cdot (a + b)} \quad (4.2)$$

$$i = \frac{6 \cdot 11}{2,4 \cdot (6 + 11)} = 1,61$$

де, a і b – довжина і ширина приміщення, м;

$$a = 6 \text{ м;}$$

$$b = 11 \text{ м;}$$

h - висота світильника над робочою поверхнею, м.

Згідно таблиці 2.7 [14] приймаю $i=1,7$. При $i=1,7$, $\rho_{\text{стел}}=80\%$, $\rho_{\text{стін}}=60\%$ для світильника ЛПО01 коефіцієнт використання дорівнює $\eta = 0,65$, [14].

Визначаю необхідну кількість світильників (N), для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь, якщо відомо, що в кожному світильнику встановлено по чотири лампи ДРЛ-80, світловий потік однієї такої лампи становить $\Phi_{\text{л}} = 3200$ лм, потужність 125 Вт, [14].

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta} \quad (4.3)$$

де, E – нормована освітленість, лк; [14] $E = 300$ лк;

S – площа приміщення, що освітлюється, м²; $S = 67,5$ м²;

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп; $K_3 = 1,5$; [14].

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення; $Z = 1,1$; [14].

$\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік, $\Phi_{\text{л}} = 3200$ лм; [14].

η – коефіцієнт використання; $\eta = 0,65$.

$$N = \frac{300 \cdot 67,5 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 3200 \cdot 0,65} = 11,9$$

Для правильного розміщення світильників в приміщенні приймаю 12 світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовую в два ряди по 4 штуки в кожному. Оскільки довжина світильника мало що більша за довжину люмінесцентної лампи, встановленої в нього, то загальна довжина усіх світильників ($\sum L_{\text{св}}$) у ряді становить:

$$\sum L_{\text{св}} = l \cdot n \quad (4.4)$$

де, l – довжина люмінесцентної лампи, м; $l = 1,2$ м;

n – кількість ламп, шт.; $n = 4$ шт.

$$\sum L_{\text{св}} = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ м}$$

Визначаю сумарну електричну потужність ($\sum P_{\text{св}}$) усіх світильників, встановлених в приміщенні визначаємо за формулою:

$$\sum P_{\text{св}} = P_{\text{л}} \cdot N \cdot n \quad (4.5)$$

$$\sum P_{\text{св}} = 125 \cdot 12 \cdot 4 = 6000 \text{ Вт}$$

Схема визначення підвісу світильників вказана на рис.4.1

Схема розташування світильників на ділянці вказана на рис.4.2.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

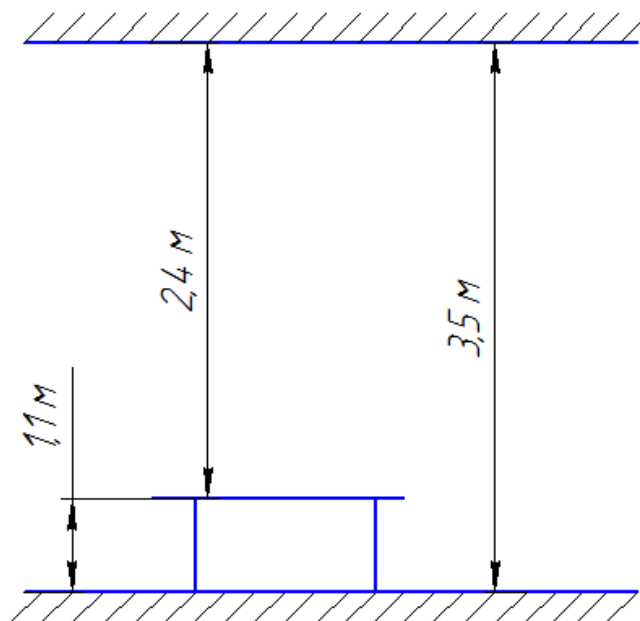


Рис. 4.1 - Схема визначення підвісу світильників

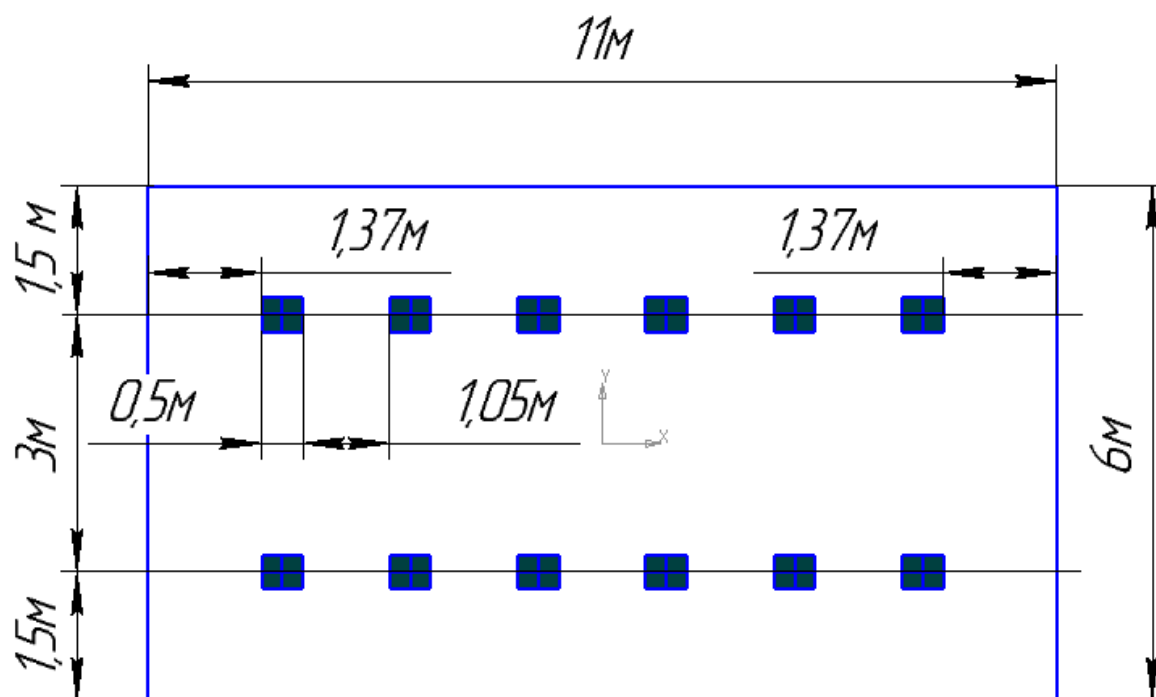


Рис. 4.2 - Схема розташування світильників

Висновок до розділу.

У розділі охорона праці подано вимоги щодо дотримання вимог охорони праці, виробничої безпеки та пожежної безпеки. Описано влаштування ділянки з точки зору охорони праці, освітлення, вентиляції, мікроклімату робочої зони, температури повітря. Вказано вимоги до виробничого обладнання.

На ділянці встановлені верстати: 16K20Ф3 – 23 м² ;(2 верстати) 2P135Ф2 – 18 м²; 2Н125 – 3,5 м²;,. Виробнича площа ділянки 67,5 кв.м.

Здійснено розрахунок освітлення для виробничої ділянки. Для забезпечення відповідного рівня освітленості спроектовано схеми розміщення світильників та їх підвісу. Кількість світильників для ділянки – 12 одиниць, тип ламп в них - ДРЛ-80.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті на тему Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Корпус 40012.12.02» здійснено:

- аналіз конструкції та службове призначення деталі, корпус;
- аналіз характеристик матеріалу деталі (СЧ 20-41);
- визначено тип виробництва - середньосерійне;
- вибір і обґрунтування одержання заготовки –Виливка з машинним формуванням форми;
- вибір технологічного обладнання та оснащення (4 верстатів);
- визначено міжопераційні припуски та розміри;
- вибір різального, допоміжного та контрольно-вимірювального інструменту, розраховано режими різання та технічні норми часу по всіх операціях (4 операцій).

Розроблено конструкцію пристосування, що використовується при свердлінні отвору. Розраховано зусилля затиску деталі та похибку базування.

Здійснено проектування приводу головного руху. Розроблено конструкцію коробки швидкостей вертикально свердлильного верстату. У розділі охорона праці подано вимоги щодо дотримання вимог охорони праці, виробничої безпеки та пожежної безпеки. Описано влаштування дільниці з точки зору охорони праці, освітлення, вентиляції, мікроклімату робочої зони, температури повітря. Вказано вимоги до виробничого обладнання. Для дільниці, на якій встановлено верстати здійснено розрахунок освітлення. Здійснено розрахунок освітлення для виробничої дільниці. Для забезпечення відповідного рівня освітленості спроектовано схеми розміщення світильників та їх підвісу.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Оліховський			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
Перевір.		Кодельник					
Реценз.							
Н. Кантр.		Кодельник					
Затверд.		Крцпа					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						99	122
					ТНТУ ім.І.Пулюя, ФМТ МВС-41		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. . Кривий П. Д.,Кобельник В. Р., Кузьмін М.І. Про характер зміни подачі при виході інструменту із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів. *Вісник ТНТУ : Науковий журнал.*: Тернопіль : ТНТУ, 2012. № 4 (68). С. 114–127.
2. Altintas Y. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design/Y.Altintas: Cambridge University Press, 2012. 380p.
3. Beddoes J. Principles of metal manufacturing processes /Beddoes, Jonathan.: Burlington, MA: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2003. 326 p.
4. Creese, R. Introduction to manufacturing processes and materials /Creese, Robert C: New York : Marcel Dekker, 1999. 395 p.
5. Handbuch Maschinenbau: Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbautechnik hrsg. von Alfred Böge, 2019.
6. Klocke F. Manufacturing Processes, Cutting/ Fritz Klocke.: New York : Springer, 2011. 504 p
7. V. Krupa et al. Improved Method for Determining the Feed Influence on the Tangential Cutting Force During Re-drilling, Countersinking and Boring Based on the Small Sample Theory. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. 2024. URL: <https://doi.org/10.3311/ppme.29952> (date of access: 22.05.2024).
8. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок.: Львів: Світ, 1996. 368 с.
9. Бочков В. М., Сілін Р. І., Гаврильченко О. В. Металорізальні верстати : навч. посіб.: Львів Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2009. 268 с.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: підручник. Львів: Бескид Біт, 2008. 448 с.

11. Гейчук В.М. Функціональне проектування верстатів, роботів та машин в Autodesk Inventor (Частина І): навч. посіб. Навчальне мережне електронне видання. К.: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2017. 394 с.

12. Данильченко Ю.М., Шевченко О.В., Ковальов В.А., Волошин В.Н. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів: навч. посіб.: К.: НТУУ «КПІ», 2007. 60 с.

13. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б, Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин».:Тернопіль: ТНТУ, 2016. 75 с

14. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці: навчальний посібник.: Львів: Афіша, 2000. 350 с.

15. Кальченко В. І. ,Кологойда А. В, О. С. Следнікова. Розрахунок та конструювання коробок швидкостей металорізальних верстатів. Методичні вказівки до виконання практичних та розрахунково-графічної робіт : Чернігів: ЧНТУ, 2016. 111 с.

16. Кобельник В.Р, Кривий П.Д. Жорсткість вертикально-свердлильних верстатів. *Вісник ЖДТУ. Технічні науки.* : Житомир : ЖДТУ, 2007. Вип. № 1 (40). С. 34–40.

17. Кобельник В.Р, Кривий П.Д. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118. *Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць.* : Житомир : ЖДТУ, 2010. Вип. 8. С. 99–108.

18. Кобельник В.Р, Крупа В.В., Тимошенко Н.М. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів. *Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї : наука : виробництво: тези допов.* : Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-80.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Кобельник В.Р. Ефективність керованого процесу свердління наскрізних отворів шляхом забезпечення зміни подачі. *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем* : зб. наук. праць.: Краматорськ, 2012. – Вип. № 31. С. 47–56.

20. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. Т., 2013. 21 с.

21. Ковбашин В. І., Пік А. І. Інженерна графіка : навч. посіб. м. Тернопіль : Підруч. і посіб., 2023. 240 с.

22. Кривий П.Д., Кобельник В.Р. Конструкторсько-технологічне забезпечення процесу свердління наскрізних отворів. *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем* : зб. наук. праць. : Краматорськ, 2011. Вип. № 28. С. 77–85.

23. Кривий П.Д., Кобельник В.Р. Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні. *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем* : зб. наук. праць.: Краматорськ, Київ, 2006. Вип. № 19. С. 58–64.

24. Кривий П.Д., Кобельник В.Р. Конструкторсько-технологічне забезпечення зменшення задирок при наскрізному свердлінні. *Всеукраїнська молодіжна конференція «Машинобудування України очима молодих : прогресивні ідеї – наука – виробництво, 22 – 25 жовтня 2012 р. : тези допов.* : К. : КПІ, 2012. Том 1. С. 71–73.

25. Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні. *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем* : зб. наук. праць. : Краматорськ, Київ, 2006. Вип. № 19. С. 58–64.

26. Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Продан В.І., Яковлев В.Г. Методи вимірювання головного заднього кута спірального свердла. *Науковий вісник ХДМА : Науковий журнал.*: Херсон : ХДМА, 2012. № 2 (7). С. 145–155.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. Кривий П.Д., Тимошенко Н.М., Дзюра В.О., Кобельник В.Р. Уточнений метод апріорно-емпіричних функцій визначення закону розподілу та його характеристик на основі малої вибірки. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року.*: ТНТУ, 2020. С. 132–133.

28. Крижанівський В. А., Кузнєцов Ю. М., Валявський І. А., Склярів Р. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Навчальний посібник для ВНЗ.: Кіровоград, 2004. 449 с.

29. Крупа В.В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.

30. Кухарський О. М., Кушак І .В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.

31. Кухарський О.М., Кузьмін М.І. Визначення припусків табличним методом.: Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.

32. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.: «Вища школа», 1993. 560 с.

33. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник.: Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

34. Паливода Ю.Є., Кухарський О.М. Визначення припусків розрахунково аналітичним методом: Тернопіль, 2003. 81 с.

35. Пат. 16398 Україна, МПК (2006) G 01 B 5/24. Спосіб вимірювання головного заднього кута спірального свердла / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Шарик М. В.; заявник і патентовласник Терноп. нац. техн. унів. ім. І. Пулюя. № u200600061; заявл. 03.01.2006; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8.

36. Пат. 33445 Україна, МПК В 23 В 47/00. Механізм подач свердлильного верстату / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І.; заявник

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та патентовласник Терн. нац. техн. універ. ім. І. Пулюя. – № 200801364; заявл. 04.02.2008; опубл. 25.06.2008, Бюл. № 8.

37. Пат. 51906 UA, МПК В23В 49/00. Переналагоджувальний свердлильний кондуктор [Текст] / Гупка Андрій Богданович, Гупка Богдан Васильович, Брошак Іван Іванович, Гевко Ігор Богданович, Ляшук Олег Леонтійович, Дячун Андрій Євгенович, Гагалюк Андрій Валерійович (Україна) - опубл. 10.08.2010.

38. Пат. 67685 Україна, МПК (2006.01) G 01 B 5/24. Спосіб вимірювання головного заднього кута спірального свердла / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Продан В. І.; заявник і патентовласник Терноп. нац. техн. унів. ім. І. Пулюя. № u201109411; заявл. 27.07.2011; опубл. 27.02.2012, Бюл. №4.

39. Пат. 76433 Україна, МПК (2006.01) В 23 В 51/02. Спіральне свердло / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Продан В. І., Топольніцький В. І.; заявник і патентовласник Терноп. нац. техн. унів. ім. І. Пулюя. № u201205420; заявл. 03.05.2012; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.

40. Пат. 77698 Україна, МПК (2013.01) В 23 В 47/00. Пристрій для свердління наскрізних отворів / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І.; заявники і патентовласники Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І. № u201209347; заявл. 30.07.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4.

41. Равська Н. С. та ін. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: навчальний посібник.: Житомир: ЖІТІ, 2000. 332 с.

42. Склярів Р. А., Шанайда В. В., Савчук М. А. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій. Вісник ТНТУ. 2011. Том 16. № 1. С.117-125.

43. Стискін Г.М. Технологічні основи програмування обробки деталей на верстатах з числовим програмним керуванням. Львів: Видавництво “Оріяна Нова”, 2002. 208 с.

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

44. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в инженерних розрахунках.

Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2001. 1

					КРБ 22-365.00.00.000 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		