

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

«бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

на тему: Верстатне та інструментальне забезпечення обробки

деталі “Корпус 111-0021-Н9”

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МВ-41

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Кружілька Р.Ю.
		(прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Сеник А.А.
		(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 Кружільці Роману Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки
деталі "Корпус 111-0021-Н9"

Керівник роботи Сенік Андрій Антонович, старший викладач кафедри ВІ
(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 21.06.2024р.
3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі "Корпус 111-0021-Н9". Базовий технологічний процес. Верстати-аналоги. Аналоги конструкцій обробок деталі.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Аналітична частина. Характеристика об'єкту виробництва.
2. Технологічна частина. Технологічний розрахунок. Вибір та обґрунтування технологічного маршруту обробки деталі та способу її отримання. Аналіз технологічного маршруту обробки. Визначення припусків та міжопераційних розмірів, проектування заготовки.
3. Конструкторський розділ. Кінематичний розрахунок верстату. Конструкція та розрахунок приводу головного руху верстата.
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1 Креслення деталі "Корпус 111-0021-Н9 - 1 ф. А1
2 Кінематична схема - 1 ф. А1
3 Загальний вигляд - 1 ф. А1
4 Коробка швидкостей - 1 ф. А1
5 Інструментальні наладки - 1 ф. А1
6 Пристосування верстатне - 1 ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання 29.01.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Кружїлка Р.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сеник А.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кружилка Р. Ю. Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі “Корпус 111-0021-N9” – 133 Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; Тернопіль, 2024.

Kruzhilka R. Yu. Machine and tooling equipment for processing the part "Housing 111-0021-N9" - 133 Industrial engineering; Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu; Ternopil, 2024.

В аналітичній частині представлено: аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі-представника, проведено технологічний контроль креслення деталі, проаналізовано тип виробництва та його технологічні характеристики. У технологічній частині розроблений та обґрунтований раціонально-технологічний маршрут обробки, та проведений структурний аналіз варіантів технологічного маршруту механічної обробки. У конструкторській частині здійснено вибір електродвигуна та розроблена конструкція та проведений розрахунок приводу головного руху верстата.

Ключові слова: верстат, розрахунок приводу головного, коробки швидкостей, шпиндельного вузла, жорсткість.

The analytical part presents: the analysis of the design and technological features of the representative part, the technological control of the drawing of the part was carried out, the type of production and its technological characteristics were analyzed. In the technological part, a rational-technological route of processing was developed and substantiated, and a structural analysis of options for the technological route of mechanical processing was carried out. In the design part, the selection of the electric motor was made, the design was developed and the calculation of the machine's main motion drive was carried out

Key words: machine tool, calculation of the main drive, gearbox, spindle unit, rigidity.

З М І С Т

Вступ	
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі-представника	
1.1.1 Службове призначення	
1.1.2 Технологічний контроль креслення деталі	
1.2 Аналіз типу виробництва та його технологічні характеристики	
1.3 Вибір та техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки	
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Вибір та обґрунтування раціонального технологічного маршруту обробки деталі	
2.2 Вибір способу отримання заготовки	
2.3 Вибір технологічних баз	
2.4 Структурний аналіз варіантів технологічного маршруту механічної обробки	
2.5 Визначення припусків та міжопераційних розмірів, проектування заготовки	
2.5.1 Розрахунок припуску на лінійний розмір 120	
2.5.2 Розрахунок припусків на розмір $\varnothing 75H9$	
2.6 Вибір ріжучого та вимірювального інструменту	
2.7 Розрахунок режимів різання	
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1. Розробка структурно-кінематичної схеми верстата для операції ..	
3.2. Кінематичний розрахунок верстату	
3.2.1. Вибір електродвигуна	

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ					
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат	ЗМІСТ			Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Кружілка Р.Ю.								
Певевін.		Сеник А.А.								
Реценз.										
Н.контр.		Кобельник								
Зав. каф.		Крупа В.В.								
					ТНТУ, ар. МВ-41					

3.2.2.	Визначення діапазону регулювання
3.2.3.	Побудова структурної сітки
3.2.4.	Побудова графіка чисел обертів
3.3.	Конструкція та розрахунок приводу головного руху верстата
3.3.1.	Силовий розрахунок коробки швидкостей
3.3.1.1.	Визначення міжосьових відстаней та розрахунок модуля
3.3.1.2.	Розрахунок діаметрів валів
3.3.2.	Опис конструкції та принципу роботи коробки швидкостей
3.3.3.	Розрахунок та конструювання шпиндельного вузла
3.3.3.1.	Розрахунок шпиндельного вузла на жорсткість
3.3.3.2.	Опис конструкції та принципу роботи шпиндельної головки

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1.	Охорона праці
4.2	Безпека життєдіяльності

ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТКИ.....

					<i>КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

ВСТУП

Машинобудування є однією з найбільших і найважливіших галузей матеріального виробництва. В цій галузі створюються знаряддя праці, більшість предметів праці та предмети народного споживання. В машинобудуванні виробляються всі види машин і обладнання, що використовуються в різних галузях економіки та повсякденному житті. Ось кілька ключових аспектів, що підкреслюють значення машинобудування:

Машинобудування виробляє інструменти, обладнання та машини, які використовуються для виробництва інших товарів і послуг. Виробництво спеціалізованих машин і устаткування сприяє розвитку різних галузей промисловості, таких як будівництво, сільське господарство, енергетика, транспорт та інші. Машинобудування є рушійною силою інновацій, оскільки нові технології та матеріали впроваджуються у виробничі процеси, що підвищує ефективність і продуктивність.

Галузь машинобудування сприяє економічному розвитку країн, створюючи робочі місця, розвиваючи технологічну базу та збільшуючи експортний потенціал. Виробництво побутових предметів, таких як побутова техніка, транспортні засоби та електроніка, підвищує якість життя населення.

Машинобудування забезпечує необхідну інфраструктуру для функціонування інших галузей економіки, включаючи транспортні системи, комунальні послуги та енергетичну інфраструктуру.

Загалом, машинобудування є основою сучасної промисловості та економіки, відіграючи вирішальну роль у забезпеченні технологічного прогресу та сталого розвитку.

Машинобудування виявляє вплив на формування виробничих відносин, на весь хід народного будівництва в нашій країні.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ					
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Вступ			Лім	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Кружілка Р.Ю.								
Перевір.		Сеник А.А.								2
Реценз.								ТНТУ, ар. МВ-41		
Н.контр.		Кобельник								
Зав. каф.		Крупа В.В.								

Являючись провідною галуззю промисловості, машинобудування відрізняється від інших її галузей характером машин, що застосовуються, предметами праці, що використовуються, своєю роллю і значенням в народному господарстві країни. Це визначає структуру галузі машинобудування, спеціалізацію виробництва і зв'язок його з іншими галузями.

Закон переважного розвитку виробництва тягне за собою більш високі темпи розвитку машинобудування у порівнянні з промисловістю в цілому і інших галузей.

Одним із найважливіших завдань машинобудування є: забезпечити широкий перехід на випуск продукції, відповідної по своїх техніко-економічних показниках кращим світовим зразкам, конкурентно здатної на зовнішньому ринку, різко скоротити терміни освоєння нової техніки і технології; оновити виробництво, підвищити рівень механізації і автоматизації.

Основною задачею дипломного проектування є виявлення нагромаджених за час перебування в навчальному закладі знань і вмінь. В завданні на дипломний проект ставиться задача, подібна до тих, що прийдеться вирішувати під час роботи на виробничих підприємствах.

Одночасно відбувається підвищення навиків користування спеціальною літературою і довідковими матеріалами. Студент активно залучається до професії і отримує можливість практичного застосування набутих знань.

					КРБ 20-033. 00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз конструкторсько-технологічних особливостей деталі-представника.

1.1.1. Службове призначення.

Для розробки в дипломній роботі були задані деталі типу «корпус 111-0021-Н9» вертикально-фрезерного верстату 6520Ф3 з ЧПК.

Корпус для кріплення задаючого гвинта поперечного переміщення стола виробу, закріпленого на салазках.

Задаючий гвинт змонтований на підшипниках, що встановлюються в 2-х отворах $\varnothing 60H7$, розташованих в проушинах корпусу. До співвісності вказаних отворів ставляться високі параметри точності, співвісність не менше 0,02 мм.

Обертання задаючого гвинта здійснюється тяговим двигуном через одноступінчасті понижуючі редуктори.

Кріплення корпусу до саласки верстату здійснюється з допомогою трьох гвинтів М10, для чого передбачені три пази $b=12$ мм.

Верстат 6520Ф3-36 з ЧПК призначений для виконання фрезерних робіт за заданою програмою. На верстаті можна виконувати фрезерування шпоночними, кінцевими, дисковими і торцевими фрезами як із швидкоріжучих сталей так і з вставками пластинок твердих сплавів.

Конструкція деталі «корпус 111-0021-Н9» потребує старіння заготовки з тим, щоб в подальшому забезпечилась стабільність геометричних положень взаємопов'язаних поверхонь.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ					
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ			Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Кружілка Р.Ю.									
Перевір.	Сеник А.А.									
Реценз.										
Н.контр.	Кобельник							ТНТУ, гр. МВ-41		
Зав. каф.	Крупа В.В.									

Базова площина повинна бути виконана з шорсткістю 1,25, що потребує вводу операцій чистової обробки методом шліфування.

Для отворів $\varnothing 60H7$ передбачено розташування загальної осі паралельно 0,02 мм до базової площини, що можливо досягнути чистовою алмазною розточкою з використанням спеціальних розточних оправок з мікрометричним регулюванням подачі різця на потрібний розмір.

Чистове калібрування отворів $\varnothing 60H7$ до шорсткості 1,25 можна досягнути чистовим розточуванням отворів.

Для виконання вимог креслення по співвісності отворів до 0,02 мм потрібно використати високоточне обладнання, котре має потрібну точність позиціонування стола, при повороті його на 180° для обробки протилежно розташованого отвору. Це можна досягнути, використовуючи обладнання з ЧПК підвищеного класу точності з поворотним столом типу «оброблюваний центр».

До отворів деталі зі сторони отворів $\varnothing 60H7$ ставляться кресленням вимоги до не перпендикулярності до осі отворів не більше 0,02 мм. Для досягнення цієї вимоги креслення необхідно вводити чистову підрізку торця з одної установки з розточуванням отвору.

В торцях кронштейну передбачені різеві отвори М8-7Н і М6-7Н, координати яких треба виконати залежними від осі базових отворів з точністю 0,1 мм, що викликає необхідність використання спеціального кондуктора або обробки за керуючою програмою на верстаті з ЧПК з зв'язком координат з базовими отворами доцільно в даному випадку провести концентрацію операцій і виконати з одної установки деталі всі вказані переходи: фрезерування торців, розточування отвору $\varnothing 60M7$ також обробка різевих отворів М6-7Н і М8-7Н.

До решти поверхонь особливих вимог не ставиться і тому виконання їх не є технологічно складним. Конструкція деталі дозволяє отримати заготовку методом лиття і передбачити мінімальні припуски на обробку. Однак

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

необхідність старіння деталі викликає необхідність передбачити припуск для чорнової обдирки заготовки перед старінням.

Конструкція дозволяє використати багатоінструментальні наладки на верстатах з ЧПК із введенням обробки з забезпеченням принципу єдності баз, можна використати багато місцеві наладки, тобто одночасно встановлювати по 2-4 деталі, при виконанні фрезерних, шліфувальних і розточних операцій.

Для обробки деталей на верстатах з ЧПК потрібно зробити перерахунок розмірів деталі і проставити розміри в системі координат, щоб подати інформацію в геометричному розташуванні оброблюваних поверхонь деталі у вигляді інформації, що керує переміщенням робочих органів верстату

«Корпус 111-0021-Н9» виготовляється методом лиття зі чавуну СЧ-20 по ГОСТ 1412-85.

Хімічний склад чавуну СЧ-20 представлено в Таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.1. – Хімічний склад чавуну СЧ-20 по ГОСТ 1412-85

C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Група відливки
3,0-3,3	1,3-1,7	0,8-1,2	≤0,3	≤0,15	0,3	0,5	0,5	II

Таблиця 1.2. - Механічні властивості чавуну СЧ-20 по ГОСТ 1412-85

σ_T , кгс/мм ²	σ_B , кгс/мм ²	δ , %	ψ , %	НВ
40	21	9/3	75	170-241

σ_T – границя текучості, кгс/мм²;

σ_B – границя міцності при розтягуванні, кгс/мм²;

δ - відносне видовження зразка, %;

ψ - відносне звуження поперечного січення зразка, %.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Чавун марки СЧ-20 за ГОСТ 1412-85 призначений для виготовлення корпусів, обойм, катків, вилок, кронштейнів та інших деталей, які працюють під дією малих та середніх статичних та динамічних навантажень. Цей чавун має кілька важливих характеристик, що роблять його придатним для різних застосувань, а також певні недоліки. Ось більш детальний опис:

Чавун СЧ-20 має добрі антифрикційні властивості, що робить його придатним для деталей, які працюють в умовах тертя.

Цей матеріал також відрізняється непоганими корозійними властивостями, що дозволяє використовувати його в умовах, де можливий вплив вологи та інших корозійних агентів.

Чавун СЧ-20 є досить технологічним у виготовленні та обробці. Це означає, що з нього легко виготовляти складні деталі за допомогою лиття та механічної обробки.

Недоліки чавуну СЧ-20:

1. Висока твердість:

Висока твердість цього чавуну може ускладнювати його механічну обробку, що може вимагати використання спеціальних інструментів та технологій.

2. Мала пластичність:

Чавун СЧ-20 має низьку пластичність, що обмежує його застосування в умовах, де деталі зазнають значних деформацій або ударних навантажень.

Застосування: чавун СЧ-20 за ГОСТ 1412-85 використовується для виготовлення різноманітних деталей, зокрема:

- Корпуси та обойми: Для компонентів машин та механізмів, що потребують міцності та стійкості до зносу.
- Катки: Для транспортних систем та механізмів, де важливі антифрикційні властивості.
- Вилки та кронштейни: Для елементів конструкцій, що піддаються статичним та динамічним навантаженням.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Загалом, чавун СЧ-20 є важливим матеріалом в машинобудуванні та інших галузях завдяки своїм корисним властивостям, незважаючи на деякі недоліки.

Аналіз технічних умов на виготовлення деталі «корпус 111-0021-Н9» оформлено у вигляді таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Аналіз технічних умов на виготовлення «корпус 111-0021-Н9»

Таблиця 1.2 - Аналіз технічних умов на виготовлення «корпус 111-0021-Н9»

Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
1.Забезпечити точність розмірів відливки по 2 класу точності по ГОСТ1855-85	Литво	
2.Забезпечити шорсткість внутрішніх поверхонь згідно даних креслення	Розточування	Вимірювання за допомогою профілометра-профілографа
3.Забезпечити шорсткість зовнішніх поверхонь згідно креслення	Точіння	Вимірювання за допомогою профілометра-профілографа
4.Забезпечити співвісність отворів М8-7Н і М6-7Н	Свердління	Пристрій контрольний

1.1.2 Технологічний контроль креслення деталі

Технологічний контроль креслення деталі полягає в перевірці креслення на відповідність вимогам ЄСКД та ЄСТД, правильність виконання креслення з точки зору технологічності конструкції деталі.

На кресленні представлені всі необхідні проекції, розрізи і перерізи, які дають повну уяву про конструкцію деталі, проставлені всі розміри з необхідними допусками, класи чистоти оброблюваних поверхонь, допустимі відхилення геометричних форм, а також взаємного розташування поверхонь.

Проте, для покращення сприйняття креслення, бажано було б змінити порядок простановки розмірів на кресленні та показати, як точно виконано

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

різьбові отвори в бокових поверхнях фланців корпусу та верхній площині, так, як на кресленні відсутні розміри між отворами та не вказано допуски на ці розміри. З точки зору технологічності слід показати фаску радіуса заокруглень R0,25 мм.

1.2. Аналіз типу виробництва та його технологічні характеристики.

Забезпечення технологічності конструкції виробу є однією з основних функцій єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПП). Аналіз технологічності в машинобудуванні проводиться як для виробу в цілому, так і для окремих деталей. Розрізняють якісну і кількісну оцінки технологічності.

Кількісно технологічність конструкції оцінюється за комплексним показником, що визначається як сукупність часткових показників технологічності з урахуванням їхніх вагових коефіцієнтів:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}, \quad (1.1)$$

де K_T - комплексний показник технологічності;

k_i - частковий показник технологічності;

φ_i - коефіцієнт вагомості часткового показника технологічності;

n - кількість часткових показників технологічності.

Визначення часткових показників технологічності деталей проводиться на основі поелементного аналізу конструкції деталей з урахуванням прийнятого способу їхнього виготовлення і виду матеріалу.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Комплексний показник технологічності K_T повинен бути рівний нормативному показнику технологічності. Практичне застосування розрахункових коефіцієнтів технологічності можливо по двох напрямках:

1. При розробці нового виробу коефіцієнти K_T повинні перевищувати так звані базові значення, що задаються в вказівках по конструюванню і формуються по результатах розрахунків коефіцієнтів технологічності деталей-аналогів, характерних для оснащення даного підприємства в конкретній галузі промисловості.

2. При внесенні змін в конструкцію деталі, яка знаходиться в виробництві, розрахунковий коефіцієнт технологічності K_T для деталі зміненої конструкції повинен перевищувати нормативні значення.

Таблиця 1.3-Коефіцієнти вагомості часткових показників технологічності

№ п/п	Найменування часткового показника технологічності	Позначення	Вагові коефіцієнти
1.	Показник оброблюваності матеріалу	K_{om}	0,5
2.	Показник складності конструкції деталі	K_c	0,7
3.	Коефіцієнт точності і шорсткості поверхонь деталі	$K_{нов}$	0,6
4.	Показник уніфікації конструктивних елементів	K_{ye}	0,7
5.	Показник використання матеріалу	K_{em}	1,0

Таблиця 1.4-Нормативні значення комплексних показників технологічності

Тіла обертання		Інші деталі	
Прецизійні	Не прецизійні	Прецизійні	Не прецизійні
0,70	0,85	0,65	0,80

Показник оброблюваності матеріалу ($K_{ом}$)

Під оброблюваністю матеріалів слід розуміти їхню здатність піддаватися обробці ріжучими інструментами при оптимальних режимах і умовах різання. Прийнято вважати, що матеріал володіє доброю оброблюваністю, якщо при різанні цього матеріалу зношення інструменту, сили різання і шорсткість обробленої поверхні малі. Різання матеріалів, що володіють доброю оброблюваністю, характеризується легким відділенням стружки.

В данім випадку якісна характеристика оброблюваності ускладнена внаслідок неоднозначності самого поняття. Тому застосовують так званий спосіб розрахунку який розраховується по класичній формулі Тейлора:

$$V \cdot T^n = c, \quad (1.2)$$

де V - швидкість різання, м/хв;

T - стійкість інструменту, хв;

n - показник степеня;

C - стала, що залежить від умов обробки.

Під стійкістю інструменту розуміють проміжок часу, на протязі якого зношення інструменту досягає так званого критерію зношення, чисельні значення якого для всіх можливих умов обробки приводяться в довідковій літературі. При досягненні інструментом критерію зношення різко зростає сила

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

різання і шорсткість обробленої поверхні. Існує понятійний апарат, зв'язаний зі стандартною стійкістю інструменту, рівній, наприклад, 60 хвилинам. Відповідна швидкість різання позначається як V60.

Найбільш широко розповсюджена шкала, основана на прийнятті в якості еталонного матеріалу сталі 45. Тоді оброблюваність будь-якого матеріалу може бути виражена через коефіцієнт відносної оброблюваності (K). Він дозволяє укрупнено оцінювати оброблюваність того чи іншого матеріалу, на зважаючи на особливості, пов'язані із застосуванням різноманітних інструментальних матеріалів, а також з можливою необхідністю забезпечення різної шорсткості обробленої поверхні.

Показник складності конструкції деталі ($K_{ск}$)

Збільшення собівартості отримуваної засобами обробки різанням деталі внаслідок збільшення тривалості технологічного процесу її виготовлення враховується показником складності конструкції деталі, який визначається за залежністю:

$$K_{ск} = 0,25 (K_k + K_p + K_v + K_c), \quad (1.3)$$

де K_k, K_p, K_v, K_c - коефіцієнти, що визначаються як $K_i = 1 - A_i$, причому A_i - уточнення.

Коефіцієнт K_k залежить від кількості поверхонь на вхідній заготовці, з яких знімається стружка при виготовленні деталі. Комбіновані поверхні, що утворюються за один робочий хід одним інструментом, можуть бути враховані в якості однієї поверхні.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Аналіз конструктивних особливостей деталі “корпус 111-0021-Н9” оформляється у вигляді таблиці 1.5.

Таблиця 1.5-Аналіз конструктивних особливостей деталі
“корпус 111-0021-Н9”

№ пов.	Форма	Ra , мкм	IT	Розмір, мм	Вид обробки	Додаткові вимоги
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндр	10	14	272±1	Розточування	Немає
2	Циліндр	10	12	269,36	Розточування	Немає
3	Площина	5	9	230	Розточування	Немає
4	Площина	5	9	241,5	Точіння	Немає
5	Площина	80	12	188	Точіння	Немає
6	Конус	80	12	5	Точіння	Так
7	Циліндр	80	12	487	Точіння	Немає
8	Площина	80	12	123	Точіння	Немає
9	Площина	80	9	95,9	Точіння	Немає
10	Циліндр	10	9	179,3	Розточування	Немає
11	Циліндр	10	12	160	Розточування	Немає
12	Площина	80	14	117±0,5	Точіння	Немає
13	Циліндр	80	14	20	Свердління	Немає
14	Циліндр	80	14	14	Свердління	Немає
15	Циліндр	80	14	10	Свердління	Немає
16	Циліндр	80	14	6	Свердління	Немає
17	Циліндр	80	14	12	Свердління	Немає
18	Циліндр	5	9	270	Розточування	Так
19	Конус	80	14	2.0	Зенкерування	Немає
20	Конус	80	14	1.6	Зенкерування	Немає
21	Конус	80	14	2.2	Зенкерування	Немає
22	Конус	80	14	12,5	Свердління	Немає

Коефіцієнт K_p враховує загальну кількість заданих на кресленні даних по

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

забезпеченню необхідних точності форми і взаємного розташування поверхонь в межах 0.05 мм. До даної деталі подано 7 вимог Це вимоги по площинах №3, 29,9, 7,21-23,5. Значить, $A_2=0,4$.

Коефіцієнт K_8 враховує кількість різних видів обробки різанням (технологічних операторів). Так як для отримання даної деталі необхідні свердління, точіння, фрезерування - три види обробки різанням, тобто більше 2 виглядів, отже $A_3=0,1$.

Коефіцієнт K_c враховує відповідність точності і шорсткості поверхонь деталі деяким оптимальним величинам, під якими розуміють рекомендовані в якості економічності і конструктивно обгрунтовані величини. Величина A , що входить в вираз для цього коефіцієнта визначається за формулою:

$$A = 0,1 \cdot \sum_{j=1}^N m_j, \quad (1.4)$$

де N - загальна кількість поверхонь деталі, що обробляються різанням;

m_j - кількість зон, в яких параметр Ra для j -ої поверхні відрізняється від оптимального значення.

|

Отже:

$$A = 0,1 \cdot \sum_{j=1}^N m_j = 0,1 (182+22+10+23+41+20) = 5.$$

Так як поправка не може бути більше 1, приймаємо $A_4=1$.

Отже:

$$K_k = 1 - a_1 = 1 - 0,2 = 0,8;$$

$$K_p = 1 - a_2 = 1 - 0,4 = 0,6;$$

$$K_8 = 1 - a_3 = 1 - 0,1 = 0,9;$$

$$K_c = 1 - a_4 = 1 - 1 = 0.$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Отже, $K_{ск}=0,25 (0.8 +0.6 +0.9 +0) =0, 575$.

Коефіцієнт точності і шорсткості поверхні деталі ($K_{пов}$)

В найбільшій степені необхідність застосування методу обробки різанням очевидна при виготовленні деталей, конструкція яких передбачає наявність однієї-двох поверхонь, що мають високі вимоги по точності і шорсткості. Такі деталі називаються прецизійними. Ступінь зростання трудомісткості виготовлення деталей за рахунок обробки прецизійних поверхонь, а, отже, зниження технологічності конструкції, враховується коефіцієнтом точності і шорсткі поверхні $K_{пов}$.

Беремо найменше з значень. Так як $K_{пов}=0,5$ то деталь прецизійна.

Показник уніфікації елементів (K_{ye})

Всі поверхні даної деталі можна вважати уніфікованими.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою :

$$K_{ye} = \frac{N_{ye}}{N_e} - 0.1n, \quad (1.5)$$

де $N_e = 29$ шт.- загальна кількість конструктивних елементів в деталі;

$N_{ye}=29$ шт.- кількість уніфікованих конструктивних елементів;

$n=0$ шт.- кількість неуніфікованих елементів.

Таким чином: $K_{ye}=29/29 - 0 = 1$.

Показник використання матеріалу ($K_{ем}$)

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Цей коефіцієнт визначається за співвідношенням:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}. \quad (1.6)$$

Маса одержуваної деталі згідно креслення рівна 52,6 кг.

Заготовкою служить відливка.

$$K_{\text{вм}} = 52,6 / 73,05 = 0,72$$

Зведемо всі дані в загальну таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 - Зведені показники технологічності деталі

	Найменування показника технологічності	Познач.	Вагові коеф-ти	Числове значення
	Показник оброблюваності матеріалу	$K_{\text{ом}}$	0,8	0,5
	Показник складності конструкції деталі	$K_{\text{сл}}$	0,7	0,575
	Коефіцієнт точності і шорсткості поверхонь деталі	$K_{\text{нов}}$	0,6	0,5
	Показник уніфікації конструктивних елементів	$K_{\text{уе}}$	0,7	1,0
	Показник використання матеріалу	$K_{\text{вм}}$	1,0	0,72

Комплексний показник технологічності:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i} = 0,71.$$

Загальний показник технологічності $K_{\text{заг}} = K_m = 0,71.$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Даний коефіцієнт відповідає нормативним вимогам.

Аналізуючи технологічність даної деталі в цілому, можна відзначити наступне:

- деталь є взаємозалежною, так як входить до складу складальних одиниць;
- конструкція деталі має стандартні й уніфіковані конструктивні елементи;
- деталь виготовляється із заготовки, отриманої раціональним способом;
- розміри і поверхні деталі мають оптимальний ступінь точності і шорсткість;
- фізико-хімічні властивості матеріалу відповідають вимогам технології виготовлення;
- конструкція деталі забезпечує можливість застосування типових і стандартних технологічних процесів її виготовлення.
- наявність поверхонь під посадки підшипників робить необхідним спільне розточування цих поверхонь.

1.3. Вибір та техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки.

В дипломному проектуванні важливо провести всебічний аналіз і вдосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі. Ось ключові етапи, які необхідно виконати:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Провести вибір оптимального методу одержання заготовки, здійснити аналіз існуючих методів: розглянути різні методи одержання заготовок, такі як лиття, кування, штампування тощо.

Здійснити вибір методу, який забезпечує необхідну якість, точність та економічність.

Провести вибір технологічних баз

- Визначення баз: Вибрати відповідні бази для закріплення та обробки деталі.
- Технологічні бази: Забезпечуть точне встановлення заготовки на кожному етапі обробки для досягнення необхідної точності.

Здійснити вибір оптимального технологічного маршруту

- Провести аналіз можливих маршрутів: Здійснити оцінінуц різних технологічних маршрутів з точки зору економічності, продуктивності і точності.
- Вибрати оптимальний маршрут: Вибрати маршрут, який найкраще відповідає заданим критеріям.

Провести розрахунок припусків на обробку та міжопераційних розмірів

- Припуски на обробку: Визначити припуски для кожної операції з урахуванням можливих відхилень.
- Міжопераційні розміри: Здійснити розрахунок розмірів між кожною операцією для забезпечення точності обробки.

Проектування заготовки

- Здійснити розрахунок розмірів: Визначити необхідні розміри заготовки з урахуванням усіх припусків і обробок.
- Конструкція заготовки: Спроектуйте заготовку з урахуванням вимог до обробки.

Вибір ріжучого та контрольно-вимірювального інструменту

- Ріжучий інструмент: Провести вибір інструментів, які забезпечують необхідну точність та продуктивність.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- Контрольно-вимірювальний інструмент: Вибрати інструменти для контролю якості та точності обробки.

Розрахунок режимів різання і норм часу на обробку

- Режими різання: Визначити оптимальні режими різання для забезпечення ефективної обробки.

- Норми часу: Розрахувати час, необхідний для виконання кожної операції.

Провести вибір технологічного обладнання та його організація

- Обладнання: Вибрати верстати та інше обладнання, яке забезпечує необхідну точність та продуктивність.

- Організація роботи: Забезпечити ефективну організацію роботи обладнання з точки зору потужності та часу роботи.

Проектування спеціальних верстатних та контрольних пристроїв

- Спеціальні пристрої: Спроекувати пристрої, які забезпечують точну та ефективну обробку деталі.

- Контрольні пристрої: Спроекувати пристрої для контролю якості обробки.

Розрахунок економічної ефективності

- Економічні розрахунки: Провести розрахунки економічної ефективності запропонованих рішень.

- Вартість виробництва: Здійснити оцінку витрати на виробництво та можливу економію.

Забезпечення безпечних умов праці

- Заходи безпеки: Впровадити заходи для забезпечення безпечних умов праці на кожному етапі виробництва.

Головний результат роботи

- Технологічна документація: Розробити комплект технологічної документації на виготовлення деталі «корпус 111-0021-Н9».

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- Креслення пристроїв: Створити креслення спеціальних верстатних та контрольних пристроїв зі специфікаціями.

- Карти наладок: Підготівати карти наладок на операції технологічного процесу.

Ці кроки допоможуть вам систематично і комплексно підійти до вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі, що забезпечить високу якість і економічну ефективність виробництва.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір та техніко-економічне обґрунтування раціонального технологічного маршруту обробки деталі.

Тип виробництва в машинобудуванні визначає різні методи і прийоми виготовлення деталей і вузлів машин. Згідно ГОСТ 3.1108-94 розрізняють такі як одиничний, дрібносерійний, середньо серійний, крупносерійний та масовий типи виробництва. Кожному з них властиві свої способи обробки поверхонь деталей, різне технологічне обладнання, оснастка і структура операцій. Наприклад в одиничному і дрібносерійному виробництві розглядається лише маршрут обробки без деталізації операцій, який оформляється у вигляді маршрутного техпроцесу. При цьому, величини міжопераційних припусків та розмірів, а також режими різання не вказуються. Об'єм операцій максимально можливий.

При серійному виробництві по кожній із операції чітко виділяють установи, позиції, переходи, припуски та режими різання. Найбільш детальна розробка технологічних процесів використовується в масовому виробництві. В цьому випадку люба незначна помилка технолога, яка може привести до браку або підвищення собівартості виготовлення деталі.

Вибір типу виробництва проводиться у відповідності з ГОСТ 3.1108-94. Для цього використовується коефіцієнт закріплення операцій, який для одиничного виробництва приймає значення більше 40, для дрібносерійного — 20-40, для середньосерійного — 10-20, для крупносерійного 1-10, для масового — 1.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ			
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Кружілка Р.Ю.			Технологічний розділ			
Перевір.		Сеник А.А.						
Реценз.								
Н.контр.		Кобельник						
Зав. каф.		Крупа В.В.						
					Літ	Аркуш	Аркушів	
					ТНТУ, гр.МВ-41			

Форми організації технологічних процесів визначаються в відповідності від типу виробництва встановленого порядку виконання операцій, розташування обладнання і т.д. Основними формами організації виробництва є потокова і непотокова (групова). Характерною ознакою поточкового виробництва є неперервність переміщення оброблюваних деталей в процесі обробки з операції на операцію в порядку послідовності їх виконання.

Для попереднього визначення типу виробництва використовуємо дані з заводу по деталі «корпус 111-0021-Н9»

Річна програма випуску деталей: $N_p = 5000$ шт.

Режим роботи підприємства: двозмінний.

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання: $F_d = 3890$ год. [19]

Визначаємо такт випуску деталей за формулою: $t_g = F_d \times 60 / N_p$ (шт/хв), $t_g = 3890 \times 60 / 5000 = 64.84$ (шт/хв).

Дані по існуючому заводському (базовому) технологічному процесу зведемо в таблицю 2.1:

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для визначення типу виробництва

Назва операції	$T_{шт}, хв$	Назва операції	$T_{шт}, хв$
Вертикально-фрезерна	17,59	Вертикально-фрезерна з ЧПК	3,30
Вертикально-фрезерна	13,50	Плоскошліфувальна	9,16
Розточна	8,75	Плоскошліфувальна	8,80
Вертикально-фрезерна	16,20	Фрезерно-свердлильна розточна	—
Вертикально-фрезерна	5,59	Вертикально-фрезерна	—

Кількість операцій заводського технологічного процесу: 10

Сумарний штучний час по всіх операціях:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\Sigma t_{um} = 17.59 + 13.5 + 16.2 + 8.75 + 5.59 + 3.3 + 9.16 + 8.8 = 82.89 \text{ хв.}$$

Середньо-штучний час визначаємо за формулою:

$$t_{um \text{ ср}} = \Sigma t_{um} / n \text{ (хв)}, \quad (2.1)$$

де: n – число операцій;

$$t_{um \text{ ср}} = 82.89 / 10 = 8.289 \text{ (хв)}.$$

Коефіцієнт серійності визначаємо за формулою:

$$K_c = t_g / t_{um. \text{ ср}} \quad K_c = 64.84 / 8.289 = 7.8.$$

Отриманому коефіцієнту відповідає середньосерійний тип виробництва [19].

Найважливішими календарно-плановими нормативами в серійному виробництві є:

- 1) Розмір партії деталей;
- 2) Періодичність запуску деталей у виробництво.

Визначаємо місячне завдання:

$$N_{mic} = \frac{N}{12} = \frac{5000}{12} = 417 \text{ (шт.)}.$$

Розмір партії деталей, яка запускається у виробництво:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$П_{\partial} = \frac{t_{nz}}{t_{um} \cdot K_{\partial n}} = \frac{90}{9,25 \cdot 0,1} = 97,3 (шт.).$$

де $K_{\partial n} = 0,1$ – коефіцієнт допустимих втрат на переналагодження обладнання.

Прийнятий розмір партії – $П_{\partial} = 100$ шт.

Знаходимо ціле число запусків в виробництво:

$$n_{зан} = \frac{N_{mic}}{П_{\partial}} = \frac{417}{100} = 4,17.$$

Ритм запуску:

$$R_n = \frac{F_{\partial p} \cdot П_{\partial}}{N_{mic}} = \frac{23 \cdot 100}{417} = 6 \text{ (днів)}.$$

де $F_{\partial p} = 23$ – кількість робочих днів в місяці.

2.2 Вибір способу отримання заготовки

Метод отримання заготовок для деталей визначається призначенням, конструкції деталі, матеріалом з якого воно буде виготовлена, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Вибрати заготовку для даного корпусу – значить вибрати її спосіб одтримання.

Виходячи з матеріалу – Чавун СЧ-20 по ГОСТ 1412-95, робимо висновок, що заготовку отримують литвом в земляні форми або литвом по виплавляємих моделях.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Вартість заготовок, які отримуються литвом в земляні форми і литвом по виплавляємим моделях можна визначити за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_1}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \text{ грн.} \quad (2.2)$$

де Q - маса заготовки, кг.;

C_1 - базова вартість одної тонни заготовок, грн.;

q - маса деталі, кг.;

$S_{відх}$ - ціна одної тонни відходів чавуну СЧ-20, грн.;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ - коефіцієнти, що враховують клас точності, групу складності, масу, марку матеріалу і об'єм випуску заготовок.

Проведемо розрахунок по двох різних варіантах виготовлення заготовки і порівняємо їх.

I варіант – виливок (виливка в земляні форми).

$Q = 16,35$ кг. – маса заготовки, кг.;

$q = 12,75$ кг. – маса деталі по кресленню;

$C_1 = 2400$ грн. – базова вартість одної тонни виливків із чавуну СЧ-20;

$S_{відх} = 220$ грн. – вартість одної тонни відходів чавуну СЧ-20;

$k_T = 1$ - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка [1, с.33];

$k_C = 1$ - коефіцієнт групи складності виливка [1, с.35];

$k_B = 0,72$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки [1, с.35];

$k_M = 0,62$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу [1, с.34];

$k_{II} = 1,22$ - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливок.

$$S_{загI} = \left(\frac{2400}{1000} \cdot 16,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,72 \cdot 0,62 \cdot 1,22 \right) - (16,35 - 12,75) \frac{220}{1000} = 27,25 \text{ грн.}$$

II варіант – виливок (литво по виплавляємим моделях).

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$Q = 16,35$ кг. – маса заготовки, кг.;

$q = 12,75$ кг. – маса деталі по кресленню;

$C_1 = 2400$ грн. – базова вартість одної тонни виливків із чавуну СЧ-20;

$S_{відх} = 220$ грн. – вартість одної тонни відходів чавуну СЧ-20;

$k_T = 1$ - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка [1, с.33];

$k_C = 1$ - коефіцієнт групи складності виливка [1, с.35];

$k_B = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки [1, с.35];

$k_M = 0,62$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу [1, с.34];

$k_{II} = 1,2$ - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливок.

$$S_{загII} = \left(\frac{2400}{1000} \cdot 16,35 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1,2 \right) - (16,35 - 12,75) \frac{220}{1000} = 29,13 \text{ грн.}$$

Економічний ефект при співставленні способів отримання заготовок визначаємо за формулою [1, с.39]:

$$E_3 = (S_{загI} - S_{загII}) \cdot N = (27,25 - 29,13) \cdot 5000 = 6768 \text{ грн.};$$

Отже вибираємо заготовку для корпусу – литво в земляну форму 8-го класу точності розмірів, 3-го ряду припусків.

Результати зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняння методів одержання заготовки

Назва позиції	I варіант	II варіант
Вид заготовки	Виливок	Виливок (по виплавляємим моделях)
Вартість заготовок	27,25	29,32
Коефіцієнт використання матеріалу	0,72	0,8

2.3 Вибір технологічних баз

При заданих вимогах до точності обробки деталі, необхідно вибрати таку схему базування, щоб вона забезпечувала найменшу похибку установки. Для

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

забезпечення точності виготовлення деталі необхідно дотримуватись принципу суміщення баз – технологічних, вимірювальних, установочних, намагатись забезпечити їх постійність при послідовних операціях обробки.

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

При проектуванні дуже важливим є правильний вибір установочних баз.

Для порівняння розглядаємо два варіанти базування і вибираємо кращий.

I варіант

$$B\Delta = B_2 - B_1$$

$$WB\Delta = WB_2 + WB_1$$

$$WB_2 = 50 \text{ мкм}$$

$$WB_1 = 100 \text{ мкм}$$

$$WB\Delta = 50 + 100 = 150 \text{ мкм}$$

$$E_3 = 120 \text{ мкм}$$

$$E_y = \sqrt{E_b^2 + E_3^2} = \sqrt{150^2 + 120^2} = 192 \text{ мкм}$$

II варіант

$$W\Gamma\Delta = 100 \text{ мкм}$$

$$E_3 = 100 \text{ мкм}$$

$$E_6 = \sqrt{100^2 + 100^2} = 141 \text{ мкм}$$

Раціональний II варіант, бо похибки закріплення і установки менші

$$A\Delta = A_1 + A_2$$

$$WA\Delta = WA_2 + WA_1$$

$$WA_1 = 740 \text{ мкм}$$

$$WA_2 = 740 + 740 = 1480 \text{ мкм}$$

$$E_3 = 120 \text{ мкм}$$

$$E_y = \sqrt{1480^2 + 120^2} = 14,85 \text{ мкм}$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

II варіант

$$B\Delta = WB\Delta = TB\Delta = 0 \text{ мкм}$$

$$E_3 = 100 \text{ мкм}$$

$$E_y = \sqrt{100^2} = 100 \text{ мкм}$$

В II варіанті значення похибок менші, отже він раціональний

$$S_{1\max} = O_1 O_1'$$

$$S_{2\max} = O_2 O_2'$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2L}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{0,01 + 0,001}{204} = 5,4 \cdot 10^{-5}$$

$$\sigma = 0,013 \text{ мм}$$

$$l = 73,5 \text{ мм}, \quad TN = 0,1 \text{ мм}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{0,013 + 0,1}{73,5} = 1,5 \cdot 10^{-3}$$

2.4 Структурний аналіз варіантів технологічного маршруту механічної обробки

У базовому заводському технологічному процесі в якості заготівельної операції застосоване вільне лиття по третьому класу точності, тобто найнижчому класу, що призводить до неоправданно великих припусків на механічну обробку, а головне першою операцією йде підготовка баз під наступну механічну обробку. Так само в заводському технологічному процесі використовується напівавтоматичне обладнання, що при малій програмі

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

випуску істотно впливає на собівартість виготовлення деталі за рахунок амортизаційних відрахувань.

Як раціональний метод обробки можна відзначити свердління групи отворів на операційному стенді, що зменшує час на операцію, наприклад у порівнянні зі свердлінням по кондукторі на радіально-свердлильному верстаті, у 5-6 разів.

Аналізуючи дані отримані в ході вивчення базового технологічного процесу, можна відзначити, що всі недоліки і всі позитивні моменти будуть враховані при розробці власного тех.процесу.

Для вибору більш економічно вигідного верстатного проведення порівняння собівартості операцій, які є відмінними.

Технологічна собівартість виконання операції визначається за формулою [3, с.427]

$$C_{оп_i} = Z_o + H_o \cdot K_{M2} \cdot T_{шт}; \quad (2.3)$$

де Z_o - основна і додаткова заробітна плата верстатника, грн.:

$$Z_o = H_{о.г.} \cdot T_{шт} \cdot K_M;$$

де $H_{о.г.}$ - норматив годинної заробітної плати верстатника відповідного розряду, коп/хв;

K_M - коефіцієнт, що враховує багатостаночне обслуговування, $K_M = 1$ - для обслуговування одного верстату одним робітником;

$T_{шт}$ - штучний час на операції, хв.

H_o - середні затрати, коп/хв, на утримання і експлуатацію обладнання, [3, с.431, Т23,24];

K_{M2} - коефіцієнт роботи обладнання на даній операції, [3, с430, Т22].

Технологічна собівартість деталі:

$$C = C_{заг} + \sum C_{оп_i}; \quad (2.4)$$

де $C_{заг}$ - собівартість заготовки.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Величина приведеної річної економії:

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N; \quad (2.5)$$

де C_1, C_2 - технологічні собівартості двох варіантів технологічних процесів виготовлення деталі;

N - програма випуску деталей.

$H_{ог} = 0,85$ грн/год – норматив годинної заробітної плати верстатника 3-го розряду при двохзмінному режимі роботи.

I варіант:

$H_o = 0,594$ коп/хв [3, с.431, Т24] – середні затрати на утримання обладнання при серійному типі виробництва в дві зміни;

$K_{Me} = 1,0$ - коефіцієнт машиногодина [3, с.429, Т22];

Операція 005

$T_{шт} = 10,1$ хв.; - штучний час на операції.

Операція 010

$T_{шт} = 4,3$ хв. – штучний час на операції.

II варіант:

$H_o = 0,594$ коп/хв [3, с.431, Т24] – середні затрати на утримання обладнання при серійному типі виробництва в дві зміни;

$K_{Me} = 2,1$ - коефіцієнт машино-годин [3, с.430, Т22];

$K_{Me} = 0,8$ - коефіцієнт машино-годин.

Операція 005

$T_{шт} = 4,62$ хв. - штучний час на операції.

Операція 035 $T_{шт} = 1,26$ хв. - штучний час на операції.

Таблиця 2.3. – Розрахунок технологічної собівартості виготовлення деталі по різних варіантах технологічного процесу

					I варіант	II варіант
Вид заготовки					Виливок	Виливок

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Вартість заготовки, грн.	2,25	2,06
Операції механічної обробки, що відрізняються:		
005	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерна
$T_{шт}$, хв.	10,1	4,62
Розряд роботи	3	3
Змінність	2	2
Тип виробництва	Середньосерійний	Середньосерійний
$З_o$, грн.	$0,85 + 10,1 \cdot 1 = 8,5$	$0,85 + 4,62 \cdot 1 = 3,91$
$C_{оп_i}$, грн.	$8,5 + 0,594 \cdot 1 \cdot 10,1 = 14,5$	$3,91 + 0,594 \cdot 1 \cdot 4,62 = 9,67$
010	Вертикально-фрезерна	
$T_{шт}$, хв.	4,3	
Розряд роботи	3	
Змінність	2	
Тип виробництва	Середньосерійний	
$З_o$, грн.	$0,85 + 4,3 \cdot 1 = 3,7$	
$C_{оп_i}$, грн.	$3,7 + 0,594 \cdot 0,8 \cdot 4,3 = 5,8$	
Технологічна собівартість деталі, С, грн.		
$E = \left(C_{заг} - \sum C_{оп_i} \right)$	$29,32 + (14,5 + 5,8) = 42,55$	$27,25 + (9,67 + 1,7) = 33,53$

Економічний ефект від впровадження другого варіанту технологічного процесу складе :

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N = (42,55 - 33,53) \cdot 5000 = 25500 \text{ грн.}$$

Тому в якості проектного варіанту технологічного процесу виготовлення деталі “Кронштейн” вибираємо II варіант.

2.5 Визначення припусків та міжопераційних розмірів, проекування заготовки

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2.5.1 Розрахунок припуску на лінійний розмір 120 мм

Мінімальний припуск розраховується за формулою [23]:

$$z_{i_{min}} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi}; \quad (2.6)$$

де R_{zi-1} - висота мікронерівностей після виконання попереднього переходу;

T_{i-1} - товщина дефектного поверхневого шару, що залишається після попередньої обробки;

ρ_{i-1} - сумарне значення просторових відхилень попередньої обробки;

ε_{i-1} - похибка установки на переході, що виконується.

Для даної заготовки за даними [23] $R_{zi-1} = 20$; $T = 120$; $\rho = \rho_{кор}$.

$$\rho_{\kappa \varphi} = \sqrt{(\Delta k B)^2 + (\Delta k l)^2} = \sqrt{(0.7 \cdot 190)^2 + (0.7 \cdot 400)^2} = 310 \text{ (мкм)}.$$

Похибка базування $\varepsilon_{\delta} = \delta_a = 640 \text{ мкм}$, похибка закріплення $\varepsilon_3 = 80 \text{ мкм}$, [23], табл.39.

Тоді похибка установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{640^2 + 80^2} = 645 \text{ (мкм)}.$$

$$z_{min} = 20 + 146 + 310 + 645 = 1115 \text{ (мкм)};$$

Визначаємо граничні розміри:

$$L_{min \partial} = L_{ном} - EI = 120 - 0 = 120 \text{ (мм)};$$

$$L_{max \partial} = L_{ном} + ES = 120 + 1 = 121 \text{ (мм)};$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$L_{min\ 3} = L_{min\ \partial} + z_{min} = 120 + 1.12 = 121.12\ (мм);$$

$$L_{max\ 3} = L_{min\ 3} + \delta_{zag} = 121.12 + 0.64 = 121.76\ (мм).$$

Розрахуємо граничні значення припусків:

$$z_{min} = L_{max\ 3} - L_{min\ 3} = 115.12 - 124 = 1.12\ (мм);$$

$$z_{max} = L_{max\ 3} - L_{max\ \partial} = 115.76 - 115 = 0.76\ (мм).$$

Схема розміщення припусків та допусків на обробку деталі зображена на рисунку 2.1, а результати розрахунків оформлені у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахунок припусків і граничних розмірів на лінійний розмір

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				$2Z_{min}$ мкм	δ , мкм	Гр.розмір		Гр. припуск	
	R_z	T	ρ	ε			l_{min}	l_{max}	Z_{min}	Z_{max}
Заготовка	20	40	310	—	—	640	121.12	121.76	—	—
Точіння	R_a 3.2	—	—	645	1120	1000	114	125	1120	160

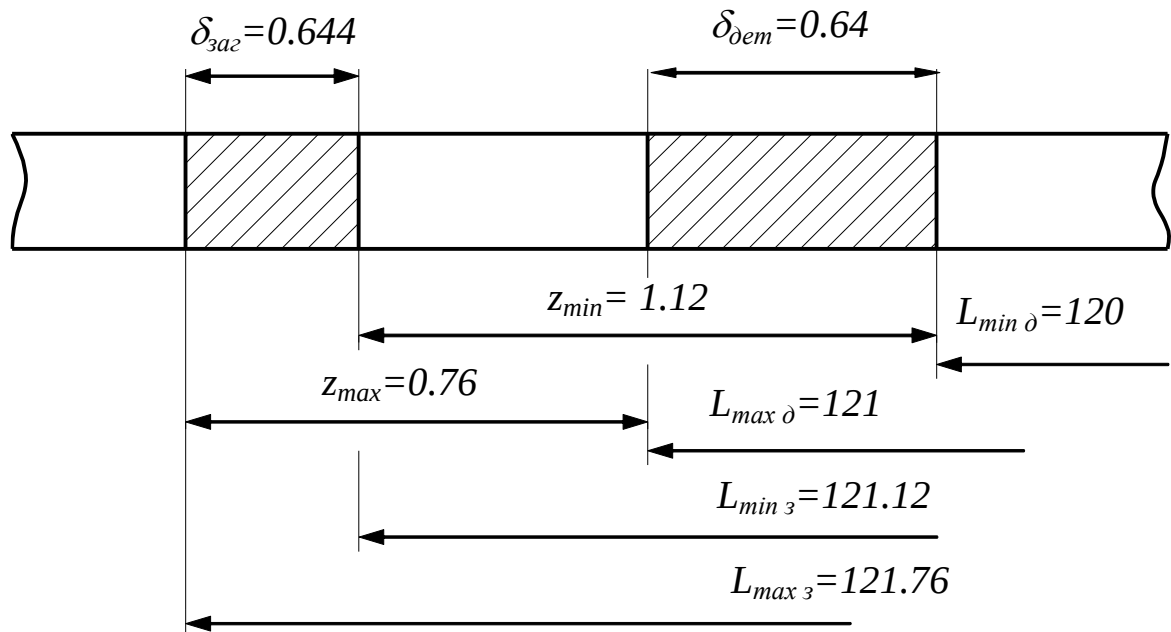


Рисунок 2.1 - Схема розміщення припусків

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ					Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата						

2.5.2 Розрахунок припусків на розмір Ø75H9

Мінімальний припуск визначається за формулою [23]:

$$2Z_{min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 - \varepsilon_i^3}) \quad (2.7)$$

Визначаємо сумарні просторові відхилення для напівчистої обробки:

$$\rho = \rho_{\kappa \varphi} = \sqrt{(\Delta k \cdot d)^2 + (\Delta k \cdot l)^2}; \quad (2.8)$$

де d – діаметр отвору;

l – довжина поверхні, що обробляється.

$$\rho_{h''p} = \sqrt{(0.7 \cdot 75)^2 + (0.7 \cdot 35)^2} = 55 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо похибку встановлення для напівчистої обробки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2};$$

$$\varepsilon_{\delta} = \delta_a = 560 \text{ (мкм)};$$

$$\varepsilon_3 = 80 \text{ (мкм)};$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{80^2 + 560^2} = 566 \text{ (мкм)}.$$

Тоді мінімальний припуск буде дорівнювати:

$$2Z_{min} = 2(20 + 140 + \sqrt{55^2 + 566^2}) = 1457 \text{ (мкм)}.$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Визначаємо мінімальний припуск для чистової обробки:

$$2Z_{min} = 2\left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 - \varepsilon_i^3}\right). \quad (2.9)$$

Сумарне просторове відхилення для чистової обробки:

$$\rho_r = 0.05 \rho = 0.05 \cdot 55 = 2.8 \text{ мкм} \approx 3 \text{ мкм}.$$

Похибка установки:

$$\varepsilon_r = 0.05 \varepsilon = 0.05 \cdot 566 = 28 \text{ (мкм)}.$$

$$\text{Тоді } 2Z_{min} = 2\left(10 + 50 + \sqrt{3^2 + 28^2}\right) = 176 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо граничні значення розмірів:

$$d_{min \partial} = d_{ном} - EI = 75 - 0 = 75 \text{ (мм)}.$$

$$D_{max \partial} = d_{ном} + ES = 75 + 0.03 = 75.03 \text{ (мм)}.$$

$$D_{max \text{ мч}} = d_{max \partial} - 2Z_{min \text{ мч}} = 75.03 - 0.176 = 74.859 \text{ (мм)}.$$

$$D_{min \text{ мч}} = d_{max \text{ мч}} - \delta_{\text{мч}} = 74.854 - 0.17 = 74.684 \text{ (мм)}.$$

$$D_{max \text{ з}} = d_{max \text{ мч}} - 2Z_{min \text{ мч}} = 74.854 - 1.457 = 73.397 \text{ (мм)}.$$

$$D_{min \text{ з}} = d_{max \text{ мч}} - \delta_{\text{мч}} = 73.397 - 0.64 = 72.757 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо граничні значення припусків:

$$2Z_{min \text{ ч}} = d_{max \text{ ч}} - d_{max \text{ мч}} = 75.03 - 74.854 = 0.176 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{min \text{ мч}} = d_{max \text{ мч}} - d_{max \text{ з}} = 74.854 - 73.397 = 1.457 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max \text{ ч}} = d_{min \text{ ч}} - d_{min \text{ мч}} = 75 - 74.684 = 0.316 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{max \text{ мч}} = d_{min \text{ мч}} - d_{min \text{ з}} = 74.684 - 72.757 = 1.927 \text{ (мм)}.$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Визначаємо загальний припуск:

$$2Z_{0\min} = 2Z_{\min\text{ ч}} + 2Z_{\min\text{ мч}} = 176 + 1457 = 1633 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 2Z_{\max\text{ ч}} + 2Z_{\max\text{ мч}} = 316 + 1927 = 2243 \text{ (мкм)}.$$

Виконаємо перевірку правильності виконання розрахунків:

$$2Z_{\max\text{ ч}} - 2Z_{\min\text{ ч}} = 316 - 176 = 140 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_{\text{мч}} - \delta_{\text{ч}} = 170 - 30 = 140 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max\text{ нч}} - 2Z_{\min\text{ нч}} = 1927 - 1457 = 470 \text{ (мкм)};$$

$$\delta_{\text{з}} - \delta_{\text{мч}} = 640 - 170 = 470 \text{ (мкм)}.$$

Результати розрахунку оформлені у вигляді таблиці 2.5.

Схема розміщення припусків зображена на рисунку 2.2.

Таблиця 2.5 – Розрахунок припусків і граничних розмірів на діаметральний розмір

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				$2Z_{\min}$ мкм	δ , мкм	Гр. розмір		Гр. припуск	
	R_z	T	ρ	ε			$l_{\min}$	$l_{\max}$	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
Заготовка	20	40	55	—	—	640	72.757	73.397	—	—
Точіння напівчистове	10	50	3	566	2× 728.5	170	74.684	74.854	1457	1927
Точіння чистове	R_a 1.2	—	—	28	2·88	30	75	75.03	176	316

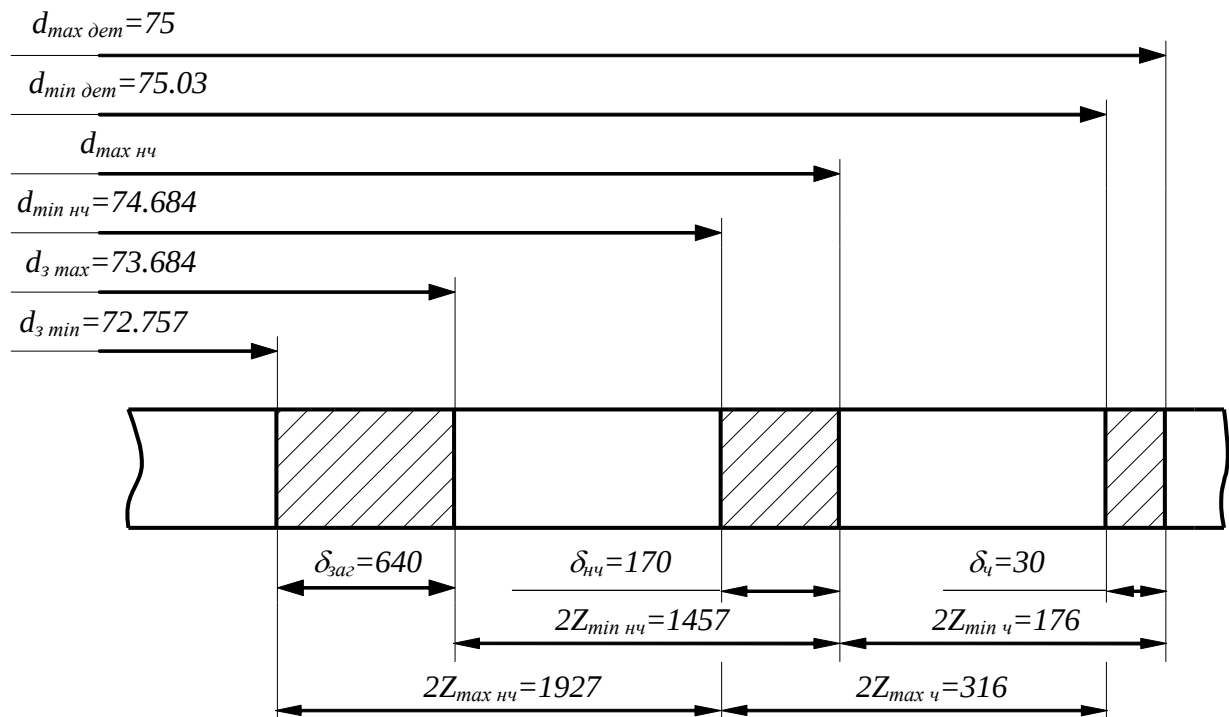


Рисунок 2.2. – Схема розміщення припусків на розмір $\varnothing 75H9$

Для решти розмірів припуски визначаються табличним методом.

2.6 Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

Вибір ріжучого та вимірювального інструменту виконано у відповідності з вимогами і оформлено у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

№ п/п	Назва операції (переходу)	Ріжучий інструмент	Вимірювальний інструмент
005	Вертикально-фрезерна	1.Фреза торцева насадна BK8 ГОСТ 8529-69	Пристрій контрольний спеціальний
010	Вертикально-фрезерна	1.Фреза торцева насадна	Пристрій контрольний

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	KPB 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
----	-----	---------	--------	------	-------------------------	-----

		ВК8 ГОСТ 8529-69	спеціальний
015	Розточна	1.Різець розточний, ВК8, ГОСТ 18877-73	Пристрій контрольний
020	Старіння		
025	Вертикально-фрезерна	1.Фреза торцева насадна ВК8 ГОСТ 8529-69	Шаблон спеціальний
030	Вертикально-фрезерна	1.Фреза торцева насадна ВК8 ГОСТ 8529-69	Шаблон спеціальний
035	Вертикально-фрезерна з ЧПК	1. Фреза кінцева Ø12ВК8 ГОСТ 12026-71 2. Фреза кінцева Ø14ВК8 ГОСТ 12026-71	Калібр спеціальний для контролю Т-подібного пазу
040	Плоскошліфувальна	Круг шліфувальний ПП. 54С40 СМ1 К6 ГОСТ 2424- 75	Пристрій для контролю площини
045	Плоскошліфувальна	Круг шліфувальний ПП. 54С40 СМ1 К6 ГОСТ 2424- 75	Пристрій для контролю площини
050	Фрезерно-сверлильно- розточна	Фреза ВК8 ГОСТ 8529-79 2. Свердло центрове Ø3,25 Р6М5 ГОСТ 14953-79 3. Свердло Ø6,6 Р6М5 ГОСТ 10902-75	Пристрій спеціальний
055	Вертикально-фрезерна	1.Фреза торцева насадна ВК8 ГОСТ 8529-69	Пристрій спеціальний

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2.7 Розрахунок режимів різання

Режими обробки деталі - найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Вихідними даними для вибору режимів різання є:

- відомості про заготовку (креслення і технічні умови), вид заготовки, матеріал і його характеристики; припуски і характер їх розташування; стан поверхневого шару;
- дані про деталь, яка обробляється (робоче креслення, технічні умови), форма, розміри і допуски на обробку, допустимі відхилення від геометричної форми, допустимі похибки взаємного розміщення окремих поверхонь, вимоги до стану поверхневого шару, в тому числі і до шорсткості поверхонь;
- паспортні дані обладнання.

Розрахунок режимів різання аналітичним методом виконаємо для операції 015.

Операція 015 Розточна

Перехід 1

Інструмент: Різець прохідний упорний ТГ2146-7006; матеріал ріжучої частини: ВК6; передній кут: 0; задній кут: 10; радіус при вершині 0.3 1.

1. Розрахунок довжини робочого ходу супорта L_{px} , мм:

$$L_{px} = L_{piz} + Y + L_{don} \quad (2.11)$$

$$L_{px} = 40 + 10 = 50 \text{ мм.}$$

2. Призначення подачі супорта на оберт шпинделя S_o , мм/об:

Визначаємо рекомендову подачу за нормативами [21]:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$S_o = 0.06 \text{ мм/об};$$

Уточняємо подачу по паспорту верстату: $S_o = 0.06 \text{ мм/об};$

3. Визначення стійкості інструменту за нормативами:

$$T_p = T_m \times k;$$

де k — коефіцієнт часу врізання, при $L_{px} = 50 = k = 0.8$ [22]; T_m — стійкість в хвилинах машинної роботи верстата, $T_m = 50 \text{ хв.}$

Отже, $T_p = 50 \times 0.8 = 40 \text{ хв.}$

4.Розрахунок швидкості різання V , м/хв і числа обертів шпинделя:

Визначення швидкості різання за нормативами [22]:

$$V = V_{табл} \times K_1 \times K_2 \times K_3, \text{ м/хв.}$$

де K_1 — коефіцієнт, який залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 — коефіцієнт, який залежить від стійкості інструменту;

K_3 — коефіцієнт, який залежить від виду обробки.

$$V_{табл} = 240 \text{ м/хв}; K_1 = 0.65; K_2 = 1.75; K_3 = 1.$$

Отже, $V = 240 \times 0.65 \times 1.75 \times 1 = 275 \text{ м/хв.}$

Розрахунок числа обертів шпінделя верстата:

$$n = 1000 \text{ v} / \pi d = 275 \times 1000 / 270 \pi = 324.2 \text{ об/хв};$$

Уточнення числа обертів шпинделя по паспорту верстата:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$n_{cm} = 325 \text{ об/хв.}$$

Уточнення швидкості різання по прийнятому числу обертів шпинделя:

$$V = \pi d n / 1000; \text{ м/хв}$$

$$V = 3.14 \cdot 270 \cdot 325 / 1000 = 275.6 \text{ м/хв.}$$

Перевірка можливості обробки.

Сила різання:

$$P_z = P_{zтабл} \times K_1 \times K_2; \quad (2.12)$$

K_1 — коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 — коефіцієнт, який залежить від різання і переднього кута різця;

$$P_{zтабл} = 15 \text{ кГ, [22]. } K_1 = 0.65; K_2 = 1.00.$$

$$\text{Отже, } P_z = 15 \times 0.65 \times 1 = 9.75 \text{ кГ.}$$

Розрахунок потужності різання:

$$N_{різ} = P_z v / 6120 = 9.75 \cdot 275.6 / 6120 = 0.44 \text{ кВт}$$

Перевірка по потужності:

$$N_{різ} \leq 1.2 N_{\eta} = 30 \cdot 0.85 = 25.5 \text{ кВт}$$

Розрахунок основного машинного часу обробки t_m , хв

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$t_m = S_o \times n ;$$

$$t_m = 0.06 \times 325 = 2.56 \text{ хв.}$$

Визначаємо норми допоміжного часу: $t_d = 0.09 \text{ хв.}$

$$\begin{aligned} T_{um} &= t_m + t_d + T_{об} + T_{г} = 1.06 \times (t_m + t_d) = \\ &= 1.06 \times (2.56 + 0.09) = 2.8 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Визначаємо норми підготовчо-заключного часу: $T_{nz} = 17 \text{ хв.}$

$$T_{ук} = T_{nz}/n + T_{um} = 17/300 + 2.8 = 2.86 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Інструмент: Різець підрізний ТГ2146-7007; матеріал ріжучої частини: ВК6; передній кут: 0; задній кут: 10; радіус при вершині 0.3 л.

3. Розрахунок довжини робочого ходу супорта L_{px} , мм:

$$L_{px} = L_{піз} + Y + L_{дон.}$$

$$L_{px} = 12 + 3 = 15 \text{ мм.}$$

2. Призначення подачі супорта на оберт шпинделя S_o , мм/об:

Визначаємо рекомендову подачу за нормативами [21]:

$$S_o = 0.06 \text{ мм/об;}$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Уточняємо подачу по паспорту верстату: $S_o = 0.06 \text{ мм/об}$;

3. Визначення стійкості інструменту за нормативами:

$$T_p = T_m \cdot k; \quad (2.13)$$

де k — коефіцієнт часу врізання, при $L_{px} = 15$ $k = 0.8$ [22]; T_m — стійкість в хвилинах машинної роботи верстата, $T_m = 50$ хв.

Отже, $T_p = 50 \times 0.8 = 40$ хв.

4. Розрахунок швидкості різання V , м/хв. і числа обертів шпинделя:

Визначення швидкості різання за нормативами [22]:

$$V = V_{табл} \times K_1 \times K_2 \times K_3, \text{ м/хв.} \quad (2.14)$$

де K_1 — коефіцієнт, який залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 — коефіцієнт, який залежить від стійкості інструменту;

K_3 — коефіцієнт, який залежить від виду обробки.

$V_{табл} = 240$ м/хв; $K_1 = 0.65$; $K_2 = 1.75$; $K_3 = 1$.

Отже, $V = 240 \times 0.65 \times 1.75 \times 1 = 275$ м/хв.

Розрахунок числа обертів шпинделя верстата:

$$n = 1000 \cdot v / \pi d = 275 \times 1000 / 184 \cdot \pi = 453.73 \text{ об/хв};$$

Уточнення числа обертів шпинделя по паспорту верстата:

$$n_{cm} = 325 \text{ об/хв.}$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Уточнення швидкості різання по прийнятому числу обертів шпинделя:

$$V = \pi d n / 1000; \text{ м/хв}$$

$$V = 3.14 \cdot 184 \cdot 325 / 1000 = 188 \text{ м/хв.}$$

Перевірка можливості обробки.

Сила різання:

$$P_z = P_{\text{зтабл}} \times K_1 \times K_2 ;$$

K_1 — коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу;

K_2 — коефіцієнт, який залежить від різання і переднього кута різця;

$$P_{\text{зтабл}} = 15 \text{ кГ}, [22]. K_1 = 0.65; K_2 = 1.00.$$

$$\text{Отже, } P_z = 30 \times 0.65 \times 1 = 19.5 \text{ кГ.}$$

Розрахунок потужності різання:

$$N_{\text{різ}} = P_z v / 6120 = 9.75 \cdot 188 / 6120 = 0.6 \text{ кВт}$$

Перевірка по потужності:

$$N_{\text{різ}} \leq 1.2 N_{\text{с}} \eta = 30 \cdot 0.85 = 25.5 \text{ кВт}$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розробка структурно-кінематичної схеми верстата для операції

Проаналізувавши різні схеми формоутворення складаємо структурно-кінематичну схему вертикально-фрезерного верстата:

Головний рух – обертання фрези.

Як джерело енергії головного руху використаємо асинхронний двигун. Для збільшення діапазону регулювання приводу головного руху спроектиємо коробку швидкостей.

Для погашення вібрацій між двигуном і коробкою швидкостей використаємо пасову передачу.

Рухи подач – переміщення стола.

Для переміщення стола по кожній з трьох координат ставимо окремі електродвигуни з регульованою частотою обертання, забезпечивши таким чином безступеневе регулювання подачі, і передачі гвинт-гайка кочення.

Структурно-кінематичну схему верстата представимо на рисунку 3.1:

					<i>КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Кружілька Р.Ю.						34
Перевір.		Сеник А.А.						
Реценз.								
Н. Контр.		Кобельник В.Р.						
Затверд.		Крупа В.В.			ТНТУ, гр.МВ-41			

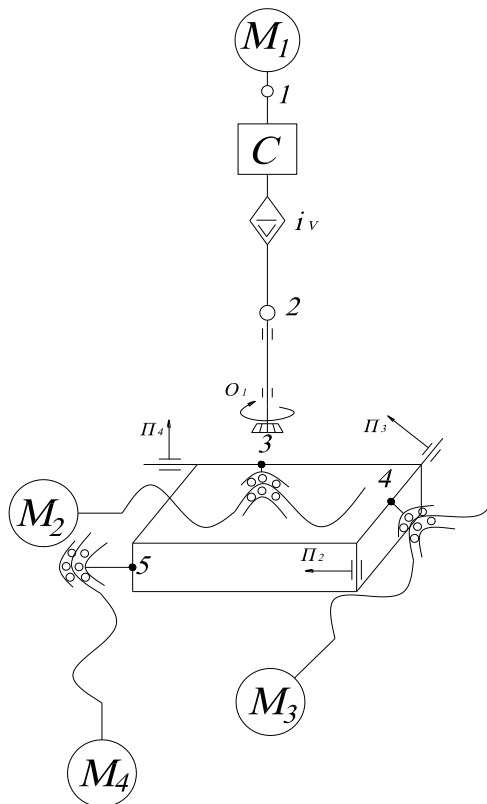


Рисунок 3.1 – Структурно-кінематична схема верстату

Аналіз:

Привід головного руху:

ЗКЗ: $M_1 - 1 - C - i_v - 2$

ВКЗ: Шпиндель-опори

Привід подач:

- вертикальна

ЗКЗ: $M_3 - 4$

ВКЗ: передача гвинт-гайка кочення, направляючі, салазки

- поздовжня

ЗКЗ: $M_2 - 3$

ВКЗ: передача гвинт-гайка кочення, направляючі, салазки

- поперечна

ЗКЗ: $M_4 - 5$

ВКЗ: передача гвинт-гайка кочення, направляючі, салазки

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.2. Кінематичний розрахунок верстату

Основною ціллю даного кінематичного прорахунку є можливе визначення діапазону регулювання приводу, вибір оптимальної структурної формули, побудова структурної сітки та графіка чисел обертів, побудова оптимальної кінематичної схеми приводу. При кінематичному розрахунку визначають всі можливі варіанти передаточних співвідношень, а також самого числа зубів всіх коліс.

3.2.1. Вибір електродвигуна

Визначаємо необхідну потужність електродвигуна згідно [28]:

$$N_{\dot{\alpha}\ddot{\epsilon}} = \frac{N_{\delta^3\zeta}}{\eta} \quad (3.1)$$

де $N_{\dot{\alpha}\ddot{\epsilon}}$ – максимальна потужність різання;

η – загальний ККД приводу.

Загальний ККД приводу дорівнює добутку ККД його складових [28]:

$$\eta_{i\delta} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n \quad (3.2)$$

Приймаємо [28]:

- ККД пасової передачі $\eta_1=0,95$;
- ККД зубчастої передачі з циліндричними колесами $\eta_2=0,97$;
- ККД зубчастої передачі з конічними колесами $\eta_3=0,96$;
- коефіцієнт тертя в одній парі підшипників $\eta_4=0,99$

Формула (4.2) для нашого випадку набере вигляду:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2^4 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4^7 \quad (3.3)$$

Згідно (3.3):

$$\eta = 0.95 \cdot 0.97^4 \cdot 0.96 \cdot 0.99^7 = 0.7522$$

Необхідна потужність двигуна згідно (4.1):

$$N_{\text{дв}} = \frac{3,23}{0,7522} = 4,294 \text{ кВт}$$

Приймаємо згідно ГОСТ 19523-94 трифазний асинхронний коротко замкнутий електродвигун серії 4А112М4У3 з синхронною частотою обертання 1500 об/хв. і потужністю 5,5 кВт.

- асинхронна частота обертання $n_{ac}=1450$ об/хв.;
- напруга $U=220$ В;

3.2.2. Визначення діапазону регулювання

Передачі з ступеневим регулюванням компактні і прості, мають високий ККД. Кінематичні можливості приводу можна оцінити діапазоном регулювання, який показує відношення максимальних і мінімальних частот обертання шпинделя і визначається за формулою [5]:

$$D = \frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{min}}} \quad (3.4)$$

де n_{max} — максимальна частота обертання шпинделя

n_{min} — мінімальна частота обертання шпинделя

Визначаємо діапазон регулювання згідно (3.4):

$$D = \frac{2000}{40} = 50.$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вибираємо значення ряду геометричної прогресії “ φ ”, вибір якого буде диктуватися необхідною точністю регулювання швидкостей, ступінню універсальності верстату і його типом. В основу вибору стандартних значень знаменника геометричної прогресії “ φ ” покладені наступні 3 основні принципи:

1. Принцип отримання різних рядів із основного ряду з знаменником $\varphi_{\min}$. Якщо вибраний ряд з деяким найменшим значенням $\varphi = \varphi_{\min}$, то всі інші ряди отримуються із цього основного ряду, якщо брати члени через один.

2. Принцип «удесятиріння». Якщо в стандартному ряді частот обертання є член n_1 , то необхідно, щоб через x ступенів зустрівся би член $n_{x+1} = 10n_1$. Ця умова дозволить побудувати таблиці стандартних частот обертання в межах 1-10 об/хв. і множити їх на 10, 100 і. т. д., отримати частоти обертання для інших границь. Із поставленої задачі:

$$\frac{n_{x+1}}{n_1} = 10 \quad n_{x+1} = n_1 \cdot \varphi^x, \quad \text{де } \varphi = \sqrt[x]{10}$$

3. Принцип подвоєння. Якщо в стандартному ряді є член n_1 , то необхідно, щоб через y ступенів зустрівся член $n_{y+1} = 2n_1$. Цей принцип зручний як для побудови таблиць, так і в випадку застосування в коробках швидкостей двох швидкісних (а іноді і багато швидкісних) електродвигунів з відношенням синхронних частот обертання рівним двом.

Аналогічно попередньому випадку отримаємо:

$$\varphi = \sqrt[2]{2}$$

На основі цих трьох принципів був створений ряд стандартних знаменників φ :

1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$\varphi=1,06$ – має допоміжне значення і в верстатах практично не застосовується;

$\varphi=1,12$ – застосовують в автоматах і важких верстатах, де потрібна більш точне налаштування на заданий режим;

$\varphi=1,26$ і $1,41$ – найбільш часто застосовуються для універсальних верстатів;

$\varphi=1,58$ і $1,78$ – застосовують в верстатах, де допоміжний час є дуже великим і тому немає необхідності точно встановлювати режим обробки;

$\varphi=2$ має допоміжне значення при розрахунку допоміжних передач. [19]

Приймаємо $\varphi=1,26$.

3.2.3. Побудова структурної сітки

Знаходимо кількість ступеней за формулою [18]:

$$z = \frac{\lg D}{\lg \varphi} + 1 \quad (3.5)$$

Згідно (3.5):

$$z = \frac{\lg 50}{\lg 1,26} + 1 = 17.92$$

Знайдене розрахункове значення заокруглюємо до цілого з умовою можливості його розчленування на множники 2, 3 і 4. Приймаємо $z=18$.

Складаємо структурну формулу:

При дотриманні умови $2 \leq P \leq 4$ число 18 розкладається на три складові 3, 3 і 2, тобто на три групи. Згідно цієї умови записуємо структурну формулу:

$$z = P_1(x_1) \cdot P_2(x_2) \cdot P_3(x_3) = 3_{(1)} \cdot 3_{(3)} \cdot 2_{(9)}.$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для зменшення габаритних осьових розмірів коробки швидкостей змінимо структурну формулу, помінявши характеристики першої то другої ступеней.

Структурна формула набере вигляду:

$$z = P_1(x_1) \cdot P_2(x_2) \cdot P_3(x_3) = 3_{(3)} \cdot 3_{(1)} \cdot 2_{(9)}$$

Визначаємо число можливих варіантів кінематичної структури за формулою [8]:

$$K = K_{\text{сф.}} \cdot K_{\text{еі і пò ò.}} = \frac{(m!)^2}{q!} \quad (3.6)$$

де m – кількість груп в структурі;

q – число груп з однаковим числом передач.

Згідно (4.6):

$$K = \frac{(1 \cdot 2 \cdot 3)^2}{1 \cdot 2} = 18$$

Будуємо структурну сітку для формули $z = 3_{(3)} \cdot 3_{(1)} \cdot 2_{(9)}$:

Для побудови структурної сітки проводимо ряд паралельних прямих, наприклад горизонталей з інтервалами, рівними $\lg \phi$ в кількості, рівному числу ступеней z швидкості обертання шпинделя, тобто 18 і ряд вертикалей з довільними, приблизно однаковими відстанями між ними в кількості, яка рівна числу валів плюс одна, тобто 4. По структурній формулі вираховуємо характеристики x_j всіх груп і записуємо їх над полем кожної групи. На лівій вертикалі поля першої групи наносимо відмітку, розміщену симетрично відносно горизонталей. Навпроти цієї відмітки на правій вертикалі поля групи розташовуємо симетрично стільки відміток, скільки передач має група, з відстанями, рівними характеристиці цієї групи. Отримані точки з'єднуємо прямими променями. Структурна сітка зображена на рисунку

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

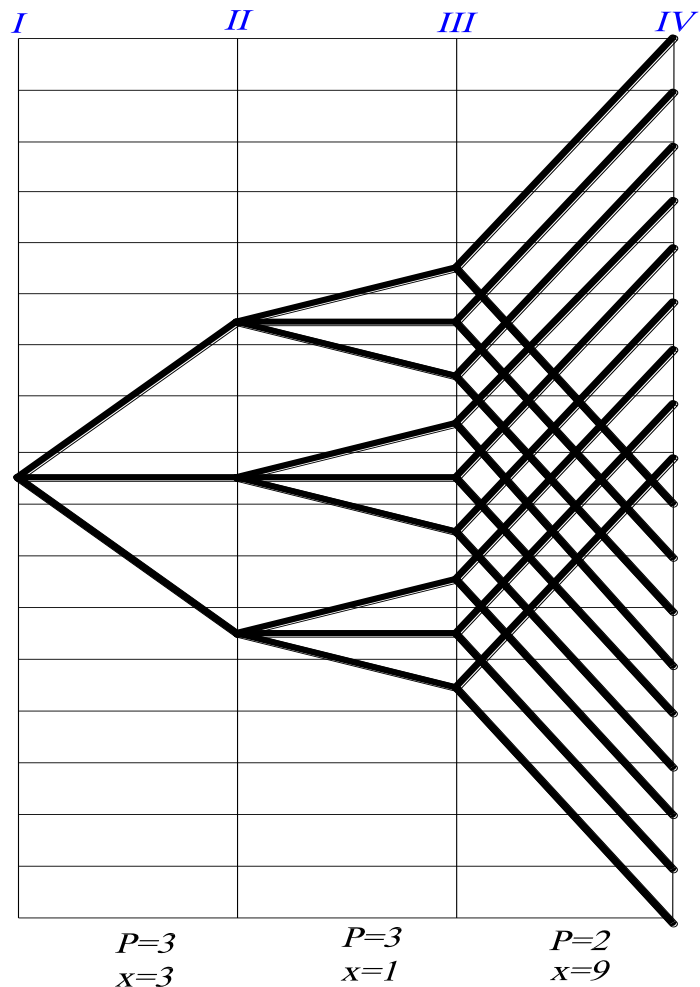


Рисунок 3.2 - Структурна сітка

3.2.4. Побудова графіка чисел обертів

Графік чисел обертів дає конкретні значення величин передаточних відношень всіх передач приводу і числа обертів всіх валів. Будуємо спочатку скелет, а потім використовуючи структурну сітку добудовуємо решту графіка:

Графік чисел обертів

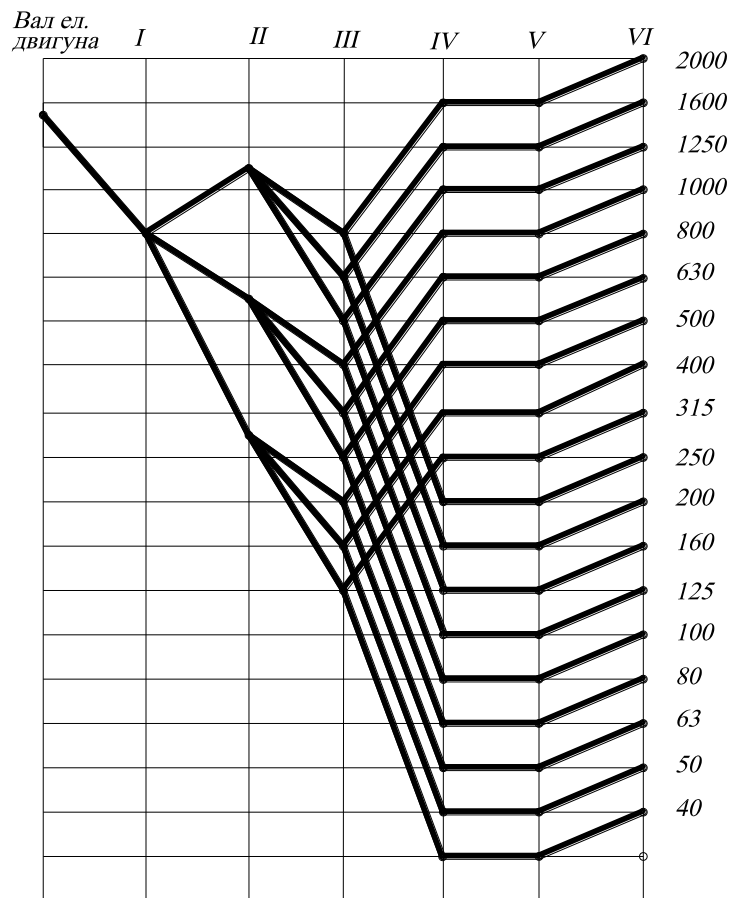


Рисунок 3.3 - Графік чисел обертів

Визначення передаточних відношень. Усі можливі варіанти передаточних відношень визначаються по графіку чисел обертів.

Для понижаючих передач передаточне відношення $U = \frac{1}{\varphi^x}$,

де x – число клітинок структурного поля, на яке опустився промінь відповідної передачі.

Для підвищуючи передач $U = \varphi^x$, де x – число клітинок на які піднявся відповідний промінь.

Враховуючи даний графік чисел обертів, розрахуємо передаточні відношення усіх передач:

$$U_0 = \frac{800}{1500} = \frac{1}{1.875}$$

$$U_1 = \frac{1}{\varphi^{4.8}} = \frac{1}{1.26^{4.8}} \approx \frac{1}{3.03}$$

$$U_1' = \frac{1}{\varphi^{1.8}} = \frac{1}{1.26^{1.8}} = \frac{1}{1.515}$$

$$U_1'' = \varphi^{1.1} = 1.26^{1.1} = 1.3$$

$$U_2 = \frac{1}{\varphi^{3.5}} = \frac{1}{1.26^{3.5}} = \frac{1}{2.245}$$

$$U_2' = \frac{1}{\varphi^{2.5}} = \frac{1}{1.26^{2.5}} = \frac{1}{1.78}$$

$$U_2'' = \frac{1}{\varphi^{1.4}} = \frac{1}{1.26^{1.4}} = \frac{1}{1.382}$$

$$U_3 = \frac{1}{\varphi^6} = \frac{1}{1.26^6} = \frac{1}{4}$$

$$U_3' = \varphi^3 = 1.26^3 = 2$$

Знайдемо передаточні відношення для передач шпиндельної головки:

- для конічної передачі:

$$U_4 = \frac{1}{\varphi^0} = \frac{1}{1.26^0} = 1$$

- для циліндричної передачі:

$$U_5 = \varphi^1 = 1.26$$

Визначення чисел зубів коліс.

Отримавши відповідні значення передаточних відношень, для кожної незалежної групи можна отримати числа зубів окремих пар зубчастих коліс, що входять в неї. Тому, приймається модуль всіх зубчастих коліс однаковим, а міжосьову відстань незмінною. Враховуючи ці умови, можна отримати для першої групи [8]:

$$z_1 + z_2 = z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = \sum z_i$$

$$U_1 = \frac{z_1}{z_2}$$

$$U_1' = \frac{z_3}{z_4}$$

$$U_1'' = \frac{z_5}{z_6}$$

(3.7)

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Приймаємо $z_{\min} = 16$

Знаходимо кількість зубів решти коліс:

$$z_2 = z_1 \cdot U_1 = 16 \cdot 3,03 = 48,58 \quad \sum z_i = 16 + 49 = 65$$

$$z_3 = \frac{\sum z \cdot U_1'}{1 + U_1'} = \frac{65 \cdot 1,52}{1 + 1,52} = 39,2$$

$$z_4 = 65 - 39 = 26$$

$$z_5 = \frac{\sum z \cdot U_1''}{1 + U_1''} = \frac{65 \cdot 1,3}{1 + 1,3} = 36,73$$

$$z_6 = 65 - 37 = 28$$

II група

Для зменшення осьових розмірів коробки швидкостей використаємо метод передачі крутного моменту спільними колесами $z=39$ і $z=28$.

$$z_7 = 39 \quad z_9 = 28$$

$$z_8 = z_7 \cdot U_2'' = 39 \cdot 1,382 = 53,89 \quad \sum z_i = 39 + 54 = 93$$

$$z_{10} = 93 - 28 = 65$$

$$z_{11} = \frac{\sum z \cdot U_2'}{1 + U_2'} = \frac{93 \cdot 1,78}{1 + 1,78} = 59,54$$

$$z_{12} = 93 - 60 = 33$$

III група

Приймаємо $z_{\min_{222}} = 18$

$$z_{13} = 18$$

$$z_{14} = z_{13} \cdot U_3 = 18 \cdot 4 = 72 \quad \sum z_i = 18 + 72 = 90$$

$$z_{15} = \frac{\sum z \cdot U_3'}{1 + U_3'} = \frac{90 \cdot 2}{1 + 2} = 60$$

$$z_{16} = 90 - 60 = 30$$

Групи шпиндельного вузла

Для конічної передачі конструктивно приймаємо кількість зубів $z_{17} = z_{18} = 30$

Для циліндричної передачі приймаємо $z_{\min} = 53$, щоб забезпечити достатню між опорну відстань. Тоді:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$z_{20} = z_{19} \cdot \varphi = 53 \cdot 1.26 = 65.3$$

Приймаємо 65 зубів

Знаходимо реальні передаточні відношення і порівнюємо їх з теоретичними. Похибка повинна складати не більше 5%:

$$\varepsilon = \frac{|U_{\text{додатковий}} - U_{\text{теоретичний}}|}{U_{\text{теоретичний}}} \quad (3.8)$$

Визначаємо похибку згідно (4.8):

$$U_1 = \frac{16}{49} = \frac{1}{3.0625}$$

$$\varepsilon = \frac{3.0625 - 3.03}{3.03} = 0.0107 < 0.05$$

$$U'_1 = \frac{26}{39} = \frac{1}{1.5}$$

$$\varepsilon = \frac{|1.5 - 1.515|}{1.515} = 0.0099 < 0.05$$

$$U''_1 = \frac{37}{28} = 1.321$$

$$\varepsilon = \frac{|1.321 - 1.3|}{1.3} = 0.0161 < 0.05$$

$$U_2 = \frac{28}{65} = \frac{1}{2.321}$$

$$\varepsilon = \frac{|2.321 - 2.245|}{2.245} = 0.0338 < 0.05$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$U_2' = \frac{33}{60} = \frac{1}{1.818}$$

$$\varepsilon = \frac{|1.818 - 1.78|}{1.78} = 0.0213 < 0.05$$

$$U_2'' = \frac{39}{54} = \frac{1}{1.384}$$

$$\varepsilon = \frac{|1.384 - 1.41|}{1.41} = 0.0184 < 0.05$$

$$U_3 = \frac{18}{72} = \frac{1}{4}$$

$$\varepsilon = \frac{|4 - 4|}{4} = 0 < 0.05$$

$$U_3' = \frac{60}{30} = 2$$

$$\varepsilon = \frac{|2 - 2|}{2} = 0 < 0.05$$

$$U_4 = \frac{30}{30} = 1$$

$$\varepsilon = \frac{|1 - 1|}{1} = 0 < 0.05$$

$$U_3' = \frac{65}{53} = 1.246$$

$$\varepsilon = \frac{|1.226 - 1.26|}{1.26} = 0.027 < 0.05$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі дані заносимо в таблицю 3.1:

Таблиця 3.1 – Дані розрахунку передаточних відношень і кількості зубів

U	Основна група			II-a група			III-a група	
	$U_1 = \frac{1}{3,0625}$	$U_1' = \frac{1}{1,5}$	$U_1'' = 1,321$	$U_2 = \frac{1}{2,321}$	$U_2' = \frac{1}{1,818}$	$U_2'' = \frac{1}{1,384}$	$U_3 = \frac{1}{4}$	$U_3' = 2$
$\frac{z_i}{z_{i+1}}$	$\frac{16}{49}$	$\frac{26}{39}$	$\frac{37}{28}$	$\frac{28}{65}$	$\frac{33}{60}$	$\frac{39}{54}$	$\frac{18}{72}$	$\frac{60}{30}$
$\sum^z$	65			93			90	

U	Шпindelный узел	
	$U_4 = 1$	$U_5 = 1.226$
$\frac{z_i}{z_{i+1}}$	$\frac{30}{30}$	$\frac{65}{53}$
$\sum z$	60	118

На основі отриманих результатів будуюмо оптимальну кінематичну схему приводу головного руху:

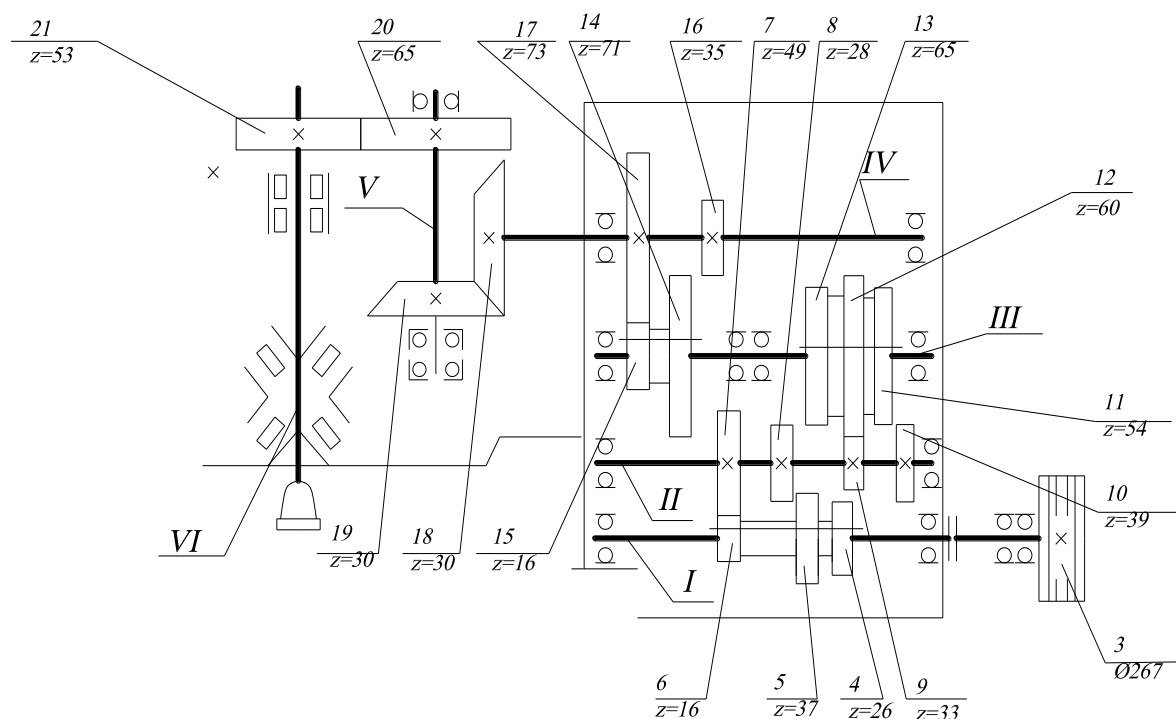


Рисунок 3.4 – Кінематична схема приводу головного руху

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.3. Конструкція та розрахунок приводу головного руху верстата

3.3.1. Силовий розрахунок коробки швидкостей

Силовий розрахунок коробки швидкостей враховує такі значення як: визначення діаметрів валів, визначення міжосьових відстаней і модулів зубчастих коліс на основі максимальних згинальних і крутних моментів, а також можливі значення допустимих напружень зубів на контактну міцність.

3.3.1.1. Розрахунок модуля та визначення міжосьових відстаней

Для можливого розрахунку міжосьової відстані потрібно насамперед визначити значення розрахункових крутних моментів на валах, та міжосьову відстань розраховувати для передачі, яка буде передавати максимальний крутний момент.

Визначимо максимальні крутні моменти на валах [21]:

$$T_{i\dot{a}.} = 9550 \cdot \frac{N_{\ddot{a}\dot{a}.} \cdot \eta}{n_{\delta i \zeta \delta.}} \quad (3.9)$$

де $N_{\ddot{a}\dot{a}.}$ = 5,5 кВт – номінальна потужність двигуна;

η - ККД механізму від електродвигуна до розглядуваного вала;

$n_{\delta i \zeta \delta.}$ - розрахункова частота обертання вала, об/хв;

При виборі розрахункової частоти обертання вала рекомендується брати частоту, яка відповідає вітці 1/3, або 1/4 від $n_{\min.}$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

I вал

Момент на перший вал передається від електродвигуна через пасову передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу:

$$\eta_2 = \eta_1 \cdot \eta_{\text{підш}} = 0,95 \cdot 0,99 = 0,945$$

η_1 – ККД пасової передачі;

$\eta_{\text{підш}}$ - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n=800\text{об/хв}$.

$$T_{\text{об.1}} = 9550 \cdot \frac{5,5 \cdot 0,945}{800} = 62 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

II вал

Момент на другий вал передається від першого вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу

$$\eta_{II} = \eta_I \cdot \eta_2 \cdot \eta_{\text{підш}} = 0,945 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,907,$$

де η_I – ККД приводу першого вала;

η_2 – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{\text{підш}}$ - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n=280\text{об/хв}$

$$T_{\text{об.2}} = 9550 \cdot \frac{5,5 \cdot 0,907}{280} = 170 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

III вал

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Момент на третій вал передається від другого вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу

$$\eta_{III} = \eta_{II} \cdot \eta_2 \cdot \eta_{підш} = 0,907 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,87$$

де η_{II} – ККД приводу другого вала;

η_2 – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{підш}$ - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n=160$ об/хв.

$$T_{об.3} = 9550 \cdot \frac{5,5 \cdot 0,87}{160} = 285,6 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

IV вал

Момент на четвертий вал передається від третього вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу:

$$\eta_{IV} = \eta_{III} \cdot \eta_2 \cdot \eta_{підш} = 0,87 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,835$$

де η_{III} – ККД приводу третього вала;

η_2 – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{підш}$ - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n=125$ об/хв.

$$T_{об.4} = 9550 \cdot \frac{5,5 \cdot 0,87}{125} = 365 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначені обертові моменти на валах зводимо в таблицю:

Таблиця 3.2 – Розрахункові крутні моменти на валах

Вал	I	II	III	IV
$T_{об}, \text{ Нм}$	62	170	285,6	365

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міжосьову відстань з умови міцності зубців на контактну міцність проведемо для передачі 18/72 між III і IV валом, яка забезпечує максимальний крутний момент $T=365$ Нм.

Вибираємо матеріал зубчастих коліс сталь 40Х з покращенням. Механічні характеристики сталі зведемо в таблицю:

Таблиця 3.3 – Механічні властивості сталі 40Х

Марка сталі	Границя міцності σ_B , МПа	Границя текучості σ_T , МПа	Середня твердість НВ
40Х	930	690	270

Міжосьову відстань визначаємо за формулою [21]:

$$a_w = K_a (u + 1) \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{H\beta}}{[\sigma_H]^2 \cdot u^2 \cdot \psi_{ba}}} \quad (3.10)$$

де $K_a=49,5$;

u – передаточне відношення, $u=4$;

T_2 – момент на веденому валу, $T_2=365$ Нм;

$K_{H\beta}$ – коефіцієнт, що враховує вид навантаження, $K_{H\beta}=1,1$;

ψ_{ba} – коефіцієнт ширини вінця, $\psi_{ba}=0,25$;

$[\sigma_H]$ – допустиме контактне напруження, яке визначається за формулою [21]:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlimb} \cdot K_{HL}}{[S_H]} \quad (3.11)$$

де K_{HL} – коефіцієнт довговічності, $K_{HL}=1$;

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$[S_H]$ – коефіцієнт безпеки, $[S_H]=1,1$;

$\sigma_{H \text{ limb}}$ – границя контактної міцності при базовому числі циклів, обчислюється за формулою [21]:

$$\sigma_{H \text{ limb}} = 2HB + 70 \quad (3.12)$$

де HB – середня твердість матеріалу коліс;

Згідно (3.12):

$$\sigma_{H \text{ limb}} = 2 \cdot 270 + 70 = 610 \text{ МПа}$$

Визначаємо допустиме контактне напруження згідно (3.11):

$$[\sigma_H] = \frac{610 \cdot 1}{1,1} = 560 \text{ МПа}$$

Знаходимо міжосьову відстань згідно (3.10):

$$a_w = 43,5 \cdot (4 + 1) \sqrt[3]{\frac{365000 \cdot 1,1}{(560)^2 \cdot 4^2 \cdot 0,3}} = 134,8 \text{ мм}$$

Приймаємо міжосьову відстань $a_w = 135 \text{ мм}$.

Визначаємо модуль коліс за формулою [21]:

$$m = \frac{2 \cdot a_w}{\sum z} \quad (3.12)$$

Згідно (3.12):

$$m = \frac{2 \cdot 135}{18 + 72} = 3 \text{ мм}$$

Приймаємо модуль всіх коліс коробки швидкостей $m = 3 \text{ мм}$.

Решту міжосьових відстаней визначаємо за формулою [21]:

$$a_w = \frac{m \cdot \sum z}{2} \quad (3.13)$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де m – модуль зубів;

$$\sum z - \text{п\oи \a \c{a}^3\hat{a}}.$$

Визначаємо міжосьові відстані згідно (3.13):

Між I та II валом:

$$a_{w^2-22} = \frac{3 \cdot 65}{2} = 97,5 \text{ \i}$$

Між II та III валом:

$$a_{w^{22-222}} = 0,5 \cdot 3 \cdot 93 = 139,5 \text{ \i}$$

3.3.1.2. Розрахунок діаметрів валів

Розрахунок на кручення проводимо за формулою [20]:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot [\tau_k]}} \quad (3.14)$$

де T – максимальний обертовий момент на валу;

$[\tau_k]$ – допустиме напруження на кручення.

Приймаємо для валів матеріал сталь 40Х, для якої понижене значення $[\tau_k] = 25 \text{ МПа}$.

Діаметр першого вала згідно (3.14):

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 62}{3,14 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0,0233 \text{ \i}$$

Отримане значення заокруглюємо. Приймаємо діаметр шийки першого вала $d_1 = 25 \text{ мм}$. Решта діаметрів приймаємо конструктивно.

Діаметр другого вала згідно (3.14):

$$d_2 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 170}{3,14 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0,0326 \text{ \i}$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримане значення заокруглюємо до більшого стандартного. Приймаємо діаметр шийки другого вала $d_2=35\text{мм}$. Решта діаметрів приймаємо конструктивно.

Діаметр третього вала згідно (3.14):

$$d_3 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 285,6}{3,14 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0,0388\text{м}$$

Отримане значення заокруглюємо до більшого стандартного.. Приймаємо діаметр шийки третього вала $d_1=40\text{ мм}$. Решта розмірів визначаємо конструктивно.

Для четвертого валу проведемо повний розрахунок, в якого $\dot{Q}_{i\dot{a}\dot{o}} = 365\dot{I} \cdot \dot{i}$, який є найбільшим.

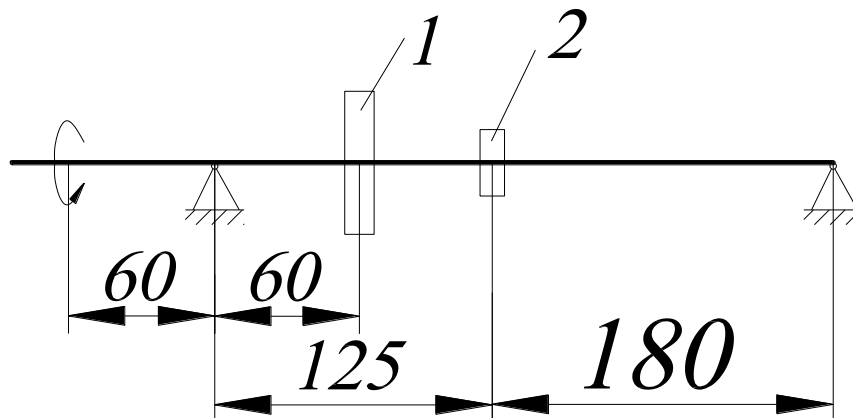


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема

Крутний момент передається через зубчасте колесо 1 або 2.

Визначаємо сили в зачепленні окремо для коліс 1 і 2

$$F_{t1} = \frac{2T_{i\dot{a}} \cdot 10^3}{d_1} = \frac{2 \cdot 365 \cdot 10^3}{3 \cdot 72} = 3380\text{Н}.$$

$$F_{r1} = 3380 \cdot \tan 20^\circ = 3380 \cdot 0,3639 = 1230\text{Н}.$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{t2} = \frac{2T_{\dot{a}} \cdot 10^3}{d_2} = \frac{2 \cdot 365 \cdot 10^3}{3 \cdot 30} = 8110 \text{ Н}.$$

$$F_{r2} = 8110 \cdot \tan 20^\circ = 8110 \cdot 0.3639 = 2950 \text{ Н}.$$

Оскільки сили в зачепленні від другого колеса значно більші ніж від першого і враховуючи розміщення другого колеса на валу надалі розрахунки проведемо саме для другого колеса

Будуємо епюри згинальних моментів, не визначаючи опорних реакцій

1. Вертикальна площина.

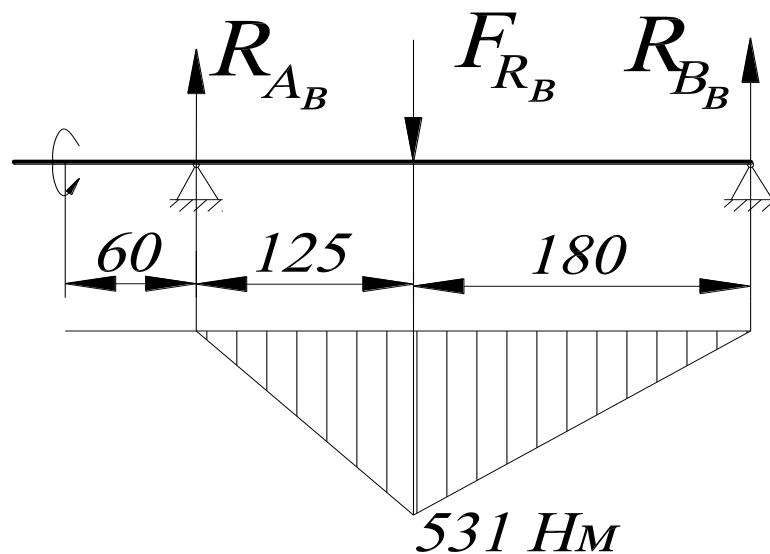


Рисунок 3.6 – Епюра згинальних моментів в вертикальній площині

$$\dot{I}_{\varphi_{\max}} = 531 \text{ Нм}$$

2. Горизонтальна площина

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

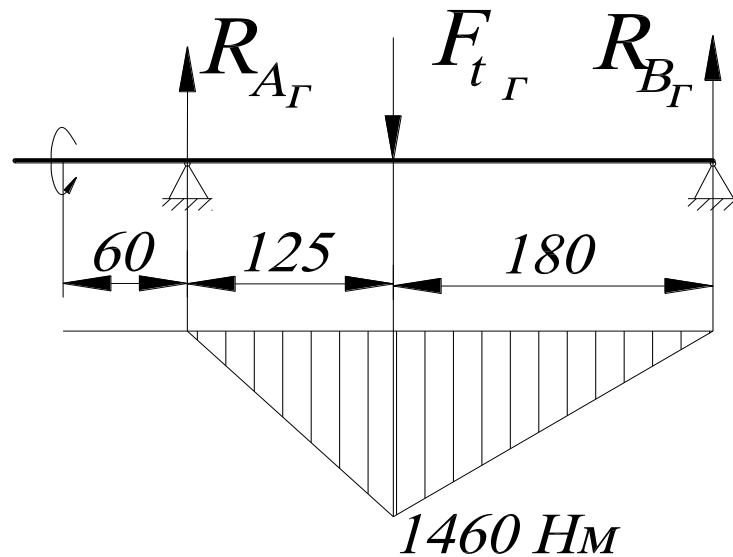


Рисунок 3.7 – Епюра згинальних моментів в горизонтальній площині

$$M_{\text{çàì } \lambda \tilde{O}} = 1460 \text{ Ї} \cdot \grave{\text{ì}} .$$

Епюра крутних моментів буде мати вигляд:

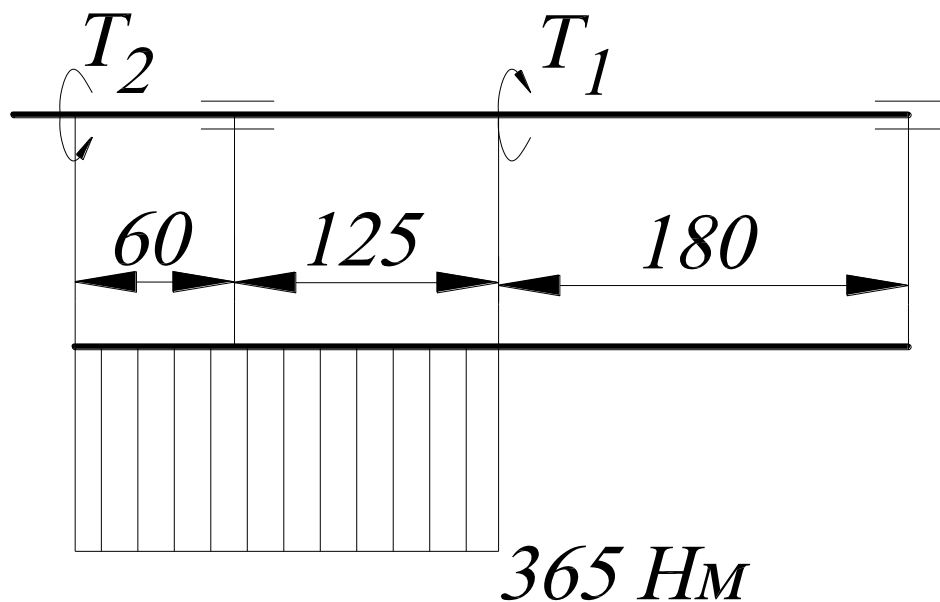


Рисунок 3.8 – Епюра крутних моментів

Визначаємо сумарний згинальний момент:

$$M_{\text{заг}} = \sqrt{M_{\text{д}}^2 + M_{\text{в}}^2} = \sqrt{1460^2 + 531^2} = 1553 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо діаметр вала за формулою [21]:

$$d = 10 \sqrt{\frac{M_{\text{прив}}}{0.1[\sigma_{\text{зг}}]}} \quad (3.15)$$

де $[\sigma_{\text{зг}}] = 350 \text{ МПа}$.

$M_{\text{прив}}$ – приведений момент, який визначається за формулою [21]:

$$M_{\text{ред}} = \sqrt{M_{\text{д}}^2 + 0.39 Q_{\text{д}}^2} \quad (3.16)$$

Згідно (3.16):

$$M_{\text{ред}} = \sqrt{1553^2 + 0.39 \cdot 365^2} = 1570 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо діаметр вала згідно (3.15):

$$d = 10 \sqrt{\frac{1570}{0.1 \cdot 350 \cdot 10^6}} = 0,06697 \text{ м}.$$

Приймаємо діаметр вала під шестернею 70мм.

Підшипники підбираємо конструктивно. Для всіх валів вибираємо кулькові радіальні підшипники згідно ГОСТ 8338-95.

3.3.2. Опис конструкції та принципу роботи коробки швидкостей

Коробка швидкостей вмонтована в верхню частину станини. Для вибору необхідного числа обертів на станині встановлений механізм переключення швидкостей. З'єднання коробки швидкостей з валом

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електродвигуна головного руху здійснюється через пасову передачу. Частота обертання шпинделя встановлюється за допомогою механізму переключення частоти обертання шпинделя.

Механізм переключення частоти обертання шпинделя виконаний у вигляді самотійного вузла, який вмонтований в лівій частині станини. Він складається з 3 гідроциліндрів, штоки яких жорстко з'єднані з вилками, які здійснюють переміщення блоків шестерень коробки швидкостей по шліцевих валах. Керування роботою гідроциліндрів здійснюється за допомогою електромагнітів, які переміщують золотники в масляних каналах, відкриваючи і закриваючи доступ масла до гідроциліндрів.

Точне положення блоків шестерень визначається за допомогою герконових датчиків, що розподілені на корпусі механізму переключення швидкостей. В залежності від частоти обертання шпинделя що вимагається включаються відповідні гідророзподілювачі з електромагнітним управлінням, які включають гідроциліндри, які в свою чергу переміщують зубчасті блоки.

3.3.3. Розрахунок та конструювання шпиндельного вузла

При проектуванні шпинделя потрібно забезпечити:

- Необхідну жорсткість для уникнення недопустимих деформацій в процесі різання;
- Точність положення осі деталі при обертанні та вібростійкість;
- Зносостійкість посадочних і базових поверхонь;

Забезпечення цих вимог в значній мірі залежить від вибору матеріалу і режиму термообробки. Вибір марки матеріалу шпинделя диктується точністю верстатів і типом підшипників.

- .

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктивно шпиндель повинен бути по можливості простим з мінімальною кількістю переходів, шпонок, і різей в між опорній частині. Радіальна жорсткість шпинделя в усіх напрямках повинна бути однаковою, що є надзвичайно важливо.

3.3.3.1. Розрахунок шпиндельного вузла на жорсткість

Розрахунок проводимо згідно [11]. Згідно рекомендацій [11] приймаємо 2 схему опор. Передня опора в вигляді двох роликів конічних однорядних підшипників легкої широкої серії типу 7500 і задня опора – конічний підшипник 7500. Відстань між опорами $L=250$ мм, довжина консолі $C=180$ мм; відстань від задньої опори до зубчастого колеса $s=50$ мм; шпиндель пустотілий – середнє відношення $\beta=0,4$.

Конструктивна схема та розрахункова схема шпиндельного вузла буде мати вигляд:

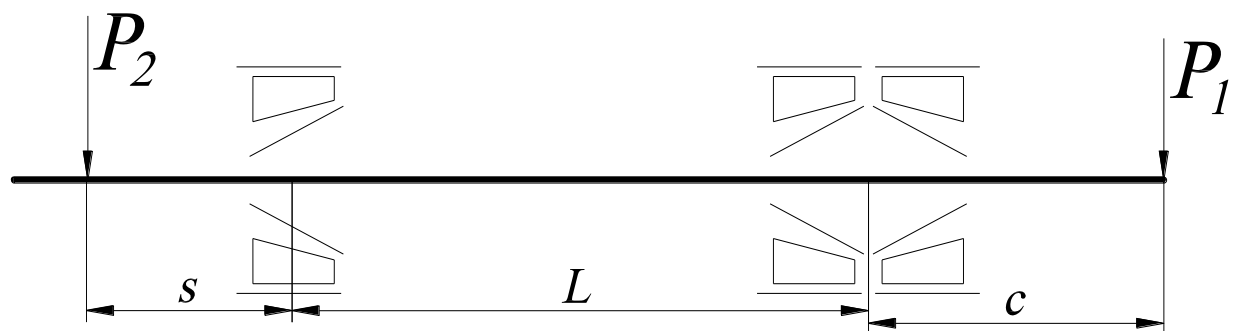


Рис 3.9 - Конструктивна та розрахункова схема шпиндельного вузла

Згідно прийнятої розрахункової схеми стріла прогину робочого кінця шпинделя визначається за формулою [11]:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y = \frac{P_1 \cdot C^3}{3EI} = \frac{P_1 \cdot C^3}{3E \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{64} (1 - \beta^4)} \leq [y] \quad (3.17)$$

З формули (3.17) отримаємо:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{64 \cdot P_1 \cdot C^3}{3E \cdot \pi \cdot (1 - \beta^4) \cdot [y]}} \quad (3.18)$$

Згідно (3.18):

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 1600 \cdot 180^3}{3 \cdot 2.1 \cdot 10^5 \cdot 3.14 \cdot (1 - 0.0256) \cdot 8 \cdot 10^{-3}}} = 78,88 \text{ мм}$$

З метою уточнення діаметральних параметрів шпинделя визначимо середній діаметр міжопорної частини шпинделя з умови забезпечення нормальних умов роботи підшипників кочення за формулою [11]:

$$D_H = \frac{K_{np}^3 \cdot j_H}{500 \cdot (1 - 0,0256)} \quad (3.19)$$

Згідно (3.19):

$$D_H = \frac{3,33^3 \cdot 350}{500 \cdot (1 - 0,0256)} = 26,55 \text{ мм}$$

Визначимо мінімальний діаметр шпинделя з умови жорсткості його на кручення:

Момент на шпиндель передається від п'ятого вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу:

$$\eta_{\sigma} = \eta_v \cdot \eta_2 \cdot \eta_{\text{підш}} = 0,794 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,7522$$

де η_v – ККД приводу п'ятого вала;

η_2 – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{\text{підш}}$ – ККД однієї пари підшипників;

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n=100$ об/хв.

$$T_{об.ин} = 9550 \cdot \frac{5,5 \cdot 0,7522}{100} = 395 H \cdot м;$$

Визначаємо розрахунковий діаметр вала:

$$d_{\sigma} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 395}{3,14 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0,0432 м$$

Оскільки середній діаметр шпинделя визначений по другій умові та з умови міцності на кручення менший, приймаємо розрахунковий середній діаметр шпинделя рівним 75мм, діаметр консольної частини 90 мм.

На основі ескізної компоновки шпиндельного вузла уточнюємо діаметри шийок шпинделя під підшипники, а також його осьові габарити. В нашому випадку приймаємо [22]:

- для передньої опори – підшипник 7516 /d=80мм; D=140мм; B=33мм; C=143000Н; $n_{max}=2400-3400$ об/хв.
- для задньої опори - 7513 /d=65мм; D=120мм; B=31мм; C=119000Н; $n_{max}=2500-3150$ об/хв/.

Згідно [11] довговічність підшипника в годинах:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^{\rho} \quad (3.20)$$

де n – розрахункова частота обертання;

C – коефіцієнт працездатності (динамічна вантажопідйомність);

P – еквівалентне динамічне навантаження;

ρ – степеневий показник.

Для визначення приведенного навантаження P знаходимо реакції в опорах А і В:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

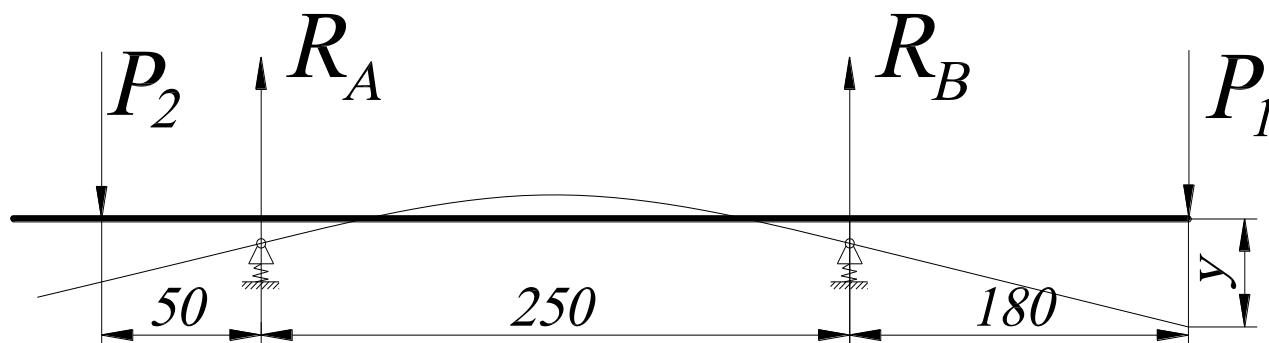


Рисунок 3.10 – Розрахункова схема

Сила P_1 - сила подачі при фрезеруванні, що складається з складових P_y (яка складає 30-40% від P_z) і P_x (яка складає 50-55% від P_z) і визначається як середнє геометричне цих сил:

$$P_1 = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = \sqrt{(0.3 \cdot P_z)^2 + (0.5 \cdot P_z)^2} = \sqrt{(0.3 \cdot 1600)^2 + (0.5 \cdot 1600)^2} = 930 \text{ f}$$

Силу P_2 визначимо з наступних міркувань:

P_2 – радіальна сила, що виникає на привідному зубчастому колесі, середній діаметр якого 212мм. Визначимо її через колову силу F_t .

$$F_t = P_z \frac{80}{212} = 1600 \cdot \frac{80}{212} = 600 \text{ f} ,$$

відповідно прийнявши кут зачеплення $\alpha=20^\circ$ визначимо:

$$P_2 = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 600 \cdot 0.364 = 220 \text{ f}$$

Визначимо опорні реакції [23]:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum momA = P_2 \cdot 0.05 + R_B \cdot 0.25 - P_1 \cdot 0.43 = 0$$

$$\sum momB = -P_1 \cdot 0.18 - R_A \cdot 0.25 + P_2 \cdot 0.3 = 0$$

$$R_B = \frac{-P_2 \cdot 0.05 + P_1 \cdot 0.43}{0.25} = \frac{-220 \cdot 0.05 + 930 \cdot 0.43}{0.25} = 1555 H$$

$$R_A = \frac{P_2 \cdot 0.3 - P_1 \cdot 0.18}{0.25} = \frac{220 \cdot 0.3 - 930 \cdot 0.18}{0.25} = -405 H$$

Перевіряємо чи правильно визначені реакції:

$$\sum y = -220 - 405 + 1555 - 930 = 1555 - 1555 = 0$$

Отже опорні реакції визначено правильно

Еквівалентне динамічне перевантаження в передній опорі визначається за формулою [11]:

$$R_1 = \left(V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a \right) \cdot K_\delta \cdot K_T \quad (3.21)$$

де F_r і F_a – відповідно радіальне і осьове навантаження, H ;

V – коефіцієнт, що враховує обертання внутрішнього або зовнішнього кілець підшипника;

X і Y – відповідно коефіцієнти радіального і осьового навантаження, величина яких залежить від геометричних і силових параметрів підшипника;

K_δ – коефіцієнт динамічності, що враховує вплив динамічних умов роботи на довговічність роботи підшипника.

Для нашого випадку

$$P = F_r = R_B = 1555 \text{ Ї}$$

Аналогічно для задньої опори

$$R_2 = F_r = -R_A = 220 \text{ Ї}$$

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прийнявши відповідні значення динамічної вантажопійомності знаходимо для передньої опори:

$$\frac{C}{P} = \frac{143000}{1555} = 9196 \quad L_h = 6316769 \text{ год.}$$

Для задньої опори

$$\frac{C}{P} = \frac{119000}{220} = 540,9 \quad L_h = 288081100 \text{ год.}$$

Підшипники передньої і задньої опори вибрано вдало ($L_h > 25000$ год.)

У зв'язку з значним запасом довговічності враховувати ефект зношення підшипників немає необхідності.

Визначимо жорсткість опор. Для цього спочатку визначимо величину контактних деформацій на поверхнях посадки δ_r'' [11]:

$$\delta_r'' = \frac{4R \cdot K_2}{\pi \cdot d \cdot B} \left(1 + \frac{d}{D}\right) \quad (3.22)$$

де R – радіальна реакція опори;

d і D – відповідно внутрішній і зовнішній діаметри підшипника, мм;

B – ширина підшипника, мм;

$K_2 = 0,001 - 0,025 \text{ мм}^3/\text{кг}$.

Приймаючи $K_2 = 0,001$, знаходимо:

- для передньої опори $\delta_{R_B}'' = 1,656 \text{ мкм}$;
- для задньої опори $\delta_{R_A}'' = 0,574 \text{ мкм}$.

Величину контактного зближення кілець підшипників δ_r' знаходимо враховуючи величини попереднього натягу. Визначаємо радіальну податливість безззорних підшипників в залежності від їх розмірів і радіальної реакції:

- для передньої опори / $d=80$; $R_B=1555 \text{ Н}$ /; $\delta_{r_{OB}}' = 2 \text{ мкм}$;
- для задньої опори / $d=65$; $R_A=405 \text{ Н}$ /; $\delta_{r_{OB}}' = 0,5 \text{ мкм}$;

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Задаємо величину натягу $e=(1\div 2,5) \delta_{ro}$. Для передньої опори $E_B=3$ мкм;
для задньої опори $E_B=0,8$ мкм.

Визначаємо величину відносного натягу за формулою [11]:

$$\rho = \frac{e}{\delta_{ro}} \quad (3.23)$$

Згідно (3.23):

$$\rho_A = \left(-\frac{3}{2}\right) = -1,5; \quad \rho_A = \left(-\frac{0,8}{0,5}\right) = -1,6;$$

По графіку знаходимо коефіцієнт податливості опор В і А:

$$K_{\delta B} = 0,4 \quad K_{\delta A} = 0,38.$$

Визначаємо загальну податливість підшипників

$$\delta'_{rnB} = 0,4 \cdot 2 = 0,8 \text{ мкм}; \quad \delta'_{rnA} = 0,38 \cdot 0,5 = 0,19 \text{ мкм};$$

6. Враховуючи контактну деформацію поверхонь посадок δ''_r
($\delta''_{R_B} = 1,656 \text{ мкм}$; $\delta''_{R_A} = 0,574 \text{ мкм}$), знаходимо загальну податливість опор:

$$\delta_{rA} = 0,574 + 0,19 = 0,764 \text{ мкм}$$

$$\delta_{rB} = 1,656 + 0,8 = 2,456 \text{ мкм};$$

7. Жорсткість опор визначаємо за формулою [11]:

$$j_B = \frac{R_B}{\delta_{rB}} = \frac{1555}{2,456} = 633,1 \text{ Н / мкм};$$

$$j_A = \frac{R_A}{\delta_{rA}} = \frac{405}{0,764} = 530,1 \text{ Н / мкм}$$

При відомій жорсткості опор записуємо рівняння прогину переднього кінця шпинделя [11]. Розрахунок проведемо в пакеті MathCAD:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y_1 := -P1 \cdot \left[\frac{(c+l)^2}{j_b \cdot l^2} + \frac{c^2}{j_a \cdot l^2} + \frac{c^2(c+l)}{3E \cdot I} \right] - P2 \cdot \left[\frac{s(c+l)}{j_b \cdot l^2} - \frac{-c \cdot (l+s)}{j_a \cdot l^2} - \frac{l \cdot c \cdot s}{6E \cdot I} \right]$$

$$y_1 = 0.00412$$

Прогин шпинделя становить **4,12 мкм**, що є допустимим.

3.3.3.2. Опис конструкції та принципу роботи шпиндельної ГОЛОВКИ

Базовою деталлю шпиндельної головки являється корпус, що представляє собою фасонну чавунну відливку.

В корпус вмонтовані: шпиндельна група з механізмом затиску інструмента, проміжний вал, вал-шестерня. На верхній основі корпуса змонтований гідроблок, що призначений для розтискання інструменту і орієнтації шпинделя для зміни інструменту.

Шпиндель з механізмом затиску інструменту змонтований в чавунній гільзі на двох підшипниках кочення. В нижній опорі шпинделя встановлений високоточний радіально-упорний двохрядний конічний роликовий підшипник, що сприймає радіальне і осьове навантаження. В верхній опорі шпинделя встановлений радіально-упорний конічний підшипник.

В внутрішній частині шпинделя змонтований механізм зажиму інструменту, силовим елементом якого являється набір тарільчастих пружин. На хвостовій частині шпинделя на евольвентних шліцах кріпиться ведуча шестерня і диск фіксації шпинделя. Звільнення інструменту від зажиму виконується великим поршнем, а фіксація шпинделя – малим поршнем гідроблоку.

Робота гідроциліндрів блоку здійснюється відповідними гідророзподільвачами електромагнітного керування. Контроль вихідного і кінцевого положення поршнів гідроциліндрів, а також положення шпинделя

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснюється безконтактними датчиками, які зв'язані з системою керування верстату. В головці передбачено пристосування для розвантаження підшипників кочення під час розтискання інструменту.

Для змащення підшипників шпинделя використана централізована система мащення періодичної дії, яка встановлюється на панелі гідростанції.

За допомогою шибєрного насоса, встановленого нище коробки швидкостей і маслопроводу, здійснюється примусовий відвід тепла з нижньої опори шпинделя. В механізмі затиску набраний пакет із 72 тарільчастих пружин 2-1-2-32×14×3×0,7хім. окс.прм. ГОСТ 3057-97, який повинен бути зжати до зусилля 9,14 кН.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. ОХОРОНА ПРАЦІ

Типова інструкція для обслуговуючого персоналу на випадок виникнення аварії, пожежі

1. При роботі на деревообробних верстатах ситуації, які можуть привести до аварії і нещасних випадків, являються наслідком: ураження електричним струмом, вильоту заготовок та їх осколків, вильоту інструменту, відсутності захисних огорожень.

2. У разі виникнення аварійної ситуації треба негайно відключити верстат від електромережі, загородити небезпечну зону, не допускати в неї сторонніх осіб.

3. Повідомити про те, що сталося, керівника робіт.

4. Якщо є потерпілі, необхідно надавати їм першу медичну допомогу; при необхідності, викликати швидку медичну допомогу.

5. Надання першої медичної допомоги:

5.1. Надання першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом:

У разі ураження електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення – відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

У разі відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані необхідно негайно приступити до оживлення потерпілого і викликати швидку медичну допомогу.

5.2. Перша допомога при пораненні:

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кружілька Р.Ю.			ОХОРОНА ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Сеник А.А.						17
						ТНТУ, гр. МВ-41 ⁹⁵		
Н. Контр.		Кобельник В.Р.						
Затверд.		Крупа В.В.						

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому, на рану і зав'язати її бинтом. Якщо індивідуального пакету якимсь чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку і т. ін. На те місце ганчірки, що приходить безпосередньо на рану, бажано накапати декілька крапель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром більше рани, а після нього накласти ганчірку на рану. Особливо важливо застосовувати настойку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

5.3. Перша допомога при переломах, вивихах, ударах:

При переломах і вивихах кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластикою, палицею, картоном або іншим подібним предметом.

Пошкоджену руку можна також підвісити за допомогою перев'язки або хустки до шиї і прибинтувати до тулуба. При переломі черепа (несвідомий стан після удару голови, кровотеча з вух або роту) необхідно прикласти до голови холодний предмет (грілку з льодом або снігом, чи холодною водою) або зробити холодну примочку.

При підозрінні перелому хребта необхідно потерпілого покласти на дошку, не підіймаючи його, чи повернути потерпілого на живіт обличчям униз, наглядаючи при цьому, щоб тулуб не перегинався, з метою уникнення ушкодження спинного мозку.

При переломі ребер, ознакою якого є біль при диханні, кашлю, чханні, рухах, необхідно туго забинтувати груди чи стягнути їх рушником під час видиху.

5.4. Надання першої допомоги при теплових опіках:

При опіках вогнем, парою, гарячими предметами ні в якому разі не можна відкривати пухирі, які утворюються, та обв'язувати опіки бинтом.

При опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ватою, змоченою етиловим спиртом.

При опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють спиртом, 3%-ним марганцевим розчином або 5%-ним розчином таніну.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		96

При опіках третього ступеня (зруйнування шкіряної тканини) накривають рану стерильною пов'язкою та викликають лікаря.

5.5. Перша допомога при кровотечі:

Для того, щоб зупинити кровотечу, необхідно:

- підняти поранену кінцівку вгору;
- кровоточиву рану закрити перев'язочним матеріалом (із пакета), складеним у клубочок, придавити 2 зверху, не торкаючись самої рани, потримати на протязі 4-5 хвилин; якщо кровотеча зупинилася, то не знімаючи накладеного матеріалу, поверх нього покласти ще одну подушечку з іншого пакета чи кусок вати і забинтувати поранене місце (з деяким натиском);
- при сильній кровотечі, яку не можна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровоносних судин, які живлять поранену область, за допомогою згинання кінцівок в суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою; при великій кровотечі необхідно терміново викликати лікаря.

6. У разі виникнення пожежі викликати пожежну частину та приступити до гасіння її наявними засобами пожежогасіння.

7. Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

4.2. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до впливу вражаючих факторів

Стійкість роботи об'єкта - це здатність в умовах військового часу виготовляти продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а при одержанні слабких і частково середніх руйнувань відновлювати своє виробництво в мінімальні терміни. Ціль оцінки стійкості об'єкта полягає у виявленні слабких його елементів, щоб у подальшому провести інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості об'єкта в цілому [25].

Оцінка стійкості роботи об'єкта - це всебічне вивчення підприємства з погляду спроможності його протистояти впливу вражаючих факторів ядерного

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		
						97

вибуху, продовжувати роботу і відновлювати виробництво при одержанні слабких руйнувань.

Промислові підприємства відрізняються одне від одного як по конструктивному рішенню, так і по технологічному процесі. Відмінності об'єктів полягають в будинках і спорудах, устаткуванні і технології виробництва, комунально-енергетичних мережах і території, на якій розташований об'єкт. Тому в усіх випадках оцінка стійкості кожного об'єкта має свої особливості і вимагає конкретного підходу до рішення цього питання. У даному випадку розглянемо загальні для всіх об'єктів питання оцінки їх стійкості до впливу вражаючих факторів зброї масового знищення.

Оцінка стійкості роботи об'єкта починається з вивчення району розташування. Об'єкт може знаходитися в місті, за межею його проектної забудови і на деякій віддалі від міста. Досліджується територія району, його структура, щільність і тип забудови, сусідні об'єкти і можливість виникнення на них вторинних чинників поразки. На об'єкті визначаються щільність забудови, розміщення основних будинків і споруджень, що впливають на характер руйнування, можливе утворення завалів і виникнення пожеж. Особлива увага приділяється ділянкам, де можливе виникнення небезпечних вторинних чинників ушкоджень. Беруться на облік усі будинки і споруди, робиться оцінка їх статичної стійкості. Вивчають кожен цех і його окремі елементи як по конструктивному рішенню, так і за матеріалами, що були використані в будівництві. Розглядаються умови розміщення внутрішнього технологічного устаткування і визначаються види руйнувань і ушкоджень, що можуть мати місце при ядерному вибуху і заваленні огорожувальних конструкцій цехів. Особливо важливо визначити захист цінного й унікального устаткування, насиченість виробництва автоматикою і можливість продовження виробництва у випадку виходу з ладу контрольно-вимірювальної апаратури. Обстежуються комунально-енергетичні системи об'єкта і робиться оцінка стійкості споруджень і ліній, тобто визначаються параметри вражаючих факторів, при яких комунально-енергетичні мережі одержать ті або інші руйнування. Визначається забезпеченість

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		98

працюючих захисними спорудженнями: встановлюється кількість сховищ, укриттів і оцінюються їхні захисні властивості. Вивчається система керування, зв'язку й оповіщення на основі вивчення стану захищених пунктів керування, вузлів і ліній зв'язку. Аналізується система матеріально-технічного постачання і виробничих зв'язків. Встановлюється об'єм запасів і можливих термінів продовження роботи без постачань; визначається відповідність їхньої кількості і номенклатури вимогам, запропонованим до виробництва у військовий час. Оцінюється стійкість складів сировини, комплектуючих виробів, готової продукції й інших матеріалів, а також сховища паливних матеріалів. Досліджується підготовка об'єкту до відновлення виробництва у випадку одержання слабких або середніх руйнувань. Аналіз виробничої діяльності об'єкта дозволяє виявити слабкі елементи, ділянки і підготувати план підвищення стійкості їх роботи і план відновлювальних робіт, забезпечити їх будівельно-монтажною і проектною документацією.

Оцінка стійкості роботи об'єкта до впливу ударної хвилі

Критерієм для визначення стійкості промислового підприємства до впливу ударної хвилі ядерного вибуху є розмір надлишкового тиску, при якому будинки і спорудження об'єкта зберуться або одержать слабкі і середні руйнування.

При оцінці стійкості об'єкта необхідно виявити найбільш уразливі елементи і ділянки, від яких залежить робота всього підприємства. Після оцінки окремих споруджень оцінюється об'єкт у цілому. При цьому стійкість об'єкта визначається по тій будівлі або спорудженню, що руйнується при найменшому надлишковому тиску. Після оцінки стійкості об'єкта намічаються заходи, що необхідно провести для підвищення стійкості об'єкта до впливу ударної хвилі ядерного вибуху. Для цього визначають доцільні межі підвищення стійкості кожної споруди [25].

Оцінка стійкості об'єкта до впливу світлового випромінювання

Критерієм стійкості об'єкта до впливу світлового випромінювання є світловий імпульс, при якому відбувається загоряння тих або інших будівель і

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		99

споруджень і виникнення пожеж. При оцінці стійкості враховуються якість будівельних матеріалів, характеристика будівель і споруджень, особливості виробництва.

Виникнення пожеж у першу чергу залежить від того, які будівельні матеріали використані при зведенні будівель і споруджень об'єкта. Всі будівельні матеріали по загоранню поділяють на три групи: незаймисті, важкозаймисті і займисті.

Незаймисті - це такі матеріали, що під впливом вогню або високої температури не займаються, не жевріють і не обвуглюються. До них відносяться всі природні і штучні неорганічні матеріали, а також застосовувані в будівництві метали.

Важкозаймисті - це такі матеріали, що під впливом вогню або високої температури важко займаються, жевріють або обвуглюються і продовжують горіти або жевріти тільки при наявності джерела вогню, а при його відсутності горіння або тління припиняється. До таких матеріалів відносяться матеріали в склад яких входять негорючі і горючі складові, наприклад асфальтовий бетон, гіпсові і бетонні деталі з органічними заповнювачами; глино-солом'яні матеріали при щільності не менше 900 кг/м³; цементний фіброліт; войлок, вимочений у глиняному розчині, і ін.

Займисті - це такі матеріали, що під впливом вогню або високої температури займаються або жевріють і продовжують горіти або жевріти після видалення джерела вогню. До таких матеріалів відносяться всі органічні матеріали не піддані глибокому проникненню антипиренів.

По пожежній небезпеці всі об'єкти поділяють на п'ять категорій: А, Б, В, Г і Д.

До підприємств категорії А відносяться нафтопереробні заводи, хімічні підприємства, склади бензину, цехи обробки і застосування металевих натрію, калію й ін.

До підприємств категорії Б відносяться цехи приготування і транспортування вугільної пилюки і деревної муки, промивочно-пропарювальні станції цистерн і іншої тари від мазуту й інших рідин з температурою спалаху пар

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		100

28...120 °С; цехи обробки синтетичного каучуку, цехи виготовлення цукрової пудри і склади кіноплівки.

До підприємств категорії В відносяться лісопильні, деревообробні, столярні, модельні і лісо-тарні цехи; відкриті склади олії, масляне господарство електростанцій; цехи текстильного виробництва.

До підприємств категорії Г відносяться металургійні виробництва, підприємства гарячої обробки металу, термічні й інші цехи, а також котельні.

До підприємств категорії Д відносяться підприємства по холодній обробці металів і інші, зв'язані з збереженням і переробкою негорючих матеріалів.

Таким чином, при оцінці стійкості об'єкта до впливу світлового випромінювання уважно вивчаються всі будівлі, спорудження і виробничі пристрої, розташовані на території підприємства; визначаються місця можливого загоряння, а також аналізуються наслідки, що можуть виникнути від пожежі з врахуванням характеру виробництва і забудов навколо об'єкту. Після оцінки вогнестійкості будівель, споруджень і вивчення характеру технологічного процесу робляться висновки про стійкість до впливу світлового випромінювання об'єкта в цілому. На підставі проведеної оцінки виробляються заходи щодо підвищення вогнестійкості об'єкта.

Оцінка стійкості роботи об'єкта до впливу проникаючої радіації і радіоактивного зараження

Робота об'єкта в першу чергу залежить від стану людей, і при ураженні радіацією робітників та службовців підприємство працювати не може. Критерієм оцінки стійкості роботи об'єкта є доза радіації, що можуть одержати робітники та службовці, що опинилися в зоні зараження. Оцінка стійкості роботи об'єкта до впливу проникаючої радіації включає визначення коефіцієнтів захисту (коефіцієнтів послаблення радіації) для будівель, споруджень, сховищ і укриттів. При оцінці стійкості роботи об'єкта до впливу радіоактивного зараження визначається також можливість герметизації виробничих приміщень з метою зменшення проникнення в них радіоактивної пилі. Крім того, при оцінці стійкості

					<i>КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ</i>	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		101

до впливу радіації визначається наявність матеріалів, приборів і апаратури, чутливих до дії радіації.

На підставі оцінки стійкості роботи об'єкта до впливу радіоактивного зараження визначаються режими роботи об'єкта в різних умовах радіоактивного зараження.

Оцінка стійкості об'єкта до впливу вторинних вражаючих факторів

До вторинних вражаючих факторів відносяться аварії, пожежі, вибухи, затоплення, зараження атмосфери і місцевості, а також завалення ушкоджених конструкцій. Масштаби вражаючої дії від вторинних вражаючих факторів в окремих випадках можуть перевершувати безпосередню вражаючу дію ядерного вибуху. Причинами виникнення вторинних вражаючих факторів є руйнування, викликані ядерним вибухом на об'єкті або на сусідніх із ним об'єктах, що виявилися в зоні безпосередньої дії ядерного вибуху, тобто внутрішні і зовнішні джерела.

При оцінці стійкості об'єкта до впливу вторинних вражаючих факторів ядерного вибуху визначаються різні джерела їхнього виникнення. У першу чергу виявляються внутрішні джерела, наявні на самому підприємстві. Це можуть бути резервуари і ємкості з легкозаймистою рідиною і газами, склади вибухових речовин, вибухонебезпечні технологічні установки і комунікації, руйнування яких викликає пожежі, вибухи або загазованість, легкозаймисті будівлі і спорудження. Зовнішніми джерелами вторинних вражаючих факторів можуть бути близько розташовані хімічні і нафтопереробні заводи, нафтові і газові промисли, холодильники, гідровузли, склади нафтопродуктів і інших паливних рідин й інші об'єкти. Одночасно з врахуванням усіх можливих джерел вторинних вражаючих факторів визначається характер їхнього впливу на даний об'єкт і встановлюється, який вид ушкоджень і руйнувань очікується, а також час і тривалість їхньої дії.

					КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		102

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання завдання було здійснено всебічний аналіз існуючих технологічних процесів виготовлення деталі “Корпус 111-0021-Н9”. З урахуванням цього аналізу розроблено новий технологічний процес виготовлення ступиці, який значно покращує базовий технологічний процес. Основні результати та досягнення включають:

На основі аналізу існуючих техпроцесів було створено вдосконалений технологічний процес виготовлення деталі. Цей процес включає оптимізацію операцій та використання більш сучасного обладнання.

Для покращення якості та продуктивності виготовлення було внесено зміни до складу устаткування, що застосовується при обробці деталі. Всі ці зміни підкріплені та обґрунтовані відповідними розрахунками.

Для виконання проектно-конструкторських робіт використовувалося відповідне програмне забезпечення для ЕОМ, включаючи розроблене самостійно. Це дозволило значно підвищити ефективність розробок та точність розрахунків.

На основі запропонованих змін та проектних розрахунків було розроблено верстатно-інструментальне забезпечення технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус 111-0021-Н9”.

Проект розглядає питання охорони праці та навколишнього середовища, а також цивільної оборони, що забезпечує безпечні умови праці та мінімальний вплив на екологію.

					КРБ 20-033.00.000 ПЗ					
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ			Лім	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Кружіпка Р.Ю.								
Перевір.		Сеник А.А.								
Реценз.										
Н.контр.		Кобельник						ТНТУ, МВ-41		
Зав. каф.		Крупа В.В.								

Проведені економічні розрахунки показали, що впровадження нового технологічного процесу дозволяє отримати значний економічний ефект. Це обумовлено зниженням собівартості виробництва, підвищенням продуктивності та якості продукції.

Впровадження запропонованих змін дозволяє досягти суттєвого покращення основних показників технологічного процесу за умови збільшення обсягів випуску та підвищення ступеня концентрації операцій.

Рекомендації

На основі проведеного дослідження та аналізу результатів рекомендується:

Рекомендується впровадити розроблений технологічний процес виготовлення деталі для покращення якості та зниження собівартості виробництва.

Запровадити оновлене обладнання, що застосовується при обробці, для підвищення продуктивності та якості обробки деталей.

Використовувати сучасне програмне забезпечення для проектування та оптимізації технологічних процесів.

Рекомендується збільшити обсяги виробництва та підвищити ступінь концентрації операцій для досягнення максимального економічного ефекту.

Впровадити системи контролю якості на всіх етапах виробництва для забезпечення відповідності продукції високим стандартам.

Впровадження запропонованих змін і рекомендацій дозволить значно покращити технологічний процес виготовлення деталі "Корпус 111-0021-Н9", підвищити продуктивність, якість та економічну ефективність виробництва.

					КРБ 20-033. 00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ ГОСТ 13568:2006 (ISO 606:1994). Ланцюги приводні роликові та втулкові. Загальні технічні умови (ГОСТ 13568-97 (ИСО 606-94), IDT; ISO 606:1994, NEQ) – Чинний з 2007-10-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 31 с..
2. P. Kryvyu, P. Kryvinskyu, V. Bodnar, I. Sotnyk, A. Senuk. "Theoretical and Experimental Substantiation of Angle Orientation of Rolling Bushings of Roller and Bushing Chains". Paper no. MSEC 2007-31211 International Manufacturing Science and Engineering conference. October 15-18, 2007, Atlanta, Georgia, USA, pp. 623-627.
3. Improved Method for Determining the Feed Influence on the Tangential Cutting Force During Re-drilling, Countersinking and Boring Based on the Small Sample Theory / V. Krupa et al. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. 2024. URL: <https://doi.org/10.3311/ppme.29952> (date of access: 22.05.2024).
4. Hahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. *Scientific Journal of TNTU*. – Tern.: TNTU. 2023. Т. 111, № 3. С. 67–75. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.
5. Substantiation of parameters for three-cutter boring head with allowance and feed distribution and asymmetric cutter position / Petro Kryvyi, Volodymyr Krupa, Volodymyr Kobelnyk, Yaroslav Kosiv. // *Scientific Journal of TNTU*. — Ternopil : TNTU, 2019. — Vol 96. — No 4. — P. 57–69.
6. V. Krupa, N. Tymoshenko, V. Kobelnyk, I. Petrechko, Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 114/1 (2022) 22-31.

7. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization / Andriy Hahalyuk, Volodymyr Krupa // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2023. — Vol 111. — No 3. — P. 67–75. <https://visnyk.tntu.edu.ua/?art=739>

8. Harmonic-dispersion analysis of the shape accuracy of the rolling bushings of drive roller and bushing chains. Senyk A., Kovalov V., Klymenko G., Vasylichenko Y., Shapovalov M., Kobelnyk O. Procedia Structural Integrity. 7th International Conference on In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, DMDP 2023 Ternopil 18 October 2023 до 20 October 2023. 2024. Vol. 59, P. 502-507. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85195807313&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=a84d4364e9e8a8c805127dd9219dd36e&sot=aff&sdt=a&sl=67&s=AF-ID%28%22Ternopil+Ivan+Puluj+National+Technical+University%22+60013556%29&relpos=12&citeCnt=0&searchTerm=>

9. New technology for the manufacturing and use of rolling kingpin bushings in the undercarriage of certain vehicles. Senyk A., Kobelnyk V., Gagaliuk A., Plavutska I., Matviyishyn A., Larochkin A., Dubyniak T. Procedia Structural Integrity. 7th International Conference on In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, DMDP 2023 Ternopil 18 October 2023 до 20 October 2023. 2024. Vol. 59, P. 508-515. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85195796663&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=a84d4364e9e8a8c805127dd9219dd36e&sot=aff&sdt=a&sl=67&s=AF-ID%28%22Ternopil+Ivan+Puluj+National+Technical+University%22+60013556%29&relpos=21&citeCnt=0&searchTerm=>

10. The influence of titanium as a desferoidizing element on the stability of production of magnesium cast irons with compacted graphite. Aulin, V., Kropivny, V., Kuzyk, O., O. Lyashuk, M. Bosyi, Y. Vovk, A. Kropivna, M. Sokol, Senyk, A., Slobodyan, L. Tribology in Industry. Faculty of Engineering University of Kragujevac. Serbia. Volume 43, No 4, 2021, Pages 654-666

11. Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning / V. Krupa et al. Journal of achievements in materials and manufacturing engineering. 2022. Vol. 114, no. 1. P. 22–31. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1480>

12. Technological Heredity and Accuracy of the Cross-Section Shapes of the Hydro-Cylinder Cylindrical Surfaces / P. D. Kryvyi et al. ASME 2014 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME 2014 International Conference on Materials and Processing and the 42nd North American Manufacturing Research Conference, Detroit, Michigan, USA, 9–13 June 2014. 2014. URL: <https://doi.org/10.1115/msec2014-3946> (date of access: 22.05.2024).

13. Hahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2023. Vol. 111, no. 3. P. 67–75. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.067

14. Ворощук В.Я., Вітенько Т.М. «Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks». Навчальний посібник. 2023. – 164 с.

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

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

17. Колкер Я.Д. Математичний аналіз точності механічної обробки. - К.: Техніка, 1976. - 200с.

18. Кривий П. Д., Крупа В. В. Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". 2011. Т. 1, № 2(53). С. 44–55. URL: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/70846>.

19. Кривий П.Д. Дослідження форми згортних втулок внутрішніх ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів / П.Д. Кривий, І.С. Муха // Вісник ТДТУ, – Т. : ТДТУ, 1999 – Том 4. – № 3. – С. 78 – 87.

20. Кривий П.Д. Працездатність приводних роликів та втулкових ланцюгів з орієнтованими втулками. Автореф. дис. канд. тех. наук: 05.02.02 / Львів. політ. ін-т. - Л., 1990. – 18 с.

21. Кривий П. Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищеної якості згортних втулок : монографія / Кривий П. Д., Сеник А. А. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 232 с.

22. Кривий П., Муха І. Дослідження форми згортних втулок внутрішніх ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів// Вісник Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя. – 1999. – Том 4. – Число 3. – С.78-87.

23. Ковбашин В. І., Пік А. І. Інженерна графіка : навч. посіб. м. Тернопіль : Підруч. і посіб., 2023. 240 с.

24. Крупа В. В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01. Тернопіль, 2015. 168 с.
URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/5656>

25. Кривий П. Д., Крупа В. В. Інструментальне забезпечення процесу комбінованого розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. 2012. № 2. С. 23–34.

26. Кривий П., Крупа В., Продан В. Конструкторсько-технологічні передумови підвищення якості оброблення глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ТДТУ. 2010. Т. 15, № 1. С. 147–156.
URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/486>.

27. Крупа В. В. Визначення конструкторсько-технологічних параметрів багаторізцевих розточних головок з поділом припуску та подачі. Вісник ТДТУ. 2011. Т. 16, № 1. С. 105–117.
URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/959>.

28. Крижанівський В. А., Кузнєцов Ю. М., Склярів Р. А. Сучасний стан, прогнозування і перспективи розвитку верстатів з паралельною кінематикою. // Наукові праці ЖДТУ.-Житомир, 2005.- №6, част.1. - С. 320-334.

29. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Навчальний посібник для ВНЗ. / Крижанівський В. А., Кузнєцов Ю. М., Валявський І. А., Склярів Р. А. – Кіровоград, 2004. – 449 с.

30. Дослідження пружно-силових характеристик затискних цанг, виготовлених за діючими та новими технологіями / Р. Г. Редько та ін. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». 2014. № 44. С. 249–253.

31. Склярів Р. А., Шанайда В. В., Савчук М. А. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій / Р. Склярів, В. Шанайда, М. Савчук // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.117-125.

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

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

34. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.

35. Кривий П.Д. Методи вимірювання головного заднього кута спірального свердла / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник, В.І. Продан, В.Г. Яковлев // Науковий вісник ХДМА : Науковий журнал. — Херсон : ХДМА, 2012. — № 2 (7). — С. 145–155.

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

37. Пат. 90980 Україна, МПК В21D 5/10 (2006.01). Пристрій для виготовлення згортних втулок із листових заготовок / Бондаренко О.Л., Кривінський П.П.; Кривий П.Д., Сенник А.А., Шпак Р.І.; заявник і

патентоотримувач Бондаренко О.Л., Кривінський П.П.; Кривий П.Д., Сенік А.А., Шпак Р.І.. – № U2014 02250; заявл. 05.03.2014; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11.

38. Пат. 78307 Україна, МПК В21D 5/00 (2013.01). Спосіб виготовлення згортної втулки / Сенік А.А., Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Бондаренко О.Л., Кривінський П.П.; заявник і патентоотримувач Тернопільський нац. тех. ун-т. імені Івана Пулюя. – № U2012 11625; заявл. 08.10.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5.

39. Сенік А.А. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищення точності форми згортних втулок / Сенік А.А. // Збірник наукових праць «Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем» ДДМА. – Краматорськ, 2017. – Вип. № 41, – С. 46 – 55.

40. Сенік А.А. Технологічне забезпечення виготовлення згортних втулок підвищеної точності форми і якості: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Технологія машинобудування” / А.А. Сенік. – Тернопіль, 2018. – 21 с.

41. Статистичне оцінювання міцності пресових з’єднань приводних роликів ланцюгів закордонних фірм на основі теорії малих вибірок / П.Кривий, Н.Тимошенко, В.Коломієць, Р.Чорний // Вісник ТНТУ. — 2013. — Том 70. — № 2. — С.121-129.

42. Кривий П.Д. Підвищення продуктивності процесу і якості плоскої поверхні сформованої комбінаційним торцевим фрезеруванням / Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Крупа В.В., Мимрик Н.П.// Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – № 3 (47).

43. Крупа В.В. Теорія технічних систем: особливості побудови створення та розвитку: навчальний посібник / Володимир Крупа. – Тернопіль : Осадца Ю.В., 2023. – 308 с.

44. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>

45. Редько Р.Г., Склярів Р.А., Шанайда В.В. Порівняльно-правовий аналіз законодавства в області інтелектуальної власності в країнах ЄС та Україні. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки». Луцьк, 2023, №75. С. 9 - 14.

46. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с. Отримано з <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>.

47. Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2001. 163 с.

48. Шанайда В. В., Склярів Р. А. Особливості формоутворення геометричного профілю внутрішніх замкових різей бурових колон. *Збірник тез XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя* : Наук. конф. Терноп. нац. техн. ун-ту імені Ів. Пулюя, м. Тернопіль, 5 груд. 2012 р. Тернопіль, 2012. С. 79.

49. Шанайда В. В. Створення схем формоутворення внутрішніх різей на основі принципів структурно-векторного синтезу. *Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорт* : Зб. тез доп. наук. конф. ТНТУ МТФ, м. Тернопіль, 16 трав. 2011 р. Тернопіль, 2011. С. 109–110.

ДОДАТКИ

ГОСТ 3.1404-86																												Форма 1				САПР		
Дубл.																																		
Взам.																																		
Подл.																																		
ТехноПро																												7		1				
Разраб.	Кружілка Р.Ю.										ВЕКТОР										111-0021-N9													
Проверил	Сеник А.А.																																	
Нормир.																																		
Метролог																																		
Н.контр.	Кобельник В.Р.																				Корпус													
М 1 СЧ 20 ГОСТ 1412-95																																		
Код		ЕВ		МД		ЕН		Н.расх.		КИМ		Код заготовки				Профиль и размеры				КД		МЗ												
М 2				112,75								Відливка								116,35														
А		Цех		Уч		РМ		Опер.		Код, наименование операции						Обозначение документа																		
Б		Код		, наименование оборудования		СМ		Проф.		Р		УТ		КР		КОИД		ЕН		ОП		Кшт		Тшт										
Р				ПИ		D или B		L		T		i		S		N		V		O		То/мин		Тв/мин										
А01		5		02		5		005		Вертикально-фрезерна																								
02																																		
В03										654																								
04																																		
О05										3 і 16																								
06																																		
Т07										ВИ. Оправка для торцевої фрези; ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ.																								
08										Фреза торцева насадна ВК8 (D100) 2214-0153 ГОСТ 8529-99; СИ. Шаблон спеціальний; СИ.																								
09										Штангенциркуль ШЦ-II-300-0,05 ГОСТ 166-99																								
10																																		
Р11										1,8		1		235		200		78,5																
12																																		
О13										3 і 16 начорно																								
14																																		
Т15										ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Фреза 2214-0012,2214-013,																								
16										2214-0154 ВК8 ГОСТ 9473-10; СИ. Скоба спеціальна																								
17																																		
Р18										1,8		1		78,5		200																		
19																																		
А20		5		02		5		010		Вертикально-фрезерна																								
21																																		
В22										654																								
23																				25		7,56												
КТП																																		

ГОСТ 3.1404-86																	Форма 1а			САПР																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Дубл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

ГОСТ 3.1404-86															Форма 1а			САПР						
Дубл.																								
Взам.																								
Подл.																								
ТехноПро																		3						
А Цех Уч РМ Опер.															Код, наименование операции					Обозначение документа				
Б Код , наименование оборудования															СМ Проф. Р УТ КР					КОИД ЕН ОП Кшт Тпз Тшт				
Р															ПИ D или B L T i S N V					То/мин Тв/мин				
01																								
002	1 Фрезерувати площини 1 і 15																							
03																								
T04	ВИ. Оправка для торцевой фрезы; ВИ. Специальный пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ.																							
05	Фреза торцева насадна ВК8 (D250) 2214-0153 ГОСТ 8529-69; СИ. Шаблон спеціальний; СИ.																							
06	Штангенциркуль ШЦ-II-300-0,1 ГОСТ 166-89																							
07																								
P08																								
09																								
010	2 Фрезерувати поверхні 3 і 16 начисто																							
11																								
T12	ВИ. Специальный пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. фреза 2214-0003 ВК8 ГОСТ																							
13	8529-79; СИ. Скоба спеціальна																							
14																								
P15																								
16																								
017	3 Фрезерувати торці 4 і 8 і розточити отвори 10																							
18																								
T19	ВИ. Специальный пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Фреза торцева насадна ВК8																							
20	2214-0153 ГОСТ 8529-69; СИ. Калібр-пробка 8133-1104 ГОСТ 14812-79																							
21																								
P22																								
23																								
A24	5		02		5		030		Вертикально-фрезерна															
25																								
B26	Вертикально-фрезерный верстат мод. 654																							
27																								
O28	1 Фрезерувати площини 1 і 15																							
29																								
T30	ВИ. Оправка для торцевой фрезы; ВИ. Специальный пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ.																							
КТП																								

ГОСТ 3.1404-86																	
Форма 1а САПР																	
Дубл.																	
Взам.																	
Подл.																	
ТехноПро																	
A	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт		
B	Код , наименование оборудования																
P		ПИ	D или B	L	T	i	S	N	V	O	То/мин	Тв/мин					
01	Фреза торцева насадна ВК8 (D250) 2214-0153 ГОСТ 8529-69; СИ. Шаблон спеціальний; СИ.																
02	Штангенциркуль ЩЦ-II-300-0,1 ГОСТ 166-89																
03																	
R04																	
05																	
O06	2 Фрезерувати поверхні 1 і 15 начисто																
07																	
T08	ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Фреза торцева насадна ВК8																
09	2214-0153 ГОСТ 8529-69; СИ. Скоба спеціальна																
10																	
P11																	
12																	
O13	3 Сведлити отвори 6 D10																
14																	
T15	ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Свердло P6M5 ГОСТ 10902-79; СИ.																
16	Калібр-пробка ГОСТ 17758-72																
17																	
P18																	
19																	
O20	4 Фрезерувати пази l=25 наскрізь																
21																	
T22	РИ. Фреза кінцева D12 ВК8 ГОСТ 12026-71																
23																	
P24																	
25																	
A26	5 02 5 035 Вертикально-фрезерна																
27																	
B28	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК мод. 6P13PФ3																
29																	
O30	1 Зенкерувати і свердлити отвори 6 під паз 12																
КТГ																	

ГОСТ 3.1404-86																		Форма 1а				САПР	
Дубл.																							
Взам.																							
Подл.																							
ТехноПро																						5	
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции				Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз						
В	Код , наименование оборудования				ПИ	Д или В	Л	Т	і	і	і	і	і	і	і	і	і						
Р					ПИ	Д или В	Л	Т	і	і	і	і	і	і	і	і	і						
01	ВИ. Оправка цангова для кріплення центрального свердла; ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Свердло центрове D3,25																						
Т02																							
03																							
04																							
Р05																							
06																							
007	2 Попереднє фрезерування пазу 11																						
08																							
Т09	ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Фреза кінцева D12 ВК8 ГОСТ 12026-71; СИ. Штангенциркуль ШЦ-I-200-0,1 ГОСТ 166-89																						
10																							
11																							
Р12																							
13																							
014	3 Фрезерувати паз в розмір 12 і 23																						
15																							
Т16	ВИ. Напильник 2220-0025 ГОСТ 1465-80; ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Фреза кінцева D14 ВК8 ГОСТ 12026-71; СИ. Калібр спеціальний для контролю Т-подібного пазу																						
17																							
18																							
19																							
Р20																							
21																							
А22	5 02 5 040 Плоскошліфувальна																						
23																							
В24	Плоскошліфувальний верстат мод. 3Б772																						
25																							
026	1 Шліфувати поверхні 1 попередньо і кінцево																						
27																							
Т28	ВИ. Оправка для кріплення шліфувального круга; ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Круг шліфувальний ПП 54С40СМ1К6-35 ГОСТ 2424-75; СИ. Індикатор годинникового типу																						
29																							
30																							
КТП																							

ГОСТ 3.1404-86										Форма 1а				САПР	
Дубл.															
Взам.															
Подл.															
ТехноПро														6	
А Цех Уч РМ Опер.										Код, наименование операции				Обозначение документа	
Б Код , наименование оборудования										СМ Проф. Р УТ КР				КОИД ЕН ОП Кшт Тпз Тшт	
Р										ПИ D или B L T i S N V				То/мин Тв/мин	
01															
Р02															
03															
А04															
05	5	02	5	045		Плоскошлифовальная									
Б06															
07															
О08															
09	1	Шлифовать поверхность 16 переднюю и концевую													
Т10															
11	ВИ. Оправка для крепления шлифовального круга; ВИ. Специальный пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Круг шлифовальный ПП 54С40СМ1К6-35 ГОСТ 2424-75; СИ. Индикатор														
12	годинникового типу														
13															
Р14															
15															
А16	5	02	5	050		Фрезерно-свердильно-розточна									
17															
Б18															
Б19															
20															
О21	1	Фрезерувати площини 4 і 8													
22															
Т23															
24	ВИ. Оправка для торцевой фрезы; ВИ. Специальный пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. фреза 2214-0003 ВК8 ГОСТ 8529-79														
25															
Р26															
27															
О28	2	Центрувати отвори 12,14,17,19,25, розточити отвір 10													
29															
Т30															
КТП															

ГОСТ 3.1404-86																									Форма 1а			САПР	
Дубл.																													
Взам.																													
Подл.																													
ТехноПро																									7				
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Обозначение документа										
В	Код , наименование оборудования				ПИ		D или B		L	T	i	S	N	V				То/мин	Тв/мин										
Р																													
01	центрове D3,25; СИ. Калібр-пробка 8133-1104 ГОСТ 14812-79																												
02																													
Р03																													
04																													
А05	5		02		5		055		Вертикально-свердлильна																				
06																													
В07	Вертикально-фрезерний верстат мод. 654																												
08																													
О09	1 Фрезерувати уступи 7																												
10																													
Т11	ВИ. Оправка для торцевої фрези; ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ.																												
12	Фреза торцева насадна ВК8 2214-0153 ГОСТ 8529-69; СИ. Шаблон спеціальний; СИ.																												
13	Штангенциркуль ШЦ-I-200-0,1 ГОСТ 166-89																												
14																													
Р15																													
16																													
17																													
18																													
19																													
20																													
21																													
22																													
23																													
24																													
25																													
26																													
27																													
28																													
29																													
30																													
КТП																													

ГОСТ 3.1404-86																				Форма 2				САПР	
Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
ТехноПро																1		1							
Разраб.	Фелиняк			ВЕКТОР			111-0021-Н9																		
Проверил	Сеник																								
Нормир.																									
Метролог																									
Н.контр.	Мокрицкий						корпус																		
				Наименование операции												Материал									
				Вертикально-фрезерная												сч 20 ГОСТ 1412-85									
				Твердость ЕВ МД Профиль и размеры МЗ КОИД																					
				НВ 170...210 12,75 16,35																					
				Оборудование, устройство ЧПУ Обозначение программы																					
				Вертикально-фрезерный верстат мод. 654																					
				То Тв Тпз Тшт												СОЖ									
				25 7,56																					
Р					Т i S N V												То/мин Тв/мин								
1 Фрерувати площини 3 і 16																									
001 02 Т03 04 05 06 Р07 08 009 10 Т11 12 13 Р14 15 16				ВИ. Оправка для торцевої фрези; ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Фреза торцева насадна ВК8 (D100) 2214-0153 ГОСТ 8529-69; СИ. Шаблон спеціальний; СИ. Штангенциркуль ШЦ-ІІ-300-0,05 ГОСТ 166-89																					
2 Фрезерувати поверхні 3 і 16 начорно				ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Фреза 2214-0012,2214-013, 2214-0154 ВК8 ГОСТ 9473-80; СИ. Скоба спеціальна																					
				1,8 1 235 200 78,5																					
				1,8 1 78,5 200																					
OK																									

ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		САПР								
Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
ТехноПро				1									1							
Разраб.	Фединяк			ВЕКТОР																
Проверил	Сеник																			
Нормир.																				
Метролог																				
Н.контр.	Мокрицкий			корпус									Цех 5	Уч 02	РМ 5	Опер. 010				
Наименование операции														Материал						
Вертикально-фрезерна														СЧ 20 ГОСТ 1412-85						
Твердость														ЕВ	МД	Профиль		и размеры	МЗ	КОИД
НВ 170...210														12,75				16,35		
Оборудование, устройство ЧПУ														Обозначение программы						
Вертикально-фрезерный верстат																				
мод. 654																				
То														Тв	Тпз	Тшт	СОЖ			
														25		7,56				
Р														Т	і	і	і	і	і	і
1 Фрерувати площини 1 і 15														І	В	Д	или	В	І	І
О01																				
02																				
Т03																				
04																				
05																				
06																				
Р07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
ОК																				

ГОСТ 3.1404-86																				Форма 2		САПР							
Дубл.																													
Взам.																													
Подл.																													
ТехноПро																				1		1							
Разраб.	Федияк			ВЕКТОР			111-0021-N9																						
Проверил	Сеник																												
Нормир.																													
Метролог																													
Н.контр.	Мокрицкий						корпус													Цех		Уч		РМ		Опер.		015	
				Наименование операции																Материал									
				Розточна																СЧ 20 ГОСТ 1412-85									
				Твердость ЕВ МД Профиль и размеры МЗ КОИД																									
				НВ 170...210 12,75 16,35																									
				Оборудование, устройство ЧПУ Обозначение программы																									
				Горизонтально-розточний верстат																									
				мод. 26203																									
				То Тв Тпз Тшт																СОЖ									
				28 6,23																									
P	ПИ D или B L T T i S N V O То/мин Тв/мин																												
O01	1 Фрезерувати торці в розмір 8 і 4																												
O02																													
T03	ВИ. Оправка для торцевої фрези; ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ.																												
O04	Фреза торцева насадна ВК8 2214-0153 ГОСТ 8529-69																												
O05																													
P06	1,8 2 235 200 78,5																												
O07																													
O08	2 Розточити отвори 10																												
O09																													
T10	РИ. Різець розточний; СИ. Калібр-пробка 8133-1104 ГОСТ 14812-79																												
11																													
P12	0,6 2 68 340 57																												
13																													
14																													
15																													
16																													
OK																													

ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		САПР										
Дубл.																						
Взам.																						
Подл.																						
ТехноПро										1	1	1										
Разраб.	Фединяк				ВЕКТОР			111-0021-H9														
Проверил	Сеник																					
Нормир.																						
Метролог																						
Н.контр.	Мокрицкий							Корпус														
Наименование операции													Материал									
Старіння													СЧ 20 ГОСТ 1412-85									
Твердость													ЕВ		МД		Профиль		МЗ		КОИД	
НВ 170...210															12,75				16,35			
Оборудование, устройство цпу															Обозначение программы							
То													Тв		Тпз		Тшт		СОЖ			
Р				ПИ		Д	или	В		Л		Т		і		і		Т		То/мин	Тв/мин	
01																						
02																						
03																						
04																						
05																						
06																						
07																						
08																						
09																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
ОК																						

ГОСТ 3.1404-86																			Форма 2а			САПР	
Дубл.																							
Взам.																							
Подл.																							
ТехноПро																						2	
Р																							
01	ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиским на 4 деталі; РИ. Фреза торцева насадна ВК8																						
Т02	2214-0153 ГОСТ 8529-69; СИ. Калібр-пробка 8133-1104 ГОСТ 14812-79																						
03																							
04																							
Р05																							
06																							
07																							
08																							
09																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							
30																							
31																							
32																							
OK																							

ГОСТ 3.1404-86																				Форма 2				САПР		
Дубл.																										
Взам.																										
Подл.																										
ТехноПро																2		1								
Разраб.	Фединяк				ВЕКТОР		111-0021-N9																			
Проверил	Сеник																									
Нормир.																										
Метролог																										
Н.контр.	Мокрицкий						Корпус								Цех		Уч	РМ	Опер.							
															Наименование операции				Материал							
															Вертикально-фрезерна				СЧ 20 ГОСТ 1412-85							
															Твердость		ЕВ	МД	Профиль		и размеры		МЗ	КОИД		
															НВ 170...210		12,75				16,35					
															Оборудование, устройство ЧПУ								Обозначение программы			
															Вертикально-фрезерный верстат											
															мод. 654											
															То		Тв	Тпз	Тшт	СОЖ						
																			25		5,9					
Р																										
1 Фрезерувати площини 1 і 15															Т	і	і	і	і	і	і	і	і	і	і	і
О01	ВИ. Оправка для торцевої фрези; ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ.																									
О02	Фреза торцева насадна ВК8 (D250) 2214-0153 ГОСТ 8529-69; СИ. Шаблон спеціальний; СИ.																									
Т03	Штангенциркуль ШЦ-II-300-0,1 ГОСТ 166-89																									
О04																										
О05																										
О06																										
Р07																										
О08																										
О09																										
10																										
Т11																										
12																										
13																										
Р14																										
15																										
О16																										
3 Сведлити отвори 6 D10															250					98,1						
ОК																										

[illegible]

ГОСТ 3.1404-86										Форма 2			САПР								
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
ТехноПро				1										2		1					
Разраб.	Фединяк			ВЕКТОР										111-0021-N9							
Проверил	Сеник																				
Нормир.																					
Метролог														Корпус			Цех	Уч	РМ	Опер.	
Н.контр.	Мокрицкий																5	02	5	035	
				Наименование операции										Материал							
				Вертикально-фрезерна										СЧ 20 ГОСТ 1412-85							
				Твердость										ЕВ	МД	Профиль		и	размеры	МЗ	КОИД
				НВ 170...210										12,75				16,35			
				Оборудование, устройство ЧПУ										Обозначение программы							
				Вертикально-фрезерный верстат з ЧПК мод. 6P13PФ3																	
				То	Тв	Тпз	Тшт					СОЖ									
							32	5,64													
Р				ПИ	D	или B	L	T	i	S	N	V	l	o	To/мин	Тв/мин					
O01	1 Зенкерувати і свердлити отвори 6 під паз 12																				
O02																					
T03	ВИ. Оправка цангова для кріплення центрового свердла; ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Свердло центрове D3,25																				
O04																					
O05																					
P06					0,5	1	1	120	320	74,1											
O07																					
O08	2 Попереднє фрезерування пазу 11																				
O09																					
T10	ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Фреза кінцева D12 ВК8 ГОСТ 12026-71; СИ. Штангенциркуль ШЦ-I-200-0,1 ГОСТ 166-89																				
11																					
12					1	1	200	200	78,5												
P13																					
14																					
O15	3 Фрезерувати паз в розмір 12 і 23																				
16																					
ОК																					

ГОСТ 3.1404-86																				Форма 2а			САПР	
Дубл.																								
Взам.																								
Подл.																								
ТехноПро																							2	

ГОСТ 3.1404-86																				Форма 2				САПР	
Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
ТехноПро																1		1							
Разраб.	Фелиняк			ВЕКТОР			111-0021-N9																		
Проверил																									
Нормир.																									
Метролог																									
Н.контр.	Мокрицкий						Корпус																		
							Наименование операции										Материал								
							Плоскошлифовальна										сч 20 ГОСТ 1412-85								
							Твердость ЕВ МД Профиль и размеры МЗ КОИД																		
							НВ 170...210 12,75 16,35																		
							Оборудование, устройство ЧПУ Обозначение программы																		
							Плоскошлифовальный верстат мод. 3Б772																		
							То Тв Тпз Тшт										СОЖ								
							19 6,8																		
							Т Т і S N V										То/мин Тв/мин								
Р	ПИ D или B L			1 Шлифовать поверхности 1 передньо і кінцево																					
001																									
02																									
Т03																									
04																									
05																									
06																									
Р07																				5 5,8		20 1000			
08																									
09																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
ОК																									

ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		САПР	
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
ТехноПро				1									1
Разраб.	Фединяк			ВЕКТОР			111-0021-N9						
Проверил	Сеник												
Нормир.													
Метролог													
Н.контр.	Мокрицкий						Корпус			Цех	Уч	РМ	Опер.
Наименование операции													
Плоскошлифовальна													
СЧ 20 ГОСТ 1412-85													
Твердость ЕВ МД Профиль и размеры МЗ КОИД													
НВ 170...210 12,75 16,35													
Оборудование, устройство ЧПУ Обозначение программы													
Плоскошлифовальный верстат мод. 3Б772													
То Тв Тпз Тшт СОЖ													
19 6,84													
Т Т і S N V То/мин Тв/мин													
Р													
001	1 Шлифовать поверхность 16 переднего и концевого												
02													
Т03	ВИ. Оправка для крепления шлифовального круга; ВИ. Специальный пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ. Круг шлифовальный ПП 54С40СМ1К6-35 ГОСТ 2424-75; СИ. Индикатор годинникового типу												
04													
05													
06													
Р07	3 5 0,02 1200 8												
08													
09													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
ОК													

ГОСТ 3.1404-86																												Форма 2				САПР	
Дубл.																																	
Взам.																																	
Подл.																																	
ТехноПро																		1				1											
Разраб.	Федияк						ВЕКТОР			111-0021-N9																							
Проверил	Сеник																																
Нормир.																																	
Метролог																																	
Н.контр.	Мокрицкий									Корпус																							
										Наименование операции										Материал													
										Фрезерно-свердильно-розточна										СЧ 20 ГОСТ 1412-85													
										Твердость ЕВ МД Профиль и размеры МЗ КОИД																							
										НВ 170...210 12,75 16,35																							
										Оборудование, устройство ЧПУ Обозначение программы																							
										Горизонтально-свердильно-розточн																							
										ий верстат WP-800																							
										То		Тв		Тпз		Тшт				СОЖ													
														29		37,6																	
Р										і		Т		і		S		N		V		O		То/мин Тв/мин									
1										Фрезерувати площини 4 і 8																							
001										ВИ. Оправка для торцевої фрези; ВИ. Спеціальний пристрій з гідрозатиском на 4 деталі; РИ.																							
02										Фреза 2214-0003 ВК8 ГОСТ 8529-79																							
Т03																																	
04																																	
05																																	
Р06																																	
07																																	
008										2 Центрувати отвори 12,14,17,19,25, розточити отвір 10																							
09																																	
Т10										ВИ. Напильник 2220-0025 ГОСТ 1465-80; РИ. Свердло D6,6 P18 ГОСТ 10902-75; РИ. Свердло																							
11										центрове D3,25; СИ. Калібр-пробка 8133-1104 ГОСТ 14812-79																							
12																																	
Р13																																	
14										5 140 1250 19,6																							
15																																	
16																																	
ОК																																	

ГОСТ 3.1404-86																		Форма 2			САПР																	
Дубл.																																						
Взам.																																						
Подл.																																						
ТехноПро				1														1		1																		
Разраб.	Фединяк				ВЕКТОР		111-0021-N9																															
Проверил	Сеник																																					
Нормир.																																						
Метролог																																						
Н.контр.	Мокрицкий						Корпус																															
Наименование операции																		Материал																				
																					Вертикально-свердлильна															СЧ 20 ГОСТ 1412-85		
																					Твердость ЕВ МД Профиль и размеры МЗ КОИД																	
																					НВ 170...210 12,75 16,35																	
																					Оборудование, устройство ЧПУ Обозначение программы																	
Вертикально-фрезерный верстат мод. 654																																						
То		Тв		Тпз		Тшт		СОЖ																														

формат	зона	Поз	Позначення	Назва	к-сть	прим.
				<u>Документація</u>		
A1				<u>Складальне креслення</u>		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A1		1		Станина з коробкою швидкостей	1	
A1		2		Шпindelьна головка	1	
		3		Механізм зміни інструменту	1	
		4		Огородження	1	
		5		Магазин інструментів	1	
		6		Захист направляючих консолей	1	
		7		Пульт керування	1	
		8		Гідрообладнання	1	
		9		Захист направляючих станини	1	
		10		Стіл-салазки	1	
		11		Шафа електроавтоматики	1	
		12		Консоль	1	
		13		Комунікації	1	
		14		Установка кінцевих виключателів	1	
		15		Стійка	1	
		16		Датчик зворотнього зв'язку по координаті «Х»	1	
		17		-//- по координаті «У»	1	
		18		Шафа приводів	1	
		19		Привід вертикальної подачі	1	
		20		Датчик зворотнього зв'язку по координаті «Z»	1	
		21		Щиток лівий	1	Знімається при транспорт.
				КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Загальний вигляд верстату	
Розроб.		Кружипка Р.Ю.				
Перевір.		Сеник А.А.				
Реценз.						
Н. Контр.		Кобельник В.Р.				
Затверд.		Крупа В.В.			ТНТУ, гр. МВ-41	
					Літ.	Арк.
						Акрушів

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-ть	Примітки
				<u>Документація</u>		
A1				<u>Складальне креслення</u>		
				<u>Пояснювальна записка</u>		
				<u>Деталі</u>		
		1		Блок зубчастих коліс	1	
		2		Блок зубчастих коліс	1	
		3		Блок зубчастих коліс	1	
		4		Вал вхідний	1	
		5		Вал вихідний	1	
		6		Вал проміжний	1	
		7		Вал проміжний	1	
		8		Втулка	1	
		9		Втулка	1	
		10		Втулка розпірна	1	
		11		Колесо зубчасте	1	
		12		Колесо зубчасте	1	
		13		Колесо зубчасте	1	
		14		Колесо зубчасте	1	
		15		Колесо зубчасте	1	
		16		Колесо зубчасте	1	
		17		Колесо зубчасте	1	
		18		Корпус	1	
		19		Кришка	1	
		20		Кришка	1	
		21		Перемикач	1	
		22		Перемикач	1	
				<i>КРБ 20-033.00.00.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Коробка швидкостей</i>	
Розробив	Кружілька Р.Ю.					
Перевірив	Сеник А.А.					
Консульт.						
Н. контр.	Кобельник В.Р.					
Затв.	Крупа В.В.					
					Літера	Аркуш
					н	2
					ТНТУ, гр.МВ-41	

[illegible]