

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Верстатне та інструментальне забезпечення обробки
деталі «Гвинт БРД 210124»

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

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Дмитро МАРИЧ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Руслан СКЛЯРОВ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Володимир КОБЕЛЬНИК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Володимир КРУПА

(підпис)

(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

Володимир КРУПА.

(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 Маричу Дмитру Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі

«Гвинт БРД 210124».

Керівник роботи Склярів Руслан Анатолійович, к.т.н., доц. каф. 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 21.06.2024

3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі «Піввісь ПТК2211.420»

Базовий технологічний процес обробки деталі, паспорти обладнання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити): аналіз завдання на проектування; огляд

літератури по тематиці роботи; аналіз базового технологічного процесу механічної обробки деталі; технологічний розрахунок, розробка кінематичної схеми верстата на одну із технологічних операцій; розрахунок конструкції приводу головного руху верстату; розрахунок пристосування на верстат; вирішення питань безпеки життєдіяльності та охорони праці

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

Креслення деталі представника – 1 ф.А2

Аналіз формуютьоруючих рухів – 1 ф.А1

Карта технологічного налагодження на одну із операцій – 1 ф.А1

Кінематична схема верстата – 1 ф.А1

Виконавчий механізм верстата – 1 ф.А1.

Креслення вузла верстату – 1 ф.А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 30.01.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

МАРИЧ Дмитро

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

СКЛЯРОВ Руслан

(прізвище та ініціали)

Анотація

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Гвинт БРД 210124» // Кваліфікаційна робота бакалавра. Марич Дмитро Ігорович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВс-41.: ТНТУ, 2024.

Ключові слова: гвинт, механічна обробка, режими різання, коробка швидкостей.

В кваліфікаційній роботі приведені технологічні розрахунки на операцію «Токарна з ЧПК» для деталі «Гвинт БРД 210124». Розроблено кінематичну схему верстата. Здійснено конструювання приводу головного руху. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Annotation

MARYCH DMYTRO. Machine and tooling equipment for processing the part "Screw BRD 210124". Thesis for the bachelor's degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2024.

Key words: screw, machining, cutting modes, gearbox.

In the bachelor's thesis the technological calculations for the technological operation «turning with CNC» for the part "Screw BRD 210124" are given. The kinematic scheme of the machine is developed. The construction of the main motion drive has been completed. Issues of labor protection and life safety have been resolved.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Марич Д.І.			Анотація				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Склярів Р.А.									4	1
Реценз.									ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль			
Н. Контр.		Кодельник В. Р.										
Затверд.		Крцпа В.В.										

Зміст

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Аналіз завдання	10
1.2 Характеристика об'єкту виробництва	11
1.3 Аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь та вибір раціональних схем оброблення поверхонь	17
1.4 Огляд літератури	21
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	23
2.1 Особливості запропонованого ТП обробки деталі «Гвинт БРД 210124».....	23
2.2 Зміст і послідовність виконання технологічних переходів	24
2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції.....	26
2.4 Вибір ріжучого та вимірювального інструменту.....	26
2.5 Розрахунок режимів різання для технологічної операції	32
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	36
3.1 Вибір та обґрунтування структурно-кінематичної схеми верстата.....	36
3.2 Розробка кінематичної схеми верстату.....	40
3.2.1 Розрахунок граничних частот обертання шпинделя верстата.....	40
3.2.2 Розрахунок діапазону регулювання приводу верстату	42
3.2.3 Розрахунок передаточних відношень та чисел зубів передач	47
3.2.4 Геометричний розрахунок зубчастих коліс приводу головного руху.....	49
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	51
4.1 Життєзабезпечення населення при НС	51
4.2 Оцінка стійкості роботи об'єкта господарювання в надзвичайних ситуаціях.....	52
4.3 Причини травматизму в машинобудуванні.....	53
4.4 Загальні вимоги по охороні праці під час роботи на металорізальних верстатах.....	55

					<i>КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ЗМІСТ</i>		
Розроб.		Марич Д.І.					
Перевір.		Склярів Р.А.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кабельник В. Р.					
Затверд.		Крцпа В.В.			Літ. Арк. Аркуші 5 2		
					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль		

ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59
ДОДАТКИ.....	63

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Актуальність роботи. Машинобудування є ключовою галуззю, яка суттєво впливає на масштаби та темпи науково-технічного прогресу не тільки в Україні, а й в світі. Успіхи в цій сфері залежать від ефективного використання та подальшого розвитку можливостей технологій машинобудування.

Розвиток конструкцій металорізальних верстатів спрямований на підвищення їх продуктивності, точності, надійності та технологічних можливостей. Впровадження сучасних рішень у сфері механізації та автоматизації, а також розробка спеціалізованих верстатів, сприяють підвищенню конкурентоспроможності підприємств машинобудування та забезпечують їх стале зростання в умовах сучасної економіки.

Механізація та автоматизація виробничих процесів передбачають збільшення кількості верстатів-автоматів і напівавтоматів, що зменшує залежність від людського фактору та підвищує продуктивність виробничих процесів. Впровадження сучасних роботизованих систем дозволяє забезпечити безперервність виробництва, скоротити витрати на робочу силу та підвищити загальну ефективність діяльності підприємства.

Розширення технологічних можливостей металорізальних верстатів досягається шляхом їх оснащення різноманітними пристосуваннями, як універсальними, так і спеціалізованими, які дозволяють вирішувати конкретні виробничі завдання. Такий підхід підвищує гнучкість виробництва та дозволяє швидко адаптуватися до змін у виробничих потребах.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.		Марич Д.І.					
Перевір.		Склярів Р.А.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кодельник В.Р.					
Затверд.		Крупа В.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						7	3
					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль		

Підвищення надійності та довговічності верстатів є важливим завданням для забезпечення стабільної роботи виробничих підприємств. Удосконалення конструкцій верстатів та використання новітніх технологій виготовлення сприяють збільшенню їх експлуатаційного ресурсу. Використання сучасних комплектуючих та високоякісних матеріалів дозволяє зменшити частоту ремонтів і простоїв, що позитивно впливає на економічну ефективність виробництва.

Створення сучасних верстатів передбачає впровадження інноваційних технологій і конструкторських рішень, що підвищують ефективність та якість виробничих процесів. При цьому конструкції нових верстатів повинні бути перспективними, тобто відповідати вимогам майбутнього, а це неможливо без врахування технічної спадковості та системного підходу [12]. При їх розробці необхідно передбачити певний запас досконалості і новизни рішень їх компонентів у порівнянні з уже існуючими.

Одним із шляхів створення нових компонувань верстатів є застосування агрегатно-модульного принципу, який передбачає широке застосування уніфікованих вузлів. Вузли верстату обираються в залежності від формоутворюючих рухів, які слід забезпечити та технологічних операцій, які будуть на ньому виконуватися.

При проектуванні нового верстата важливо враховувати не лише поточні потреби, але й забезпечити його здатність відповідати вимогам і технологічним вимогам завтрашнього дня. Це означає, що структура верстатів має бути гнучкою і адаптивною, здатною до впровадження нових технологій та розширення функціоналу у майбутньому [23, 25].

Сучасне проектування важко уявити без використання процедури прогнозування [13, 21, 22], яке дозволяє визначити оптимальні значення технічних характеристик проектного обладнання.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

При розробці нового верстата необхідно передбачити запас досконалості та новизни в його конструкції порівняно з існуючими моделями. Це включає в себе використання передових матеріалів, оптимізацію ергономіки, забезпечення максимальної ефективності та надійності роботи, а також простоти в обслуговуванні [3, 28].

Для зменшення часу проектування та підвищення його якості доцільно використовувати передові технології проектування, такі як комп'ютерне моделювання, яке передбачає створення віртуальних прототипів, з можливістю дослідження роботи їх основних вузлів. Такий підхід дозволить ефективно виявляти потенційні проблеми та вдосконалювати верстати ще до початку їх виробництва, що забезпечує якісний результат та рівень конкурентоспроможності на ринку.

У представленій кваліфікаційній роботі проведені розрахунки, які обґрунтовують вибір верстатного обладнання та інструментального оснащення для забезпечення обробки деталі «Гвинт БРД 210124».

Структура і обсяг роботи. Представлена кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів та основних висновків. Записка містить 56 аркушів пояснювального матеріалу, 33 рисунки та 5 таблиць. При виконанні роботи використано різноманітну спеціалізовану літературу, а також публікації з мережі Internet. Перелік літератури містить 30 найменувань, які розміщені на 4 сторінках, а також додатки на 8 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 70 сторінок.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз завдання

Деталь «Гвинт БРД 210124» входить до складу виробу «Опора 2101-11», креслення якого приведено на рис. 1.1.

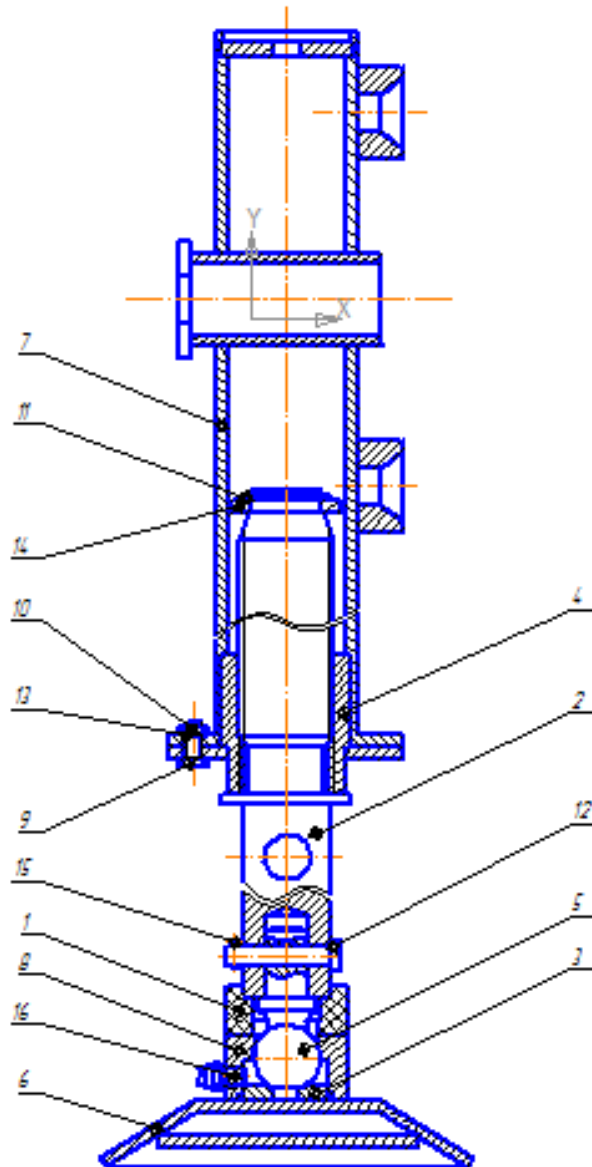


Рис. 1.1. Виріб «Опора 2101-11»

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Марич Д.І.			АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Склярів Р.А.								10	13
Реценз.											
Н. Контр.		Кодельник В. Р.									
Затверд.		Крцпа В.В.									
					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль						

Виріб «Опора 2101-11» є складовим елементом підвіски, яка в кількості 4 штук встановлюється на кінцях лонжерона рами автомобільного причепа. Даний виріб відносять до класу «домкратів». До складу виробу «Опора 2101-11» входять такі складальні одиниці: амортизатор (поз.1), гвинт опори (поз. 2), втулка (поз. 3), гайка (поз. 4), опора кульова (поз. 5), тарілка опорна (поз.6), труба опори (поз. 7) та фланець (поз. 8).

Деталь гвинт опори (поз.2), згідно заводської документації має позначення «Гвинт БРД 210124», є складовою частиною опори, вона дозволяє виставляти раму причепа в горизонтальне положення, її основне призначення – зняти навантаження на ресори причепа та шини. Гвинт витримує напруги стиску й згину.

На рис. 1.2 приведено креслення деталі «Гвинт БРД 210124», яке дозволяє побачити її конструктивні розміри та вимоги до поверхонь.

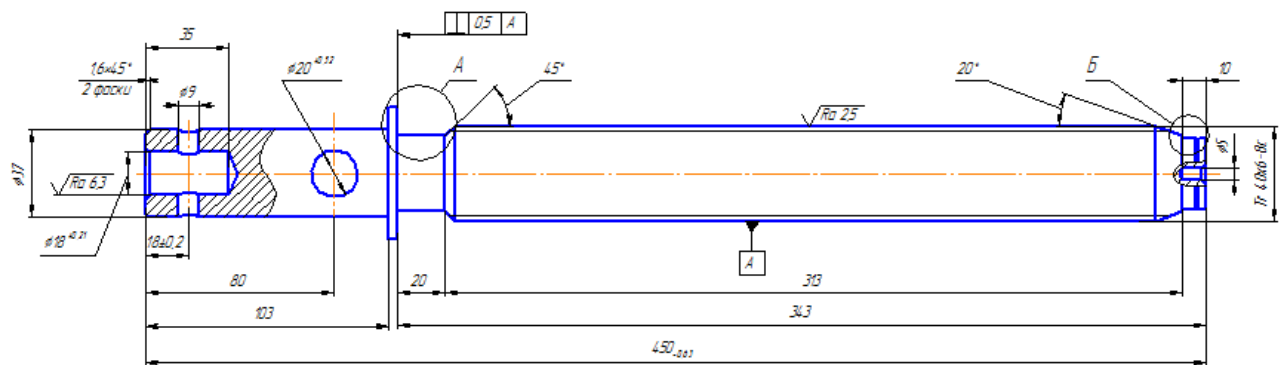


Рис. 1.2. Загальний вигляд деталі «Гвинт опори»

1.2 Характеристика об'єкту виробництва

В якості матеріалу для виготовлення деталі «Гвинт БРД 210124», згідно вихідних даних на проектування, призначається Сталь 35, яку згідно ДСТУ 7809-2015 [4], відносять до якісних вуглецевих. Даний стандарт містить докладну інформацію про хімічний склад Сталі 35, а також її механічні властивості в нормалізованому стані та після гартування, інформацію про дану сталь зведено в таблицю 1.1.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Таблиця 1.1. Хімічний склад та механічні властивості Сталі 35

Масова частка хімічних елементів, %			
вуглецю	кремнію	марганцю	хрому, не більше ніж
0,32 ÷ 0,40	0,17 ÷ 0,37	0,50 ÷ 0,80	0,25
Механічні властивості прокату після нормалізування			
границя плинності, σ_T , Н/мм ²	тимчасовий опір, σ_B , Н/мм ²	відносне видовження, δ_5 , %	відносне звуження, ψ , %
315 (32)	530 (54)	20	45
Механічні властивості прокату після гартування			
тимчасовий опір, σ_B , Н/мм ²	відносне видовження, δ_5 , %	відносне звуження, ψ , %	
590 (60)	6	35	
Механічні властивості прокату після відпалу або відпущення			
тимчасовий опір, σ_B , Н/мм ²	відносне видовження, δ_5 , %	відносне звуження, ψ , %	
470 (48)	15	45	

Деталь «Гвинт БРД 210124» у відповідності до класифікатора ЄСКД [20], при відношенні $l/d = 12,2$ – відноситься до класу 71555.

Дана деталь отримується за допомогою операції зварювання, яка передбачає з'єднання двох деталей, а саме гвинта опори та шайби.

Аналіз поверхні деталі гвинт опори показав, що її хвостовик містить поверхню із трапецеїдальною різью $Tr40 \times 6 - 8e$, яка характеризується наступними даними:

- зовнішній діаметр різі становить 40 мм;
- крок різі – 6 мм;
- ступінь точності – 8;
- основне відхилення – е.

Кінець деталі представляє собою циліндр $\varnothing 30_{-0,42}^{-0,14}$ мм з канавкою $\varnothing 28_{-0,28}^{+0,25}$ мм, шириною $1,4_{-0,25}^{+0,25}$ мм для встановлення шайби, яка запобігає вигвинчуванню гвинта з гайки.

Різева поверхня має шорсткість $Ra\ 2,5$ мкм. Поперечна канавка на виході різи має форму й розміри, що забезпечують вихід різенкатного інструменту.

На іншому кінці виробу є радіальний отвір $\varnothing 20_{-0,42}^{+0,52}$ мм, він призначений для встановлення воротка, за допомогою якого відбувається вигвинчування гвинта із гайки опори. Також даний кінець містить радіальний отвір $\varnothing 9$ мм, який дозволяє встановити палець, що фіксує лапу кульової опори. Окрім того деталь має центральний отвір $\varnothing 18_{-0,24}^{+0,24}$ мм, який призначений для встановлення лапи кульової опори. Всі отвори відповідають 5-му класу точності та мають шорсткість $Ra\ 12,5$ мкм.

Оскільки співвідношення $l/d < 15$, то вал є жорстким. Форма та розмір заготовки максимально наближені до розмірів і форми деталі.

Допуск торцевого биття відповідає 10 ступеню точності й становить 50 мкм. При цьому максимальне биття торця шайби та різевої поверхні гвинта становить 0,5 мм. Інші відхилення перебувають у межах допуску на розміри.

Деталь має глухий отвір з лівої сторони торця гвинта, який є нетехнологічним.

Оскільки вал немає центрових отворів, то це знижує його технологічність. Вісь отвору $\varnothing 9$ мм розташована в іншій площині від отвору $\varnothing 20$ мм, що не дає можливості обробляти їх за один установ. Для обробки слід здійснити переустановлення деталі, тобто повинні виконуватися різні операції. З цих міркувань деталь потребує доробки на технологічність.

В цілому деталь можна вважати технологічною, для її виготовлення можна застосувати високопродуктивні режими обробки. Деталь є досить простою по конструкції, що забезпечує вільний доступ різального інструменту до всіх оброблюваних поверхонь.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Механічну обробку деталі можна проводити прохідними різцями на універсальних і спеціальних верстатах з високою продуктивністю з використанням стандартного інструмента, пристосувань і засобів вимірювання. На окремих відповідальних операціях потрібно використовувати спеціалізоване оснащення для забезпечення необхідної точності.

Для деталі «Гвинт БРД 210124» обираємо заготовку отриману методом об'ємного гарячого штампування, у відповідності до технічних вимог за ДСТУ 9182:2022 [5]. Такі заготовки характеризуються порівняно високим ступенем точності, який забезпечує малі припуски на механічну обробку. Для штампування буде використовуватись горизонтально-кувальна машина.

З використанням програми тривимірного моделювання розроблено 3D-моделі заготовки (рис. 1.2) та готової деталі (рис. 1.3).

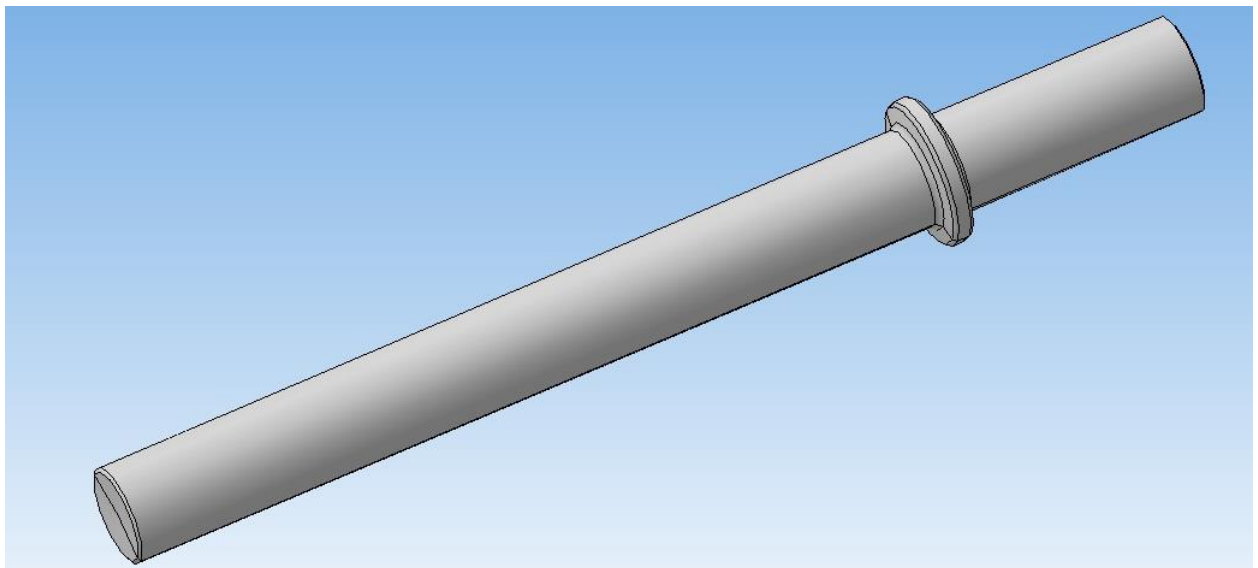


Рис. 1.2. 3D-модель штамповки заготовки для деталі «Гвинт БРД 210124»

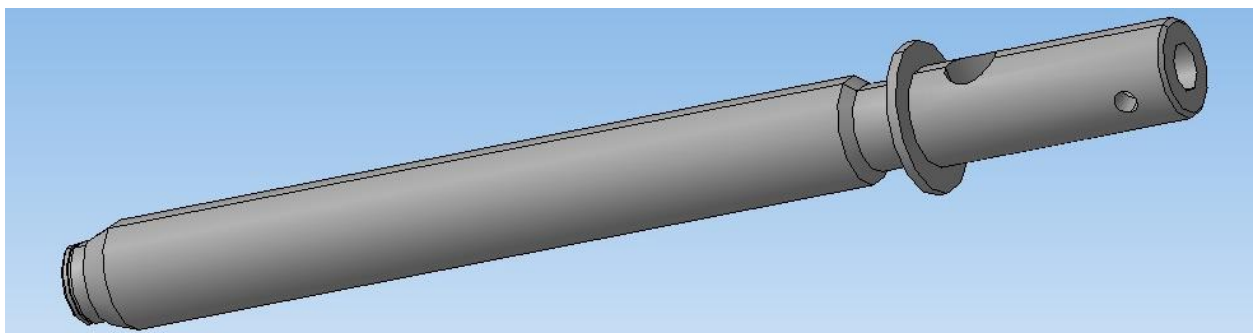


Рис. 1.3. 3D-модель деталі «Гвинт БРД 210124»

Згідно існуючих рекомендацій при обробці заготовки отриманої штампуванням, на початковій операції, для базування будуть використовуватись необроблені поверхні [2]. Заготовка при цьому повинна кріпитися в призмах (див. рис. 1.4). На наступних операціях в якості баз використовуються чистові поверхні.

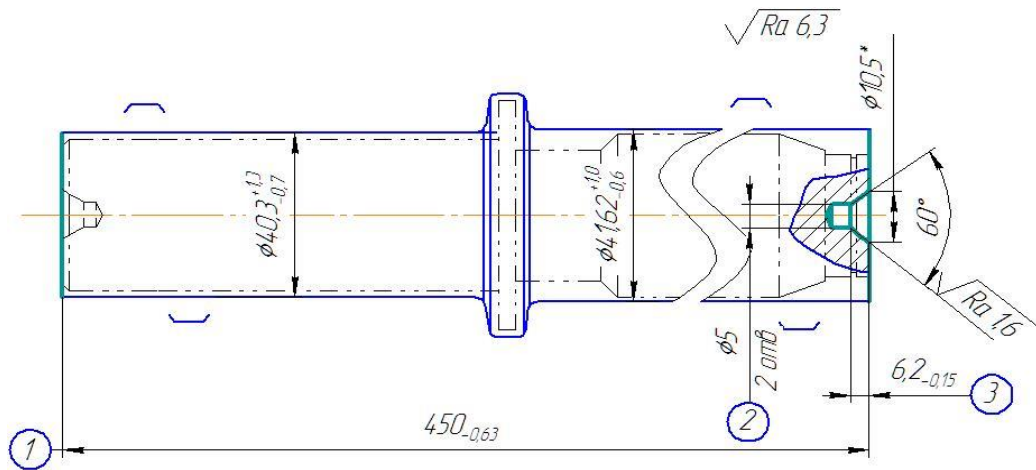


Рис. 1.4. Закріплення заготовки в призмах

На токарних операціях слід використовувати кріплення заготовки в патроні та в обертовому центрі (рис. 1.5).

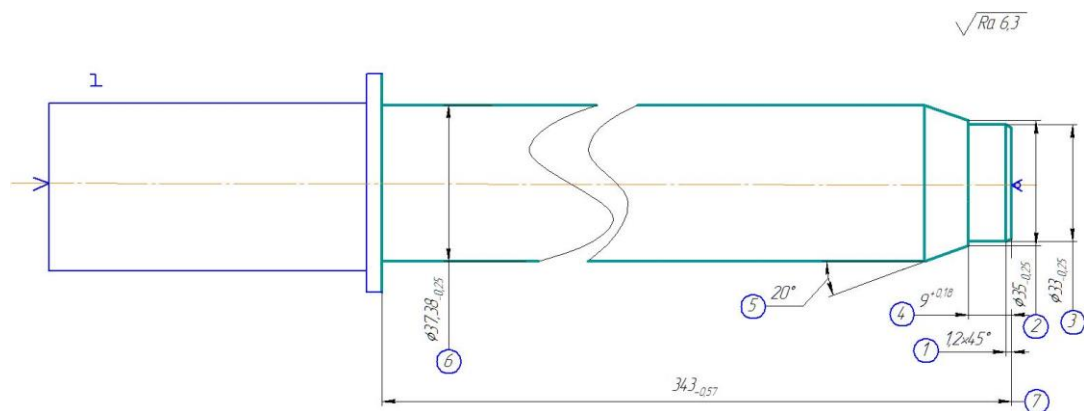


Рис. 1.5. Закріплення заготовки в патроні та в обертовому центрі

При обробці деталі будуть виконуватись свердлильні операції, при цьому доцільно використовувати схему закріплення заготовки в призмах з упором на одну із оброблених торцевих поверхонь (див. рис. 1.6).

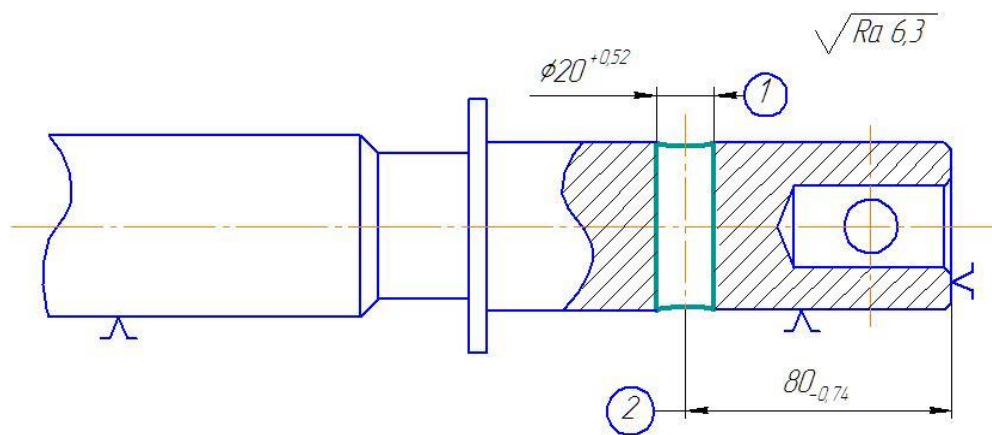


Рис. 1.6. Закріплення заготовки при свердильних операціях

До вихідних даних на кваліфікаційну роботу відноситься базовий технологічний процес (ТП) виготовлення деталі «Гвинт БРД 210124», його приведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Базовий маршрутний технологічний процес

№ та Назва операції	Верстат, обладнання
005 Заготівельна	Відрізний круглопилний автомат 8Г662
010 Вертикально-свердильна	Вертикально-свердильний верстат 2А135
015 Безцентрово-шліфувальна	Безцентрово-шліфувальний верстат 3М184
020 Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 1К62
025 Вертикально-свердильна	Вертикально-свердильний верстат 2А135
030 Вертикально-свердильна	Вертикально-свердильний верстат 2А135
035 Вертикально-свердильна	Вертикально-свердильний верстат 2А135
040 Вертикально-свердильна	Вертикально-свердильний верстат 2А135
045 Зачисна	Верстак
050 Вертикально-свердильна	Вертикально-свердильний верстат 2А135
055 Зачисна	Верстак
060 Різенкатна	Токарно-гвинторізний верстат 1М63
065 Зварювальна	
070 Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 1К62
075 Контрольна	Стіл контрольний

Розглянувши базовий ТП, ми виявили, що в ньому використовуються універсальні верстати та обладнання з ручним керуванням. Вони відповідають вимогам точності, але потребують робітників високої кваліфікації.

При обробці деталі «Гвинт БРД 210124» виконуються однотипні операції (точіння та свердління), тому доцільно використати обладнання з ЧПК. При заміні базового ріжучого інструменту на прогресивний можна досягнути вищої продуктивності та скоротити номенклатуру використовуваного інструменту.

1.3 Аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь та вибір раціональних схем оброблення поверхонь

Обробка торця деталі здійснюється торцевою фрезою, на рис. 1.7 приведено схему, яка показує набір необхідних формоутворюючих рухів, які повинні бути реалізовані для забезпечення процесу різання.

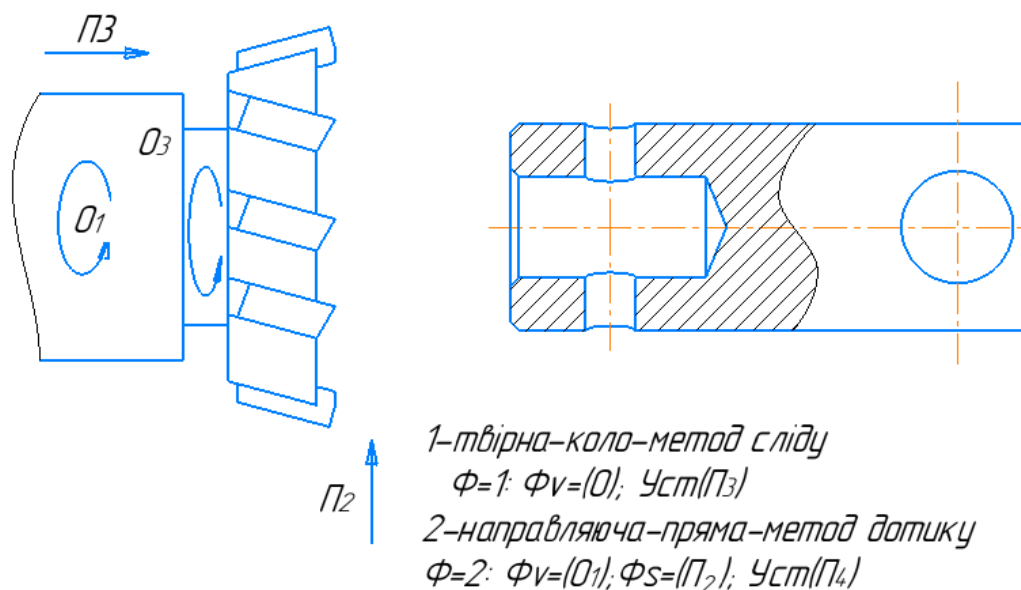


Рис. 1.7. Обробка торцевою фрезою (основні формоутворюючі рухи)

Обробка деталі «Гвинт БРД 210124» передбачає використання осьового інструменту, при виконанні операції свердління, на рис. 1.8 приведено схему формоутворюючих рухів, які при цьому повинні забезпечуватись.

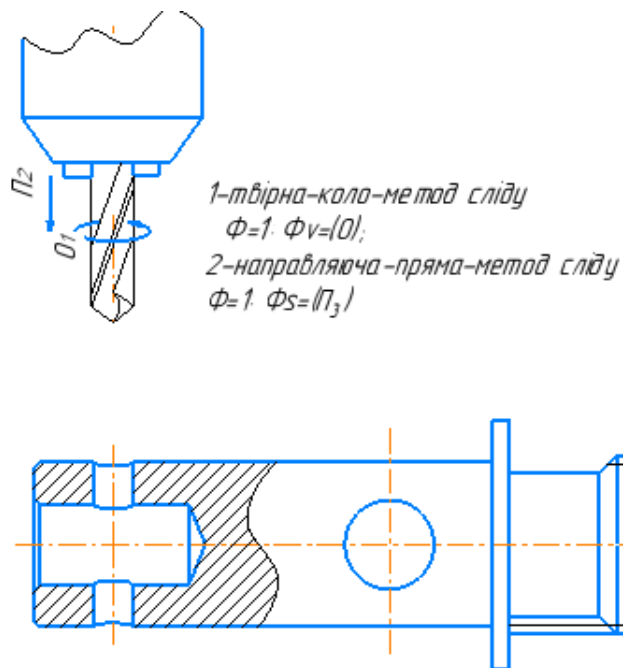


Рис. 1.7. Обробка свердлами (основні формоутворюючі рухи)

Обробка деталі «Гвинт БРД 210124» передбачає використання центрального свердла, яке дозволяє обробити центрувальний отвір, при цьому обладнання повинно забезпечити виконання формоутворюючих рухів, які приведені на рис. 1.8.

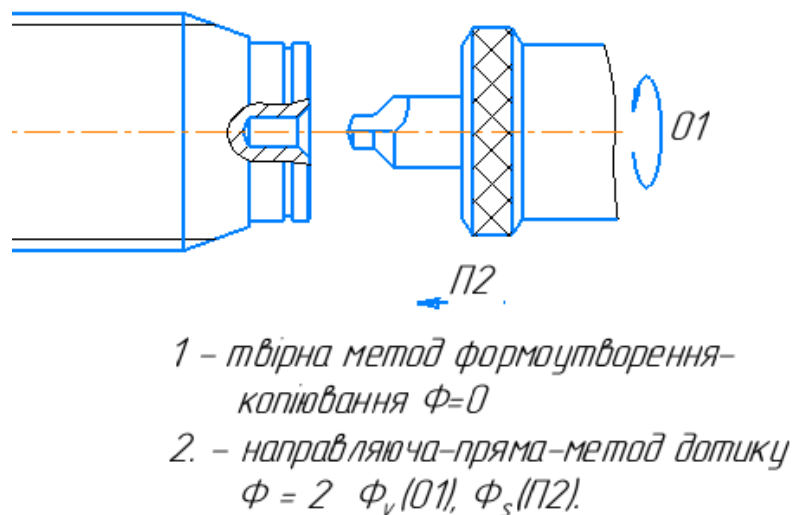


Рис. 1.8. Використання центрального свердла (формоутворюючі рухи)

Деталь «Гвинт БРД 210124» має в своєму складі канавку на зовнішній поверхні валу, для її обробки використовується канавковий різець. На рис. 1.9 приведено схему формоутворення при обробці канавковим різцем.

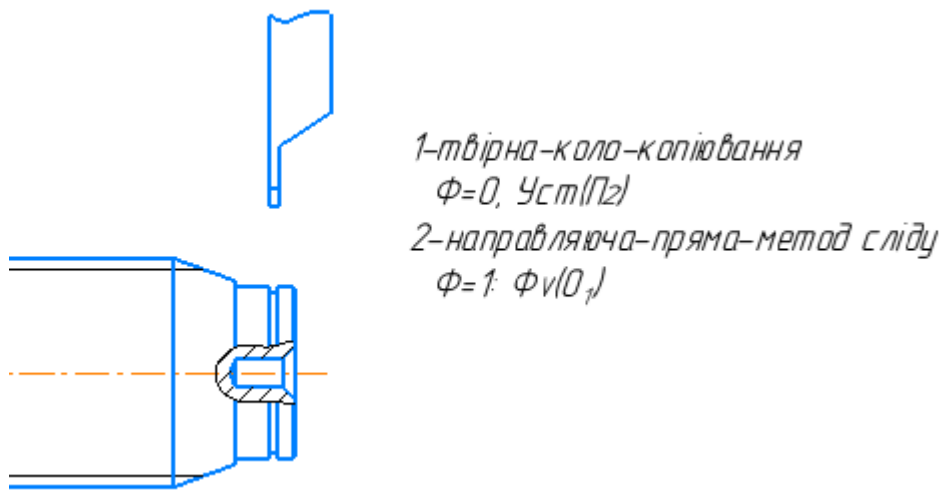


Рис. 1.9. Використання фасонного різця (формоутворюючі рухи)

При виготовленні деталі «Гвинт БРД 210124» передбачено виконання токарних операцій, на рис. 1.10 приведені необхідні для їх проведення формоутворюючі рухи.

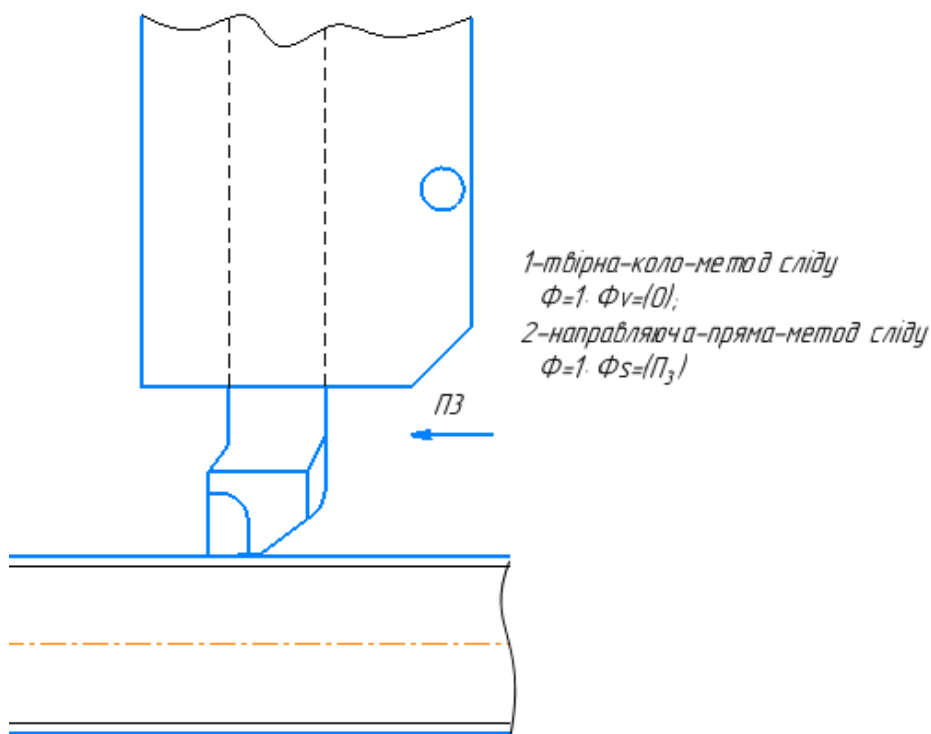


Рис. 1.9. Набір формоутворюючих рухів при виконанні операції точіння

Також при обробці деталі «Гвинт БРД 210124» виконується різенакатна операція. Формоутворюючі рухи, які при цьому слід забезпечити приведені на рис. 1.10.

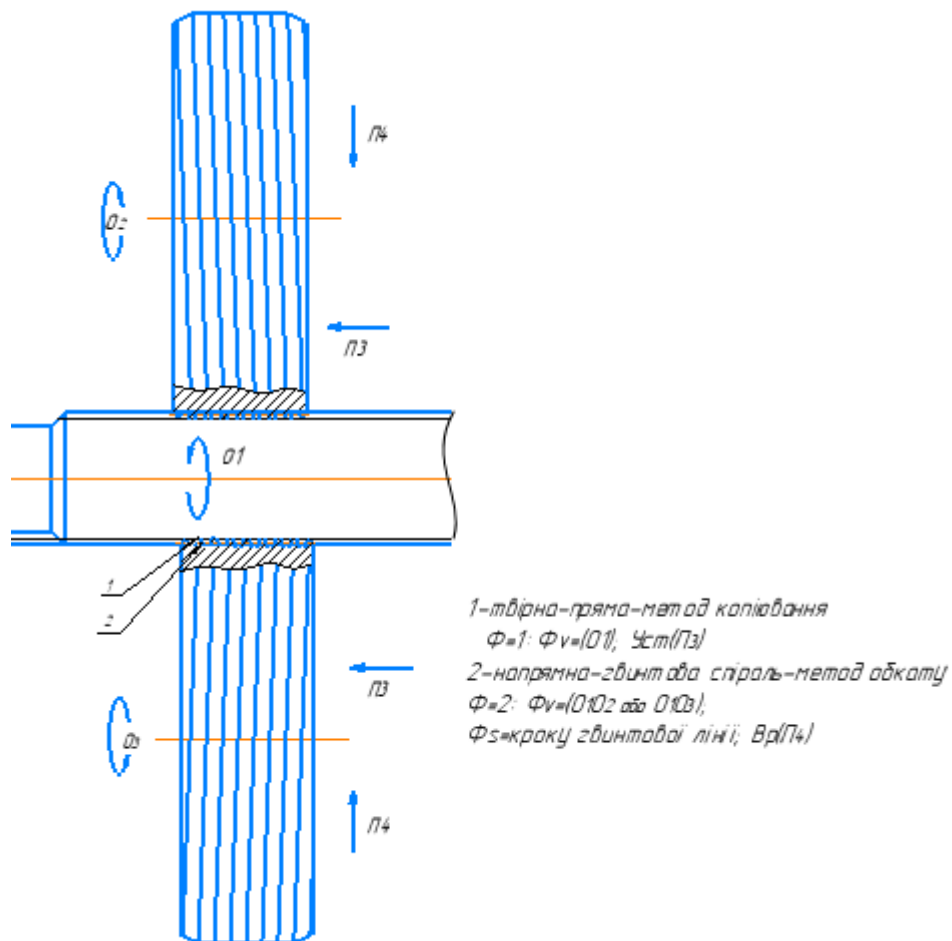


Рис. 1.10. Формоутворюючі рухи, які слід забезпечити при накатуванні різі

Аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь деталі «Гвинт БРД 210124» показав, що обробку доцільно проводити на верстатах з ЧПК, для зменшення кількості операцій, які передбачають переустановлення деталей.

1.4 Огляд літератури

Особливості використання токарних верстатів з ЧПК досліджувались в роботі [6]. Автор зокрема займався питаннями комплексної обробки, а саме використання інструментів та вузлів, які дозволяють розширити їх технологічні можливості.

Для прискорення процесу проектування верстатів доцільно використовувати сучасні CAD-CAM системи [30]. В процесі проектування перспективним є застосування підходу, який передбачає паралельну підготовку виробництва. Результатом чого є комплект конструкторської та технологічної документації, а також пакет керуючих програм для верстатів з ЧПК [24].

На виробництві досить часто знаходять використання комплексні САПР на базі CAD/CAM/CAE-систем, які мають відкритий інтерфейс [1], її типовий склад приведено на рис. 1.11.

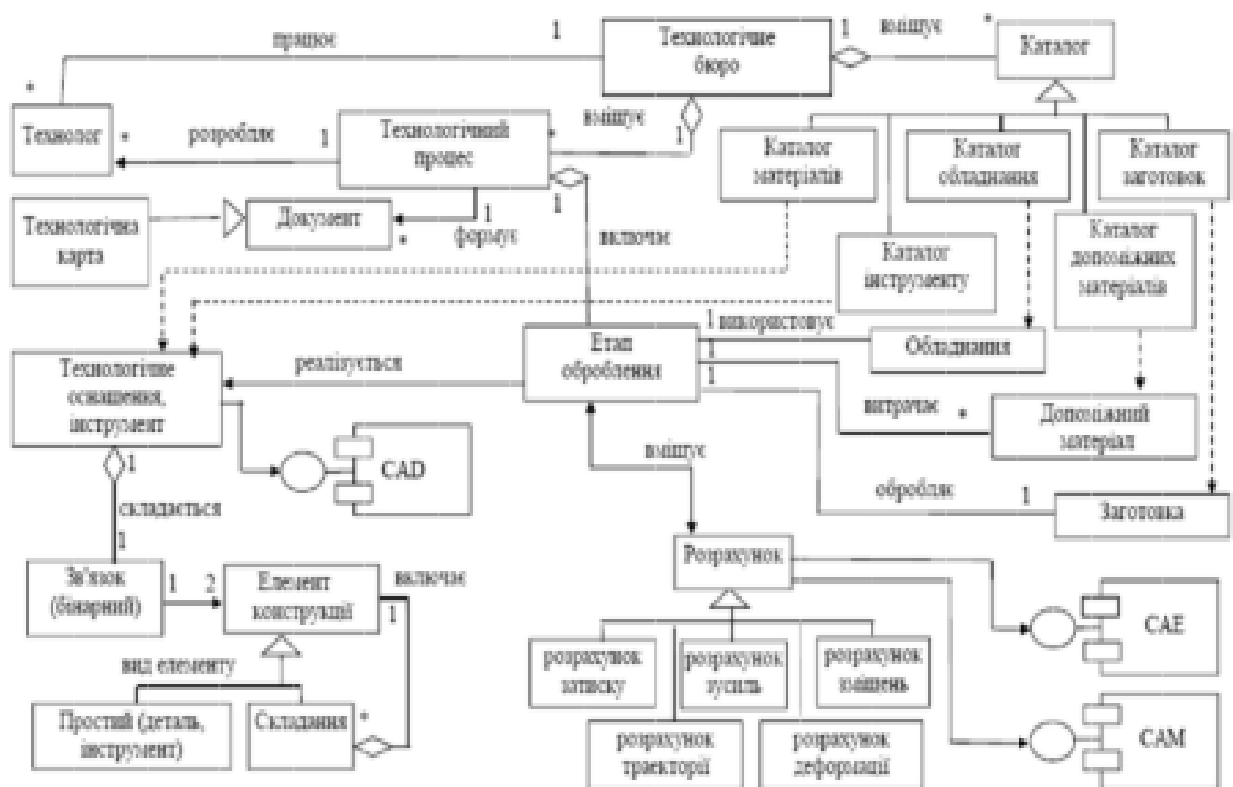


Рис. 1.11. Типова структура комплексної САПР з відкритою архітектурою

Питаннями, що стосувались токарної обробки валів з використанням багатолезових інструментів, займались вітчизняні фахівці, зокрема вони досліджували особливості використання інструментів з адаптивними кінематичними зв'язками [14, 15]. В їх працях наведено практичні схеми реалізації процесу такої обробки та приведено його теоретичне обґрунтування.

Багато праць вітчизняних науковців присвячені питанням точності та жорсткості металорізальних верстатів. Зокрема в сферу їх досліджень потрапили питання, що стосувались факторів, які впливають на її формування [8, 9, 10, 11, 29].

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Особливості запропонованого ТП обробки деталі «Гвинт БРД 210124»

Для обробки деталі «Гвинт БРД 210124» запропоновано власний ТП, його розроблено виходячи із конструктивно-технологічних особливостей деталі та типу виробництва.

Проектний варіант маршрутного ТП, приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 Проектний варіант ТП обробки деталі «Гвинт БРД 210124»

№	Назва операції	Верстат, обладнання
005	Заготівельна	штамповка на ГKM
010	Фрезерно-центрувальна	фрезерно-центрувальний напівавтомат мод. МРТ1-М
015	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК 16K20T1
020	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК 16K20T1
025	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний 2Н135
030	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний 2Н135
035	Різенакатна	Профіле-накатний двороликовий напівавтомат А9526
040	Зачисна	Електрохімічний напівавтомат 4406
045	Контрольна	Стіл контрольний
050	Мийна	Машина мийна МКД-01

					<i>КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>		
Розроб.		Марич Д.І.					
Перевір.		Склярів Р.А.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кабельник В. Р.					
Затверд.		Крцпа В.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						23	13
					<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		

2.2 Зміст і послідовність виконання технологічних переходів

З використанням принципу концентрації операцій, який передбачає використання обладнання з автоматичною заміною інструмента розробляємо операційний ТП обробки деталі «Гвинт БРД 210124». Запропонована послідовність виконання операцій ТП забезпечує необхідну точність обробки та сприяє економії допоміжного часу.

На рис. 2.1 приведено ескіз деталі «Гвинт БРД 210124» та вказані оброблювані поверхні.

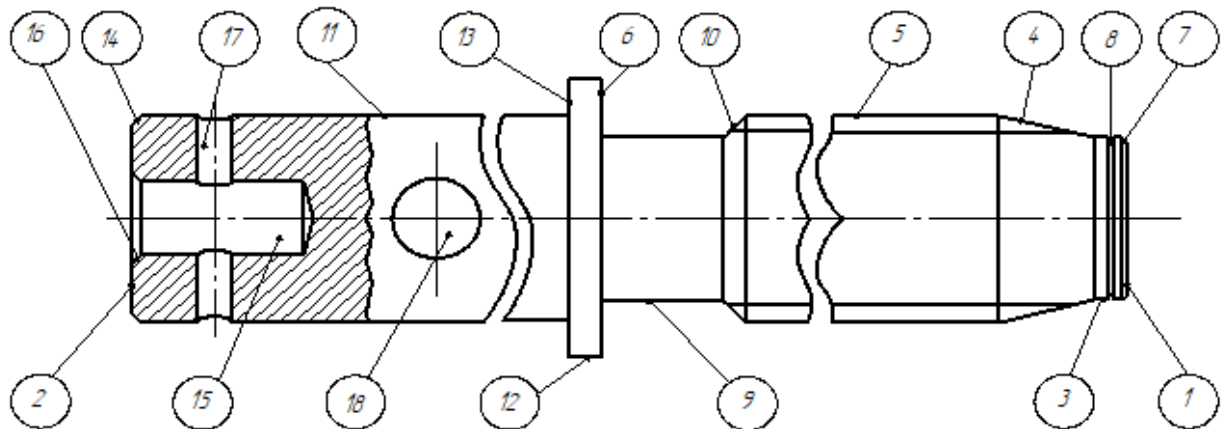


Рис. 2.1. Ескіз деталі «Гвинт БРД 210124»

Здійснимо опис основних технологічних операцій механічної обробки деталі «Гвинт БРД 210124».

Операція 010. Фрезерно – центрувальна. Заготовка встановлюється на чорнові бази, а саме на зовнішню поверхню 5. Операція передбачає виконання двох технологічних переходів, а саме:

1. Здійснити фрезерування торців 1 та 2 одночасно;
2. Центрувати торці 1 та 2 одночасно;

Операція 015. Токарна з ЧПК. Заготовка встановлюється за допомогою центрових отворів 1 та 2. Операція передбачає виконання п'яти технологічних переходів, а саме:

1. Здійснити точіння поверхонь 3, 4 та 5 зі зняттям фаски 7, провести підрізання торця 6 начорно;

2. Здійснити точіння канавки 8;
3. Здійснити точіння поверхонь 9 та 10 начисто;
4. Здійснити точіння поверхонь 3, 4, 5, 6 начисто;
5. Здійснити точіння поверхні 5 під накатування трапецеїдальної різі.

Операція 020. Токарна з ЧПК. В якості базової приймаємо попередньо оброблену поверхню 5. Операція передбачає виконання двох технологічних переходів, а саме:

1. Здійснити точіння поверхонь 11 та 12 з підрізанням торця 13, зняти фаску 14 начорно;
2. Здійснити свердління отвору 15, зняти внутрішню фаску 16 в отворі (одночасно).

Операція 025. Вертикально – свердлильна. В якості базової приймаємо поверхні 5 та 11, а також торець 2. Операція передбачає виконання одного технологічного переходу, а саме:

1. Здійснити свердління отвору 17 напрохід.

Операція 030. Вертикально – свердлильна. В якості базової приймаємо поверхні 5 та 11, а також торець 2. Операція передбачає виконання одного технологічного переходу, а саме:

1. Здійснити свердління отвору 18 напрохід.

Операція 035. Різенакатна. В якості базової приймаємо зовнішню поверхню 11. Операція передбачає виконання одного технологічного переходу, а саме:

1. Здійснити накатування трапецеїдальної різі $Tr40 \times 6 - 8s$ на попередньо обробленій поверхні 5.

Операція 040. Зачисна. Здійснити зачистку заусениць за допомогою електрохімічного напівавтомату.

Операція 045. Мийна.

Операція 050. Контрольна.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

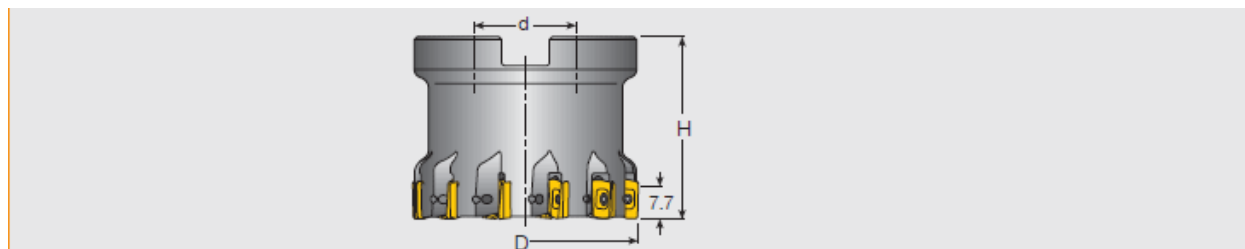
2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції

Для розробленого проектного варіанту ТП слід здійснити вибір технологічного обладнання. Його обирають враховуючи вид обробки та за службовим призначенням. Обрані моделі верстатів приведені в табл. 2.1, а їх технічні характеристики в Додатку А.

2.4 Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

Згідно завдання на кваліфікаційну роботу деталь «Гвинт БРД 210124» виготовлена зі Сталі 35. Для обробки даного матеріалу, згідно існуючих рекомендацій, використовується інструмент компанії ISCAR [7], оснащений пластинами із твердого сплаву, який дозволяє здійснювати високопродуктивну обробку. Загальна методика проектування ріжучих інструментів приведена в праці [26].

Так для виконання операції 010 Фрезерно-центрувальна використовується фреза торцева HP F90AN D50-09-22-07 (див. рис. 2.2).

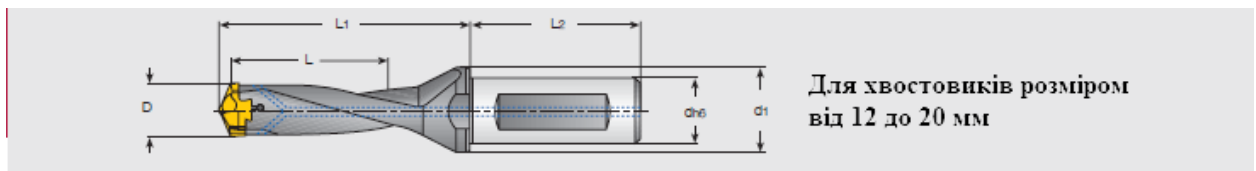


HP F90AN Діапазон діаметрів 32-63 мм

	D	Z	H	d	α°	Тип оправки ⁽¹⁾	кг	Пластины
HP F90AN D32-06-16-07	32	6	40	16	1.4	A	0.11	HP ANKT 07
HP F90AN D32-08-16-07	32	8	35	16	1.4	A	0.11	
HP F90AN D40-08-22-07	40	8	40	22	1.0	B	0.16	
HP F90AN D40-10-22-07	40	10	40	22	1.0	B	0.17	
HP F90AN D50-09-22-07	50	9	40	22	0.8	B	0.31	
HP F90AN D50-12-22-07	50	12	40	22	0.8	B	0.32	

Рис. 2.2. Загальний вигляд фрези торцевої HP F90AN D50-09-22-07

На операції 010 Фрезерно-центрувальна використовується свердло центрувальне твердосплавне DCM 100-030-16A-3D, його зовнішній вигляд та характеристики приведені на рис. 2.3.



DCM

ØD ⁽¹⁾ Діапазон L	Позначення	d	d ₁	L ₁	L ₂	Розмір гнізда	Ключ	Свердильна головка
7.5-7.9	22 DCM 075-022-12A-3D	12	16	33.1	45	8	K DCM-8	
8-8.4	24 DCM 080-024-12A-3D	12	16	35.0	45	8	K DCM-8	
8.5-8.9	25 DCM 085-025-12A-3D	12	16	37.0	45	8	K DCM-8	
9-9.4	27 DCM 090-027-12A-3D	12	16	39.1	45	9	K DCM-9	
9.5-9.9	28 DCM 095-028-12A-3D	12	16	41.1	45	9	K DCM-9	
10.0-10.4	30 DCM 100-030-16A-3D	16	20	44.0	48	10	K DCM-10	IDI

Рис. 2.3. Загальний вигляд свердла центрального DCM 100-030-16A-3D

При виконанні чорнової токарної обробки на Операції 015. Токарна з ЧПК також використовуються різці й різцеві головки ISCAR. Так для чорнової токарної обробки використовується різець MWLNR 2020K-06W із пластиною WNMM 080408-4NM (див. рис. 2.4).



Точіння
Основне застосування



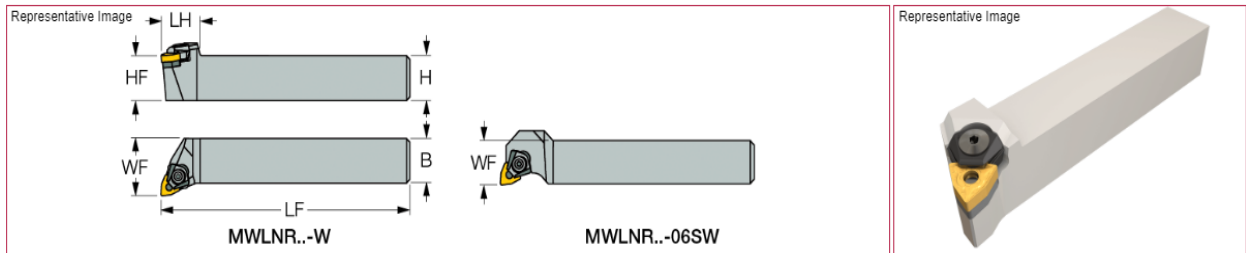
Зовн., 80° Трикутник, Головний кут в плані 95°
Додаткове застосування

Підбір пластин

Підбір державок\оправок

ISOTURN

Family Designation: MWLNR/L-W Токарні державки з затиском зверху для пластин "Ламаний трикутник"



Item Designation: MWLNR 2020K-06W

Non ISO ISO 13399

H	HF	B	LF	LH	WF	HAND	MIID ⓘ
20.0	20.0	20.0	125.00	25.0	25.00	R	WNMG 06T304-GN

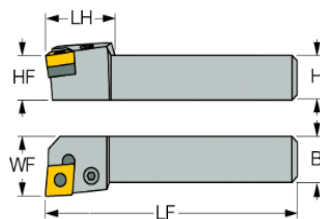
Рис. 2.4. Загальний вигляд різця MWLNR 2020K-06W

При виконанні чистової токарної обробки на Операції 015. Токарна з ЧПК беремо різець PCLNR 2020K-12 з пластиною CCMT09T304-SM із твердого сплаву (див. рис. 2.5).

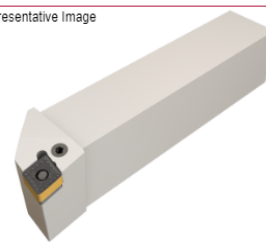
ISOTURN

Название серии: PCLNR/L Розточні різці для негативних 80° ромбічних пластин

Representative Image



Representative Image



Обозначение: PCLNR 2020K-12

Non ISO ISO 13399

H	HF	B	LF	LH	WF	HAND	MIID
20.0	20.0	20.0	125.00	27.5	25.00	R	CNMG 120404-GN

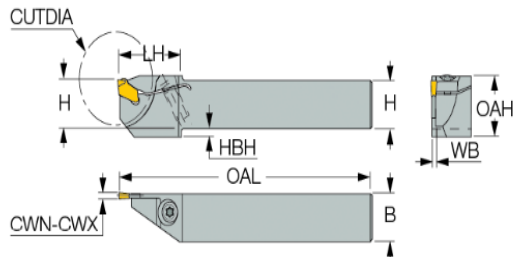
Рис. 2.5. Загальний вигляд різця PCLNR 2020K-12

Для точіння канавки на Операції 015. Токарна з ЧПК обираємо різець SGFR 8B-1.2D15 SH із пластиною GFN 1.2J із твердого сплаву (див. рис. 2.6).

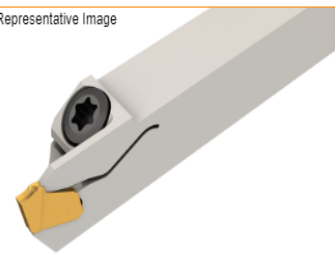
SELF-GRIP

Family Designation: SGFR/L-B-D-SH Державки с укороченной головкой для прорезки канавок и отрезки, для станков с ЧПУ и станков швейцарского типа

Representative Image



Representative Image



Показана левосторонняя

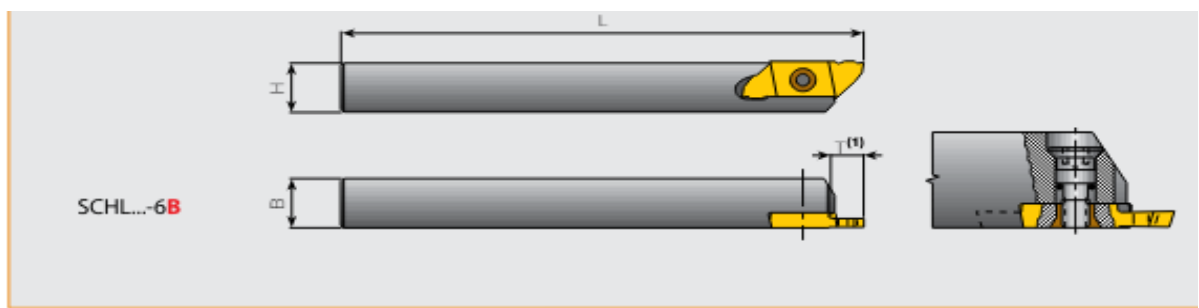
Item Designation: SGFR 8B-1.2D15 SH

Non ISO ISO 13399

H	CWN	CWX	CUTDIA	B	WB	OAL	LH	OAH	HBH	HAND	MIID
8.0	1.20	1.20	15.0	8.0	0.90	120.00	14.0	9.0	-	R	GFN 1.2J

Рис. 2.6. Загальний вигляд різця SGFR 8B-1.2D15 SH

Для розточування канавки під вихід різенакатного інструменту на Операції 015. Токарна з ЧПК обираємо різець SCHL/R 16-6B із твердосплавною пластиною SCIL 6B/F-EL000 (див. рис. 2.7).



SCHL/R..-6B

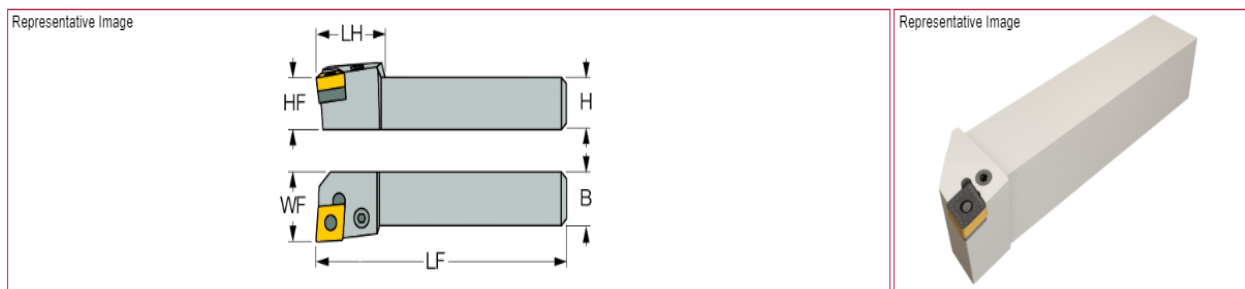
	B	H	L	H ₄	E	Пластины	Гвинт	Торх Ключ
SCHL/R 0810-6B	10	8	125	2	23.7	SCIL/R 6B	SCRB 103	IP-10/5
SCHL/R 10-6B	10	10	125	-	-	SCIL/R 6B		
SCHL/R 12-6B	12	12	125	-	-	SCIL/R 6B		
SCHL/R 16-6B	16	16	125	-	-	SCIL/R 6B		

Рис. 2.7. Загальний вигляд різця SCHL/R 16-6B

При виконанні тонкого точіння на Операції 015. Токарна з ЧПК використовуємо різець PCLNR 2020K-12 із пластиною CCMT09T304-SM із твердого сплаву (див. рис. 2.8).

ISOTURN

Назва серії: PCLNR/L Розточні різці для негативних 80° ромбічних пластин



Обозначение: PCLNR 2020K-12

Non ISO	ISO 13399
---------	-----------

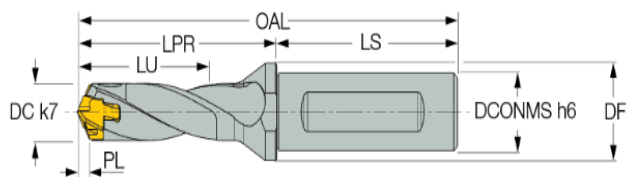
H	HF	B	LF	LH	WF	HAND	MIID
20.0	20.0	20.0	125.00	27.5	25.00	R	CNMG 120404-GN

Рис. 2.8. Загальний вигляд різця PCLNR 2020K-12

При свердлінні центрального отвору, яке виконується при виконанні Операції 020. Токарна з ЧПК, застосовується свердло DSM 180-054-25A-3D та спеціальне фаскове кільце RING DCM 180 із пластиною твердого сплаву XOGX, його характеристики та зовнішній вигляд приведені на рис. 2.9.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29

Representative Image



Representative Image



Item Designation: DCN 180-054-25A-3D

Non ISO ISO 13399

DCN ⓘ	DCX ⓘ	DCONMS	DF	LU	LPR	PL	LS	OAL	SSC ⓘ	MIID ⓘ
18.00	18.90	25.00	32.00	56.73	82.5	2.730	56.0	138.50	18.0	ICP 180

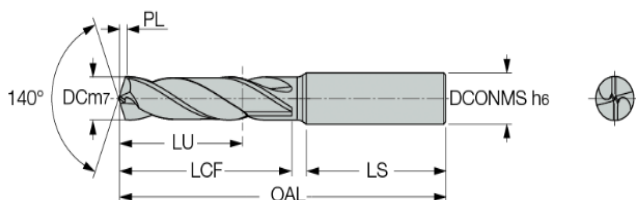
Рис. 2.9. Загальний вигляд свердла DSM 180-054-25A-3D

Для свердління радіальних отворів $\varnothing 9$ мм та $\varnothing 20$ мм на відповідно операціях 025 та 030 Вертикально-свердлильна використовуються відповідно свердла SCD 090-050-100 AP3 та SCD 200-055-200 AP3, їх відповідно приведено на рис. 2.10 та 2.11.

SOLIDDRILL

Family Designation: SCD-AP3N (3xD) Твердосплавні свердла, Глибина свердління 3xD, DIN 6537

Representative Image



Representative Image

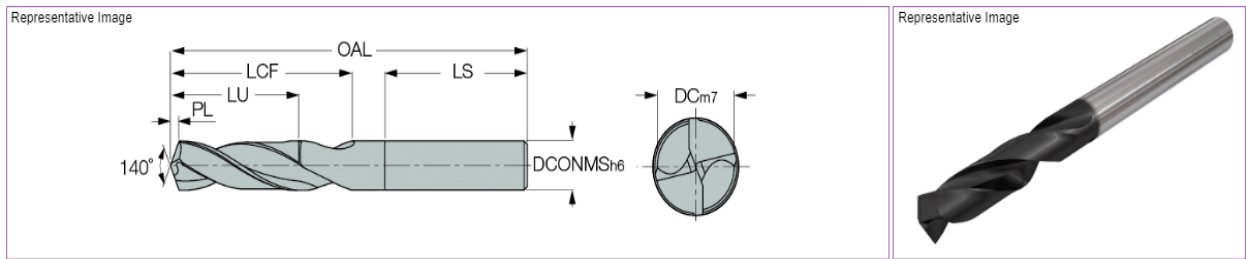


Item Designation: SCD 090-050-100 AP3N

Non ISO ISO 13399

DC	DCONMS	OAL	LU	LCF	PL	LS	FTDZ ⓘ
9.00	10.00	89.00	35.00	48.0	1.400	40.0	-

Рис. 2.10. Загальний вигляд свердла SCD 090-050-100 AP3


Item Designation: SCD 200-055-200 AP3

☒ Non ISO

☐ ISO 13399

DC	DCONMS	LU	LCF	OAL	LS	FTDZ	PL
20.00	20.00	55.0	79.0	131.00	48.0	-	3.640

Рис. 2.11. Загальний вигляд свердла SCD 200-055-200 AP3

В процесі механічної обробки, так і по її закінченню слід проводити якісний та швидкий контроль одержуваних розмірів, для цього будуть використовуватись спеціальні вимірювальні засоби, а саме скоби, пробки, контрольні втулки, щупи та штангельциркуль та кутоміри.

В процесі обробки деталі «Гвинт БРД 210124» буде використовуватись наступний вимірювальний інструмент:

- контроль зовнішніх $\varnothing$ використовуються скоби СР-125 ГОСТ 14810-76;
- контроль отворів $\varnothing 18^{(+0.24)}$, $\varnothing 9$, $\varnothing 20^{(+0.52)}$ – пробка за ГОСТ 17758-72;
- різь $Tr40 \times 6 - 8c$ - кільце різьбове $Tr40 \times 6 - 8c$ ГОСТ 10071-89;
- контроль шийки $\varnothing 30_{-0.42}^{+0.14}$ - скоба за ГОСТ 11908-75,
- контроль канавки $1,4^{+0.25}_{-0.14}$ мм - пластина й скоба;
- контроль розміру $18 \pm 0,2$ мм - калібр;
- контроль розмірів 35 мм, 80 мм, 22 мм, 313 мм, 450 мм – штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1-1 ГОСТ 166-89;
- контроль кутів 20° і 45° – кутомір УМ-0-180 ГОСТ 5378-88.

2.5 Розрахунок режимів різання для технологічної операції

Проведемо розрахунок режимів різання на операцію 010. Токарна з ЧПК. Дана операція передбачає виконання п'яти технологічних переходів. В якості базового обладнання приймаємо верстат мод. 16K20T1 з ЧПК FANUK 21I/210I-TA. Заготовка кріпиться в патроні повідковому самозатискному ГОСТ 2571-71 та центрі обертовому 1-5-Н ГОСТ 8742-75.

Перехід 1.

Даний технологічний перехід передбачає чорнове точіння заготовки з підрізуванням торця й зняття фаски за один прохід до $Ra = 12,5$ мкм. При цьому використовується різець підрізний MWLNR 2020K-06W із пластиною твердого сплаву WNMM 080408-TNM. Марка сплаву пластини ISCAR IC635.

Для виконання технологічного переходу приймаємо наступні режими різання: швидкість різання $V = 80$ м/хв; подача $S = 0.45$ мм/об; глибина різання (припуск, що знімається) $t = 2.0$ мм.

Для визначення частоти обертання шпинделя n , скористаємось виразом [16]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.1)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 80}{3.14 \cdot 43.52} = 585 \text{ хв}^{-1}$$

де $D = 43.52$ мм – найбільший оброблюваний діаметр.

Згідно паспортних даних верстату приймаємо $n = 500 \text{ хв}^{-1}$.

Тоді величина фактичного значення швидкості різання буде визначатися за виразом:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} \quad (2.2)$$

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 43.52 \cdot 500}{1000} = 68.4 \text{ м/хв}$$

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Перехід 2.

На даному технологічному переході передбачається точіння канавки до $Ra = 6,3$ мкм за два проходи. При цьому використовується різець канавковий SGFR 8B-1.2D15 SH із пластиною твердого сплаву GFN 1,2JS. Марка сплаву пластини ISCAR IC328.

Для виконання технологічного переходу приймаємо наступні режими різання: швидкість різання $V = 90$ м/хв; подача $S = 0.1$ мм/об; глибина різання $t = 1.25$ мм.

Визначимо частоту обертання шпинделя n , за виразом (2.1), при цьому отримаємо:

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{3.14 \cdot 31} = 924 \text{ хв}^{-1}$$

де $D = 31$ мм – найбільший оброблюваний діаметр.

По паспорту верстата приймаємо $n = 800 \text{ хв}^{-1}$.

Тоді фактичне значення швидкості різання буде становити:

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 31 \cdot 800}{1000} = 78 \text{ м/хв}$$

Перехід 3.

На даному технологічному переході передбачається точіння поверхонь до $Ra = 6,3$ мкм за два проходи. При цьому використовується різець канавочно-прохідний SCHL 16-6B із пластиною твердого сплаву SCIL 6B/F-EL000. Марка сплаву пластини ISCAR IC328.

Для виконання технологічного переходу приймаємо наступні режими різання: швидкість різання $V = 70$ м/хв; подача $S = 0.1$ мм/об; глибина різання $t = 2.69$ мм.

Визначимо частоту обертання шпинделя n , за виразом (2.1), при цьому отримаємо:

$$n = \frac{1000 \cdot 70}{3.14 \cdot 37.38} = 596 \text{ хв}^{-1}$$

де $D = 31$ мм – найбільший оброблюваний діаметр.

По паспорту верстата приймаємо $n = 500 \text{ хв}^{-1}$.

Тоді фактичне значення швидкості різання буде становити:

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 37.38 \cdot 500}{1000} = 58.7 \text{ м/хв}$$

Перехід 4.

На даному технологічному переході передбачається чистове точіння заготовки з наступним підрізуванням торця й зняття фаски за один прохід до $Ra = 3,2$ мкм, залишаючи припуск на наступне тонке точіння. При цьому використовується різець підрізний PCLNR 2020K-12 із пластиною твердого сплаву CCMT09T304-SM. Марка сплаву пластини ISCAR IC570.

Для виконання технологічного переходу приймаємо наступні режими різання: швидкість різання $V = 160$ м/хв; подача $S = 0.15$ мм/об; глибина різання $t = 0.5$ мм.

Визначимо частоту обертання шпинделя n , за виразом (2.1), при цьому отримаємо:

$$n = \frac{1000 \cdot 160}{3.14 \cdot 37.38} = 1360 \text{ хв}^{-1}$$

де $D = 37.38$ мм – найбільший оброблюваний діаметр.

По паспорту верстата приймаємо $n = 1250 \text{ хв}^{-1}$.

Тоді фактичне значення швидкості різання буде становити:

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 37.38 \cdot 1250}{1000} = 147 \text{ м/хв}$$

Перехід 5.

На даному технологічному переході передбачається тонке точіння заготовки за один прохід до $Ra = 2,5$ мкм. При цьому використовується різець підрізний PCLNR 2020K-12 із пластиною твердого сплаву CCMT09T304-SM. Марка сплаву пластини ISCAR IC8048.

Для виконання технологічного переходу приймаємо наступні режими різання: швидкість різання $V = 250$ м/хв; подача $S = 0.08$ мм/об; глибина різання $t = 0.125$ мм

Визначимо частоту обертання шпинделя n , необхідну для досягнення необхідної швидкості різання, по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot 250}{3.14 \cdot 36.92} = 2155 \text{ хв}^{-1}$$

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

де $D = 36.92$ мм – найбільший оброблюваний діаметр.

По паспорту верстата приймаємо $n = 2000$ хв⁻¹.

Визначимо частоту обертання шпинделя n , за виразом (2.1), при цьому отримаємо:

$$V_{\phi} = \frac{3.14 \cdot 36.92 \cdot 2000}{1000} = 232 \text{ м/хв}$$

На наступному кроці необхідно здійснити перевірку на потужність різання по лімітуючому переходу. Таким є величина потужності при чорновому точінні.

При цьому повинна виконуватися умова:

$$P_{\text{необх}} \leq P_{\text{ед}} \quad (2.3)$$

де, $P_{\text{необх}}$ - значення необхідної потужності;

$P_{\text{ед}}$ – значення потужність електродвигуна верстата, за його паспортом.

$$P_{\text{ед}} = P_{\text{ед max}} \cdot \eta \quad (2.4)$$

де, $P_{\text{ед max}}$ – максимальна потужність електродвигуна ($P_{\text{ед max}} = 11$ кВт);

η - коефіцієнт корисної дії верстата ($\eta = 0.8$).

$$P_{\text{ед}} = 11 \cdot 0.8 = 8.8 \text{ кВт}$$

Тоді розрахункове (необхідне) значення потужності різання визначаємо за формулою:

$$P_{\text{необ}} = \frac{P_z \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60} \quad (2.5)$$

де, P_z – сила різання.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.6)$$

В даному виразі використовуються коефіцієнти, що стосуються конкретних умов обробки: $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0.75$; $n = 0.15$; $K_p = 0.85$.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0.45^{0.75} \cdot 68.4^{-0.15} \cdot 0.85 = 1468 \text{ Н}$$

$$P_{\text{необ}} = \frac{1468 \cdot 68.4}{1020 \cdot 60} = 1.62 \text{ кВт}$$

Оскільки $1.62 \text{ кВт} \leq 11 \text{ кВт}$ то умова $P_{\text{необх}} \leq P_{\text{ед}}$ - виконується.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір та обґрунтування структурно-кінематичної схеми верстата

Здійснюючи проектування конструкції верстату спочатку необхідно розробити його структурно-кінематичну схему. Така схема дозволить врахувати формоутворюючі рухи, які повинно забезпечити обладнання для обробки конкретної деталі. Раніше ми провели аналіз деталі «Гвинт БРД 210124» та визначили набір необхідних формоутворюючих рухів.

Розглянемо можливість обробки даної деталі на токарному верстаті та виконання на ньому операцій 015 та 020 згідно запропонованого ТП.

Деталь повинна здійснювати обертовий рух, це повинен забезпечити кінематичний ланцюг (КЛ) приводу головного руху. Даний КЛ буде мати в своєму складі електродвигун M_1 та коробку швидкостей, яка має можливість забезпечити зміну частоти обертання приводу (див. рис. 3.1).

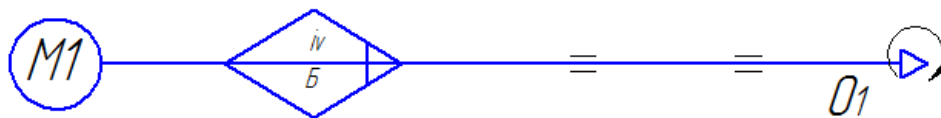


Рис. 3.1. КЛ приводу головного руху

Обробка деталі передбачає виконання операції повздовжнього точіння, на токарному верстаті для цього використовується поздовжній супорт. Загальний вигляд КЛ приводу повздовжнього переміщення супорту приведена на рис. 3.2. Даний КЛ містить кроковий двигун M_2 та передачу гвинт-гайка кочення.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ				
					КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Марич Д.І.								
Перевір.	Склярів Р.А.								
Реценз.									
Н. Контр.	Кодельник В. Р.								
Затверд.	Крцпа В.В.				ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль				
					Літ.	Арк.	Аркушів		
						36	15		

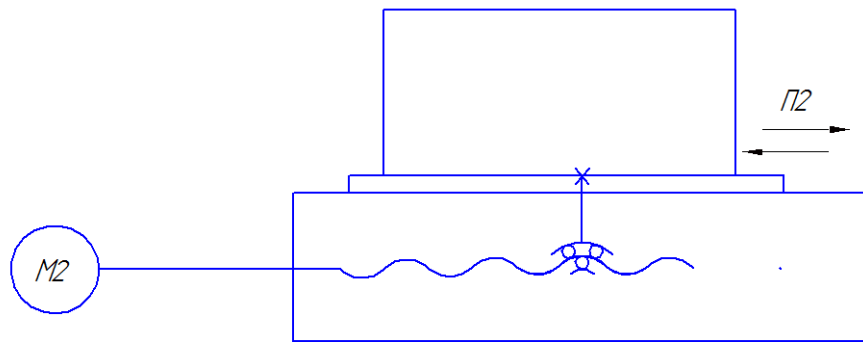


Рис. 3.2. КЛ приводу повздовжнього переміщення супорта

При обробці деталі «Гвинт БРД 210124» обладнання повинне забезпечити поперечне переміщення супорта. Для цього використовується КЛ, що складається із крокового двигуна M_3 та гвинтової передачі. На рис. 3.3. приведено схему даного кінематичного ланцюга.

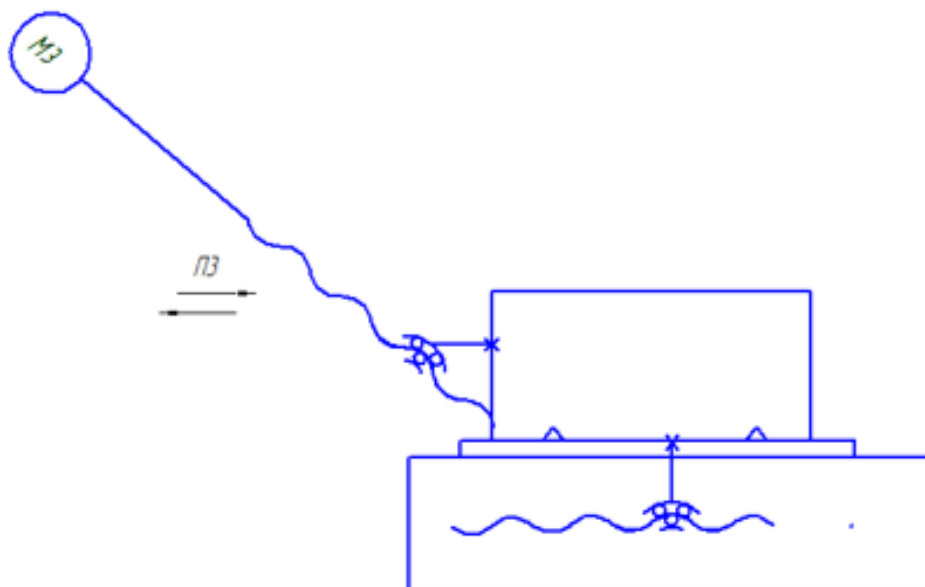


Рис. 3.3. КЛ приводу поперечного переміщення супорта

Також на верстаті повинна бути реалізована можливість обробки деталі з використанням осьового інструменту (операція свердління). Для він повинен мати в своєму складі револьверну головку (РГ), яка може обертатись. Як правило РГ може кріпитися на супорті. КЛ приводу повороту РГ (див. рис. 3.4) містить у своєму складі кроковий двигун M_5 та блок зубчастих коліс.

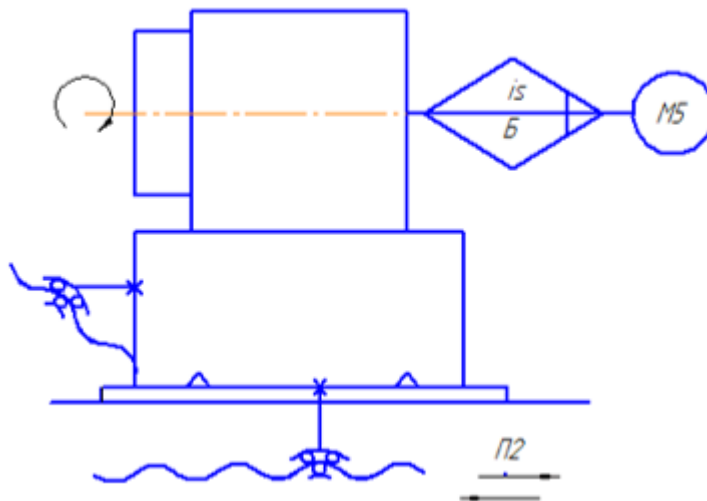


Рис. 3.4. КЛ приводу повороту РГ

Використання в РГ обертового інструменту вимагає наявності для цього спеціального приводу. На рис. 3.5 приведено КЛ приводу, який забезпечує обертовий рух інструменту в РГ, яка кріпиться на хрестовому супорті. Такий КЛ складається із крокового двигуна M_4 та блоку зубчастих коліс.

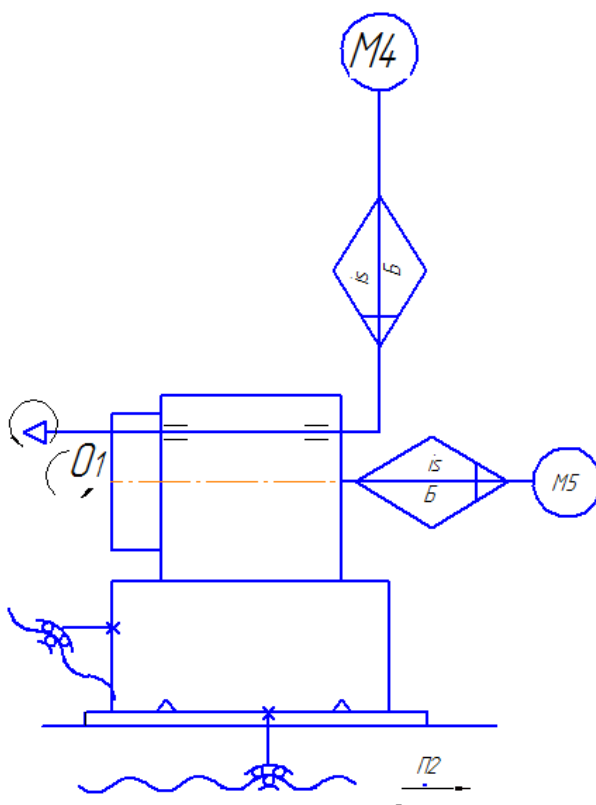


Рис. 3.5. КЛ приводу обертового руху інструменту в РГ

Оскільки оброблювана деталь «Гвинт БРД 210124» характеризується відношенням $l/d = 12,2$, то для її обробки необхідно щоб верстат мав у своєму складі піноль задньої бабки. КЛ пінолі (див. рис. 3.6) містить кроковий двигун M_6 та передачу гвинт-гайка кочення.

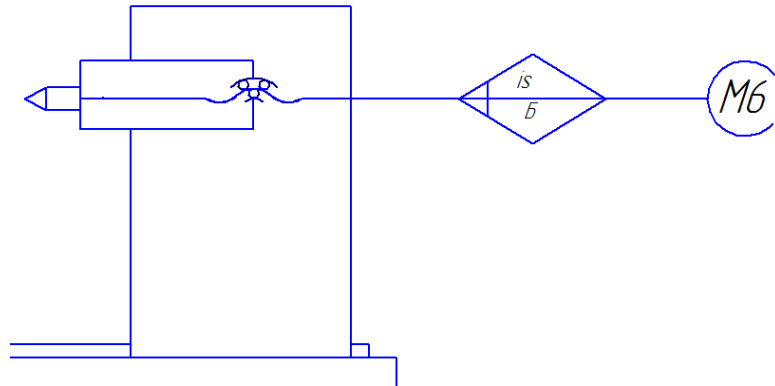


Рис. 3.6. КЛ приводу пінолі задньої бабки

На підставі розроблених та запропонованих вище КЛ розробляємо узагальнену структурно-кінематичну схему верстату (див. рис. 3.7).

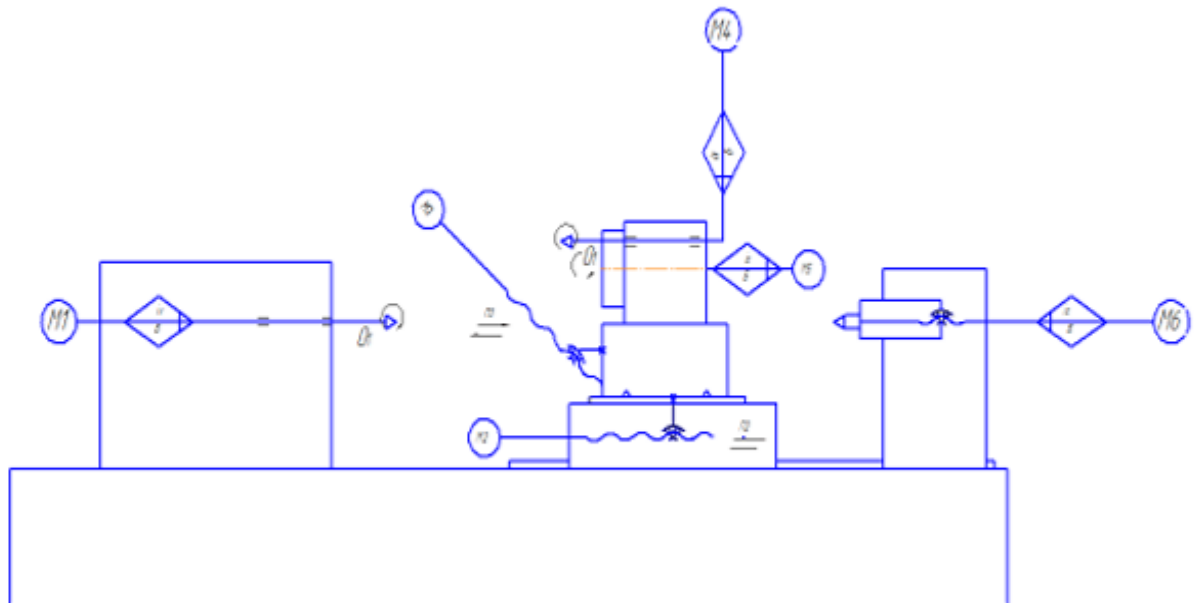


Рис. 3.7. Запропонована структурно-кінематична схема верстату

3.2 Розробка кінематичної схеми верстату

3.2.1 Розрахунок граничних частот обертання шпинделя верстата

В сучасних верстатах з ЧПК, як правило, використовують двигуни постійного струму, для яких застосовується безступеневе регулювання. Це дозволяє не тільки підвищити продуктивність обробки (за рахунок використання оптимальних режимів різання), але й плавність регулювання швидкості в процесі роботи. Система ЧПК дозволяє керувати приводом верстату в автоматичному режимі. Також така схема дозволяє значно спростити механічну частину приводу. Перебір зубчастих коліс необхідний при частоті обертання приводу в межах від 20 до 500 об/хв.

На початковому етапі спочатку обираємо двигун для приводу. В каталогах електродвигунів знаходимо модель, яка дозволяє працювати із постійною потужністю в діапазоні частот від 1000 до 6500 об/хв.

Щоб визначити діапазон регулювання приводу необхідно мати значення верхньої та нижньої межі чисел обертів шпинделя. Їх визначають на основі максимальної та мінімальної швидкостей різання (вони будуть залежати від оброблюваного матеріалу, режимів різання та діаметру, на якому відбувається обробка).

Так значення швидкості різання при повздовжньому точінні визначається за виразом [18]:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v \quad (3.1)$$

де C_v , T , m , x , y – табличні показники, вони залежать від матеріалу обробки та її виду (чорнова, чистова);

T – значення стійкості інструменту, хв;

t – рекомендоване значення глибини різання;

K_v – коефіцієнт, що враховує швидкість обробки.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Оскільки на верстаті може оброблятися деталь із різного матеріалу (різного виду сталі, чавуни, кольорові метали), то розглянемо варіанти їх чорнової обробки та чистової обробки.

Вихідними параметрами для виконання розрахунку є режими різання, стійкість інструменту та діаметр оброблюваної деталі.

Прийняті значення коефіцієнтів та результати розрахунків при чорновій обробці приведені в табл. 3.1, а при чистовій – відповідно табл. 3.2.

Таблиця 3.1. Результати розрахунку швидкості при чорновій обробці

Матеріал	C_v	x	y	m	D_{max}	t	S	T	K_v	V_{min}
сталь	340	0.15	0.45	0.2	400	3.0	1.0	80	1.0	91.82
чавун	243	0.15	0.4	0.2	400	3.0	1.0	80	1.15	75.47
силумін	328	0.12	0.5	0.28	400	3.0	1.0	80	0.45	29.02

Таблиця 3.2. Результати розрахунку швидкості при чистовій обробці

Матеріал	C_v	x	y	m	d_{min}	t	S	T	K_v	V_{max}
сталь	420	0.15	0.2	0.2	25	0.65	0.15	80	1.0	208.52
чавун	292	0.15	0.2	0.2	25	0.65	0.15	80	1.15	166.71
силумін	485	0.12	0.25	0.28	25	0.65	0.15	80	0.45	82.83

Для подальших розрахунків приймаємо найменшу та найбільшу розрахункову швидкість різання:

$$V_{min} = 29.02 \text{ м/хв}$$

$$V_{max} = 208.52 \text{ м/хв}$$

Для розрахунку значення верхньої та нижньої меж чисел обертів шпинделя скористаємось виразами:

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot V_{max}}{\pi \cdot d_{min}}$$

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot V_{min}}{\pi \cdot D_{max}} \quad (3.2)$$

Провівши відповідні розрахунки отримаємо:

					<i>КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ</i>					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						41

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot 29.02}{3.14 \cdot 400} = 23.09 \text{ об/хв}$$

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot 208.52}{3.14 \cdot 25} = 2654.61 \text{ об/хв}$$

У відповідно до вимог Нормалі Н II-I, найближче стандартне значення мінімальної та максимальної кількості обертів шпинделя буде становити:

$$n_{min} = 25 \text{ об/хв}$$

$$n_{max} = 2500 \text{ об/хв}$$

Оскільки обробка буде проходити на токарному верстаті, то для нього приймаємо значення знаменника ряду геометричної прогресії $\varphi = 1.26$.

3.2.2 Розрахунок діапазону регулювання приводу верстату

Для приводу головного руху обираємо двигун компанії SIEMENS моделі 1PH7 131 NF, який характеризується наступними параметрами:

- значення номінальної потужності $P_{ном} = 11 \text{ кВт}$;
- значення номінального крутного моменту $M_{кр.ном} = 70 \text{ Н} \cdot \text{м}$;
- значення номінальної кількості обертів двигуна $n_{дв.ном} = 500 \text{ об/хв}$;
- значення максимальної кількості обертів двигуна $n_{дв.макс} = 6700 \text{ об/хв}$.

Для таких двигунів застосовують тиристорну систему керування з двозонним регулюванням. Регулювання може відбуватися при постійному моменті $R_{дм}$ та постійній потужності $R_{др}$. Також при цьому є власний діапазон регулювання механічної коробки швидкостей R_M .

Згідно загальноприйнятої методики загальна величина приводу визначається за виразом:

$$R_d = R_{дм} \cdot R_{др} \quad (3.3)$$

Величину діапазону регулювання приводу можна розрахувати:

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$R = R_d \cdot R_M = R_{dM} \cdot R_{dP} \cdot R_M \quad (3.4)$$

Тоді провівши підстановку отримаємо:

$$R_M = R/R_d \quad (3.5)$$

Існує два способи регулювання частоти обертання шпинделя, а саме при постійному крутному моменті або при постійній потужності:

$$R_P = R_{dP} \cdot R_M \quad (3.6)$$

Для визначення діапазону регулювання приводу скористаємось виразом:

$$R_{II} = \frac{n_{max}}{n_{min}} \quad (3.7)$$

Підставивши раніше розраховані частоти обертання отримаємо:

$$R_{II} = \frac{2500}{25} = 100$$

Далі слід визначити діапазон регулювання двигуна з $N = const$:

$$R_{\partial\partial}^N = \frac{n_{\partial\partial}^{max}}{n_{\partial\partial}^{ном}} \quad (3.8)$$

Підставивши прийняті значення отримаємо:

$$R_{\partial\partial}^N = \frac{6700}{500} = 13.4$$

Виходячи з умови, що $R_{\partial\partial}^N < R_{II}$, для забезпечення потрібного діапазону регулювання, приймаємо ступеневу структуру коробки швидкостей, яка буде містити як електричну, так і механічну частини:

$$R_{II} = R_{\partial\partial}^N \cdot R_{cm} \quad (3.9)$$

Зробивши підстановки можемо визначити діапазон регулювання механічної частини:

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$R_{cm} = \frac{R_{II}}{R_{\partial\delta}^N} \quad (3.10)$$

$$R_{ст} = \frac{100}{13.4} = 7.463$$

$$R_{ст} = 7,463$$

При цьому найбільший діапазон однієї ступеневої групи знаходиться в межах:

$$R_{ст}^{max} \leq \frac{i_{max}}{i_{min}}$$

де i_{max} та i_{min} – відповідно найбільші та найменші передаточні відношення у групі передач.

$$R_{ст}^{max} \leq \frac{i_{max}}{i_{min}} = \frac{2}{1/4} = 8$$

Структура приводу буде мати дві групи регулювання, а саме:

$$R_{cm} = R_{cm}^I \cdot R_{cm}^{II}.$$

Далі визначаємо загальну структуру приводу:

$$R_{II} = R_{\partial\delta}^N \cdot R_{ep}^I \cdot R_{ep}^{II} \quad (3.11)$$

Для визначення кількості швидкостей ступеневої структури слід скористатися виразом:

$$z_{cm} = \frac{\lg R_{II}}{\lg R_{\partial\delta}^N} \quad (3.12)$$

$$z_{ст.р} = \frac{\lg 100}{\lg 13.4} = 1.774$$

Заокруглимо $z_{ст.р}$ до найближчого цілого числа.

$$z_{ст.р} = 2$$

Згідно методики проектування визначаємо число інтервалів $lg \varphi$, які перетинають промені на графіку частот обертання:

$$c = \frac{lg R_D}{lg \varphi} \quad (3.13)$$

$$c = \frac{lg 13.4}{lg 1.26} = 11.23$$

Прийmemo $c = 11$.

Визначимо число інтервалів $lg \varphi$ для групи ступеневого регулювання:

$$K_m = \frac{lg R_{cm}}{lg \varphi} \quad (3.14)$$

$$K_m = \frac{lg 7.463}{lg 1.26} = 8.697$$

Приймаємо $K_m = 9$.

Тоді значення фактичного діапазону регулювання коробки швидкостей буде становити:

$$R_{\phi.k.} = \varphi^{K_m} \quad (3.15)$$

$$R_{\phi.k.} = 1.26^9 = 8.005$$

Знайдемо фактичне значення діапазону регулювання приводу:

$$R_{\phi.n.} = R_D \cdot R_{\phi.k.} \quad (3.16)$$

$$R_{\phi.n.} = 13.4 \cdot 8.005 = 107.3$$

Приймаємо: $R_{\phi.n.} = 107$

Знайдемо число інтервалів K_1 між значенням максимальної частоти обертання і максимальною частотою обертання двигуна:

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$K_1 = \frac{\lg(n_{\text{дв.маx}}/n_{\text{шп.маx}})}{\lg(\varphi)} \quad (3.17)$$

$$K_1 = \frac{\lg(6700/500)}{\lg 1.26} = 4.266$$

Також знайдемо число інтервалів K_2 між максимальною і мінімальною частотами обертання шпинделя:

$$K_2 = \frac{\lg(R_{\phi.n.})}{\lg(\varphi)} \quad (3.18)$$

$$K_2 = \frac{\lg 107}{\lg 1.26} = 19.92$$

Для подальших розрахунків приймаємо:

$$K_1 = 5$$

$$K_2 = 20$$

Тоді

$$K_{\text{заг}} = K_1 + K_2 = 5 + 20 = 25$$

На основі нормалі Н11 – 1 «Нормальні ряди чисел у верстатобудуванні» приймаємо стандартний ряд частот обертання (хв^{-1}): 8000; 6300; 5000; 4000; 3150; 2500; 2000; 1600; 1250; 1000; 800; 630, 500, 400; 315; 250; 200; 160; 125; 100; 80; 63; 50; 40; 31,5; 25; 20; 16; 12.5 та будуємо графік частот обертання, його приведено на рис. 3.8.

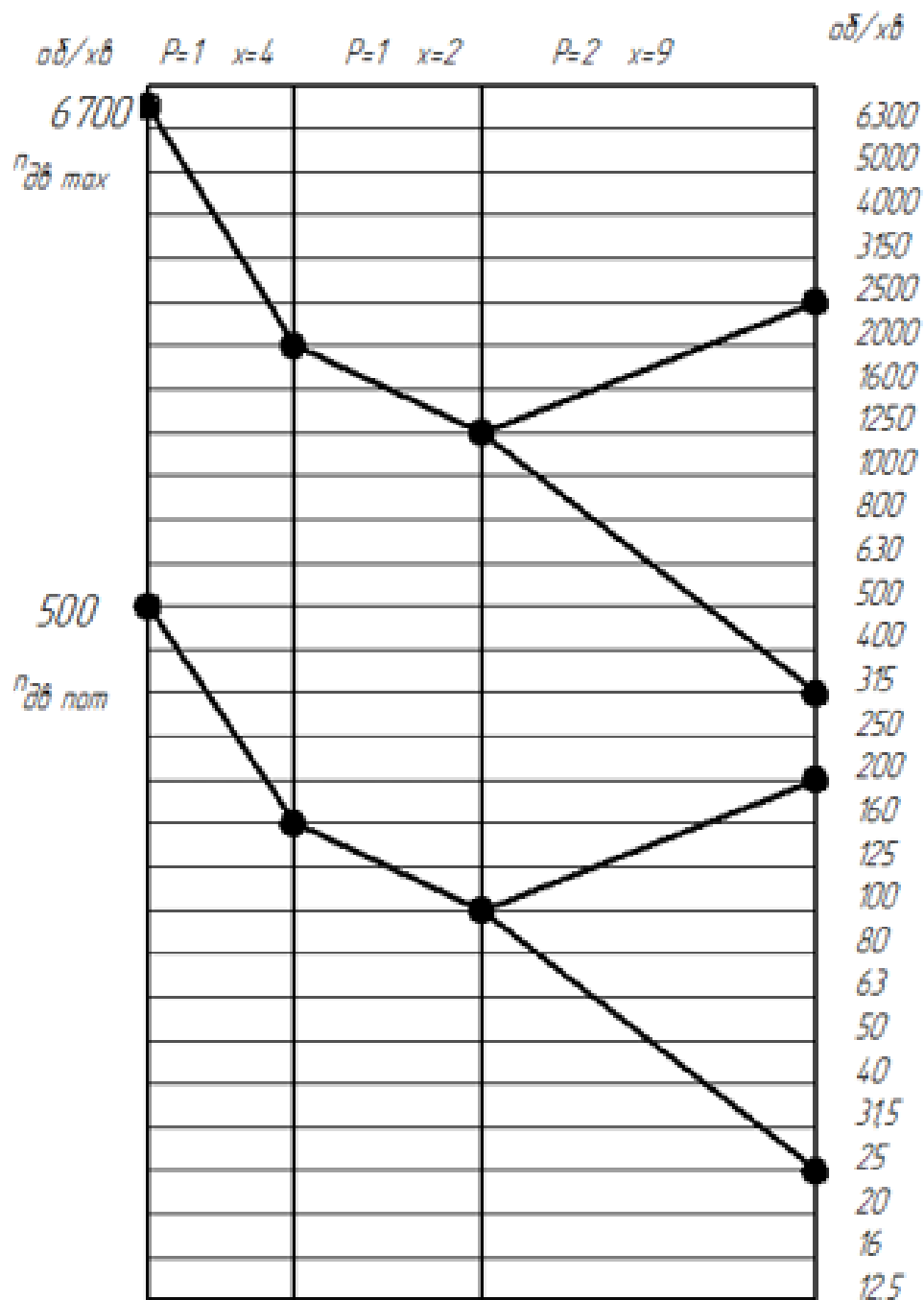


Рис. 3.8. Графік чисел обертів

3.2.3 Розрахунок передаточних відношень та чисел зубів передач

Маючи графік чисел обертів знаходимо передаточні відношення пар зубчастих коліс. В коробці будуть понижуючі передачі та передачі прискорення.

Для понижуючих передач передаточне відношення:

$$U = \frac{1}{\varphi^x}$$

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

Для передач прискорення:

$$U = \varphi^x$$

де x – число клітинок, на яке піднявся відповідний промінь.

Для приведенного на рис. 3.8. графіка чисел обертів маємо:

$$\begin{aligned} U_0 &= \frac{D_1}{D_2} = \frac{1}{\varphi^5} \\ U_1 &= \frac{Z_1}{Z_2} \\ U_2 &= \frac{Z_3}{Z_4} \\ U_3 &= \frac{Z_5}{Z_6} \end{aligned} \quad (3.19)$$

Визначаємо передаточні числа по окремих ланках становлять:

- для пасової передачі: $i_0 = 3.18$;
- для першої (понижуючої передачі): $i_1 = 1.59$;
- для другої (передачі прискорення): $i_2 = 2.0$;
- для третьої (понижуючої передачі): $i_3 = 4.0$;

Після визначаємо числа зубів окремих пар зубчатих коліс. Приймаємо, що модуль усіх зубчастих коліс групи однаковий, а міжосьова відстань є незмінною. Звідси отримаємо:

$$\begin{cases} Z_3 + Z_4 = Z_5 + Z_6 = \sum Z \\ \frac{Z_3}{Z_4} = U_2; \quad \frac{Z_5}{Z_6} = U_3. \end{cases} \quad (3.20)$$

Враховуючи передаточне відношення, та прийняте для розрахунків значення: $Z_5 = 18$, при $\sum Z = 90$, отримаємо:

$$Z_5 + Z_6 = 90$$

$$Z_6 = 72$$

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$Z_3 + Z_4 = 90$$

$$Z_3 = 60$$

$$Z_4 = 30$$

Для першого валу $\sum Z = 80$.

$$Z_1 + Z_2 = 80$$

$$Z_1 = 31$$

$$Z_2 = 49$$

3.2.4 Геометричний розрахунок зубчастих коліс приводу головного руху

Для приводу головного руху приймаємо значення модуля зубчастої передачі $m = 4$. Використовуючи спеціальний он-лайн калькулятор [27] проведемо геометричний розрахунок зубчастих коліс. Так на рис. 3.9 приведено результати розрахунку передачі із числом зубів Z_5 та Z_6 .

Module m :	4	Tooth Thickness at Tip (mm):	2.727 mm
Teeth z :	18	Tooth Thickness at Base (mm):	6.913 mm
Pressure Angle α (°):	20.0	Outside (Tip) Diameter d_a (mm):	80.00 mm
Profile Shift Coefficient (-0.9 to 0.9):	0.0	Base Diameter (mm):	67.658 mm
Include a central bore:	☒	Tooth Angular Pitch (°):	20.000 °
Bore Diameter (mm):	40 mm	Tip & Root Clearance c (mm):	1.00 mm
Include a keyway:	☒	Show Root Circle(s):	☒
Keyway Size (mm):	3.0 mm	Show Pitch Circle(s):	☒
Tooth Depth h (mm):	9.00 mm	Show Outer Circle(s):	☒
Addendum h_a (mm):	4.00 mm	Show Base Circle(s):	☒
Dedendum h_f (mm):	5.00 mm	Primary Gear DXF:	Download
Tooth Pitch p (mm):	12.566 mm	Primary Gear SVG:	Download
Tooth Thickness s_0 (mm):	6.28 mm	Show Meshing Gear:	☒
Pitch Circle Diameter d (mm):	72.00 mm	Meshing Gear Teeth z :	72
Circular Pitch CP (mm):	12.566 mm	Centre Distance (mm):	180 mm
Root Diameter d_f (mm):	62.00 mm	Ratio:	1:4

Рис. 3.9. Результати розрахунків для вітки 18: 72

Проведемо розрахунок для вітки 31: 49, його результати приведені на рис.

3.10.

Module m :	4	Tooth Thickness at Tip (mm):	2.961 mm
Teeth z :	31	Tooth Thickness at Base (mm):	7.641 mm
Pressure Angle α (°):	20.0	Outside (Tip) Diameter d_a (mm):	132.00 mm
Profile Shift Coefficient (-0.9 to 0.9):	0.0	Base Diameter (mm):	116.522 mm
Include a central bore:	☒	Tooth Angular Pitch (°):	11.613 °
Bore Diameter (mm):	40 mm	Tip & Root Clearance c (mm):	1.00 mm
Include a keyway:	☒	Show Root Circle(s):	☒
Keyway Size (mm):	3.0 mm	Show Pitch Circle(s):	☒
Tooth Depth h (mm):	9.00 mm	Show Outer Circle(s):	☒
Addendum h_a (mm):	4.00 mm	Show Base Circle(s):	☒
Dedendum h_f (mm):	5.00 mm	Primary Gear DXF:	Download
Tooth Pitch p (mm):	12.566 mm	Primary Gear SVG:	Download
Tooth Thickness s_0 (mm):	6.28 mm	Show Meshing Gear:	☒
Pitch Circle Diameter d (mm):	124.00 mm	Meshing Gear Teeth z :	49
Circular Pitch CP (mm):	12.566 mm	Centre Distance (mm):	160 mm
Root Diameter d_f (mm):	114.00 mm	Ratio:	31:49

Рис. 3.10. Результати розрахунків для вітки 31: 49

Здійснимо розрахунок для вітки 60: 30, його результати приведені на рис.

3.11.

Module m :	4	Tooth Thickness at Tip (mm):	3.143 mm
Teeth z :	60	Tooth Thickness at Root (mm):	8.849 mm
Pressure Angle α (°):	20.0	Outside (Tip) Diameter d_a (mm):	248.00 mm
Profile Shift Coefficient (-0.9 to 0.9):	0.0	Base Diameter (mm):	225.526 mm
Include a central bore:	☒	Tooth Angular Pitch (°):	6.000 °
Bore Diameter (mm):	40 mm	Tip & Root Clearance c (mm):	1.00 mm
Include a keyway:	☒	Show Root Circle(s):	☒
Keyway Size (mm):	3.0 mm	Show Pitch Circle(s):	☒
Tooth Depth h (mm):	9.00 mm	Show Outer Circle(s):	☒
Addendum h_a (mm):	4.00 mm	Show Base Circle(s):	☒
Dedendum h_f (mm):	5.00 mm	Primary Gear DXF:	Download
Tooth Pitch p (mm):	12.566 mm	Primary Gear SVG:	Download
Tooth Thickness s_0 (mm):	6.28 mm	Show Meshing Gear:	☒
Pitch Circle Diameter d (mm):	240.00 mm	Meshing Gear Teeth z :	30
Circular Pitch CP (mm):	12.566 mm	Centre Distance (mm):	180 mm
Root Diameter d_f (mm):	230.00 mm	Ratio:	2:1

Рис. 3.11. Результати розрахунків для вітки 60: 30

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Життєзабезпечення населення при НС

Організація життєзабезпечення населення в екстремальних умовах здійснюється комплексом заходів, спрямованих на створення й підтримку нормальних умов життя, працездатності людей та їхнього здоров'я [19].

Ці заходи включають:

- керівництво діяльністю робітників та службовців, усього населення при загрозі й виникненні НС;
- захист населення й територій від наслідків аварій, катастроф, стихійних лих;
- забезпечення населення питною водою, продуктами харчування й предметами першої необхідності;
- захист продуктів, фуражу, водних джерел від радіаційного, хімічного та бактеріологічного зараження (забруднення);
- забезпечення житлом і роботою;
- комунально-побутове обслуговування;
- медичне обслуговування;
- навчання населення способам захисту й діям в умовах НС;
- розробку та своєчасне введення режимів діяльності в умовах НС;
- санітарну обробку;
- знезаражування території, споруд, транспорту, устаткування, сировини, матеріалів і готової продукції;

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Марич Д.І.			БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ		
Перевір.		Окіпний І.Б.					
Реценз.							
Н. Кантр.		Кабельник В. Р.					
Затверд.		Крцпа В.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						51	6
					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль		

- підготовку сил і засобів для ведення РіІНР у районах стихійного лиха й осередках ураження;
- забезпечення населення інформацією про характер і рівень небезпеки, порядку поведінки в умовах НС;
- морально-психологічну підготовку й заходи щодо підтримки психологічної стійкості людей в екстремальних умовах;
- заходи щодо запобігання несприятливих екологічних наслідків НС.

4.2 Оцінка стійкості роботи об'єкта господарювання в надзвичайних ситуаціях

В результаті оцінки стійкості підприємства у можливих надзвичайних ситуаціях розробляються необхідні науково обґрунтовані інженерно-технічні заходи.

Оцінка рівня стійкості об'єкта проводиться робочими групами, до яких залучають головних спеціалістів (головного інженера, головного технолога) під загальним керівництвом начальника ЦЗ об'єкта та штабу ЦЗ. При оцінці стійкості об'єкта користуються відповідною нормативно-технічною документацією.

На об'єкті досліджують стан:

- технологічного процесу;
- верстатного та технологічного обладнання;
- будівель та споруд;
- управління виробництвом;
- підготовленості персоналу;
- забезпечення засобами захисту;
- матеріально-технічного постачання і транспорту;
- комунально-енергетичних мереж.

					<i>КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Основними завданнями оцінки стійкості об'єкта господарювання є визначення:

- стійкості будинків, споруд, технологічного та іншого устаткування, наземних і підземних комунікацій при дії на них факторів надзвичайних ситуацій, у т. ч. води, тиску повітряних потоків;
- стану пожежної безпеки будинків та споруд;
- умов постачання енергії, води, сировини, матеріалів та інструментів;
- можливості роботи об'єкту в умовах радіоактивного, хімічного забруднення;
- величини можливих збитків, завданих при виникненні надзвичайних ситуацій, та величини відшкодувань, якщо причиною НС стало підприємство;
- можливості та доцільності відновлення об'єкту залежно від ступеня його руйнування.

Після проведення оцінки стійкості розробляються заходи, які необхідно провести на об'єкті з метою підвищення стійкості його роботи в умовах надзвичайних ситуацій. При розробці заходів виходять з результатів всебічного дослідження об'єкта усіма групами фахівців. Заходи повинні бути максимально ефективними при мінімальних затратах, тому в першу чергу увагу звертають на найбільш уразливі місця об'єкта. Заходи щодо підвищення стійкості об'єднують у єдиний план удосконалення виробничого процесу, реконструкції та капітального ремонту об'єкта.

4.3 Причини травматизму в машинобудуванні

Для машинобудування визначено чотири основних причини травматизму [17]:

1). організаційні:

- відсутність чи неякісне проведення інструктажу та навчання;
- відсутність проекту робіт, інструкцій з охорони праці;
- недостатній контроль з охорони праці;

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

- незадовільна організація й утримання робочих місць;
- порушення правил безпеки руху, а також технічної та лінійної експлуатації транспорту.

2). технічні:

- невідповідність нормам безпеки конструкцій технологічного обладнання і підйомно-транспортних пристроїв, технологічного оснащення, ручного інструменту;
- невідповідність конструкції обладнання ергономічним вимогам;
- неправильний вибір обладнання та оснащення, транспортних засобів, методів та режимів обробки, зборки та транспортування;
- відсутність вказівок про методи і засоби безпечного виконання робіт;
- невиконання термінів планово-попереджувального ремонту, несправність технологічного обладнання, підйомно-транспортних пристроїв, технологічного оснащення, ручного інструменту.

3). санітарно-гігієнічні:

- несприятливі метеорологічні умови;
- висока концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- незадовільні умови освітлення;
- високий рівень шуму та вібрацій;
- наявність шкідливого випромінювання.

4). психофізіологічні:

- здійснення помилкових дій через важкість і напруженість праці, підвищену втомлюваність та зниження уваги;
- монотонні умови праці;
- недостатня професійна підготовка;
- порушення правил виконання робіт, трудової і виробничої дисципліни;
- невідповідність психофізіологічних даних працівника виконуваним роботі чи його хворобливий стан.

4.4 Загальні вимоги по охороні праці під час роботи на металорізальних верстатах

Загальні вимоги безпеки, які пред'являються до металообробних верстатів, визначені державним стандартом, а додаткові вимоги, викликані особливостями їх конструкції та умов експлуатації, вказуються в нормативно-технічній документації на верстати.

Захисні пристрої, огорожувальні зону обробки, повинні захищати працюючого від стружки і змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР). Конструкція захисних пристроїв не повинна обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, а при відкриванні — не забруднювати підлогу змащувально-охолоджувальною рідиною. У всіх випадках кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкривання.

Автомати та напівавтомати обладнають автоматичним блокуванням, що не допускає включення робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може призвести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих верстатів, органів управління, верстатних приладдя і пристосувань, не повинні мати гострих країв і задирок, які можуть травмувати працюючого.

В універсальних токарних і токарно-револьверних верстатах, призначених для обробки заготовок діаметром до 500 мм, час зупинки шпинделя з патроном (без закріпленої заготовки) після виключення не повинен перевищувати 5 с, а у верстатах для обробки заготовок діаметром до 630 мм — 10 с. Цей час для свердлильних верстатів не повинен перевищувати 3 с, для розточних верстатів — 6 с, для універсально-фрезерних — 5 с.

В зубообробних верстатах автоматичне вимкнення руху інструменту та елементів кінематичного ланцюга по закінченні циклу обробки заготовки має відбуватися за час не більше: для зубошевінговальних, зубохонінгувальних і зубонакатних верстатів — 5 с; для зубошліфувальних верстатів, що працюють конусним, профільним, абразивним кругом, — 30 с; для зубошліфувальних верстатів, що працюють черв'ячним кругом, — 40 с.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Складальні одиниці і деталі масою більше 16 кг повинні мати спеціальні пристрої у вигляді припливів, отворів, рим-болтів і т. д., призначені для безпечного підйому і переміщення їх під час монтажу, демонтажу та ремонту обладнання.

На верстатах або автоматичних лініях для установки заготовок масою більше 8 кг, а також інструментів та пристосувань масою більше 20 кг встановлюють підйомні пристрої індивідуального типу. Підйомний пристрій повинен утримувати вантаж в будь-якому положенні, навіть у разі несподіваного припинення подачі електроенергії, масла, повітря. Для установки заготовок масою більше 250 кг належить використовувати внутрішньо-цехові підйомні засоби.

Для токарних верстатів товщина матеріалу захисного пристрою збільшується не менш ніж у два рази при обробці заготовки зі швидкістю різання більш 5 м/с. Оглядові вікна в захисних пристроях (екранах) повинні виготовлятися з прозорого спеціального матеріалу в кілька шарів загальною товщиною не менше 10 мм.

На верстатах свердлильного типу оброблювані вироби встановлюють і закріплюють в лещатах, кондукторах та інших пристосуваннях, надійно укріплених на столі або плиті верстата. Механізм кріплення патронів повинен забезпечувати надійний затиск і точне центрування інструменту. Автоматична лінія по механічній обробці виробів складається з окремих, взаємно пов'язаних верстатів-автоматів.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу вихідних даних на кваліфікаційну роботу, а саме ТП обробки та креслення деталі «Гвинт БРД 210124», здійснено аналіз на технологічність. Дана деталь є технологічною, заготовку отримують методом штампування. Аналіз технологічного процесу показав, що для обробки деталі доцільно використовувати високопродуктивні верстати з ЧПК.

В першому розділі роботи здійснено аналіз, який дозволив визначити необхідний набір формоутворюючих рухів, що мають бути забезпечені технологічним обладнанням.

Також в кваліфікаційній роботі проведено огляд літератури, в якому здійснено аналіз праць вітчизняних фахівців, що стосуються проектування металорізального обладнання, інструментів, які на ньому можуть використовуватись, а також точності обробки.

В технологічному розділі запропоновано раціональний ТП обробки деталі «Гвинт БРД 210124». Запропонована послідовність виконання технологічних операцій забезпечує необхідну точність обробки та сприяє економії допоміжного часу.

Для обробки деталі «Гвинт БРД 210124» проведено вибір різального інструменту, зокрема ми обрали продукцію компанії ISCAR. Весь обраний інструмент оснащений пластинами із твердого сплаву, який дозволяє здійснювати високопродуктивну обробку

Також в даному розділі проведено розрахунок режимів різання на операцію 010. Токарна з ЧПК, та її основні технологічні переходи.

В конструкторській частині розроблено структурно-кінематичну схему проектованого токарного верстату, для якого також здійснено розробку його кінематичної схеми.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Марич Д.І.			ВИСНОВКИ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Склярів Р.А.								57	2
Реценз.								ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль			
Н. Контр.		Кодельник В. Р.									
Затверд.		Крцпа В.В.									

Для даного верстату проведено розрахунок діапазону регулювання приводу, для чого обрано базову модель двигуна, а також тиристорну схему керування з двозонним регулюванням. В роботі розраховані значення коефіцієнтів регулювання та розраховано число інтервалів регулювання. На підставі проведених розрахунків побудовано графік частот обертання шпинделя.

Розробимо конструкцію коробки приводу головного руху, для цього визначаємо передаточні числа по окремих ланках та приймаємо числа зубців для коліс та шестерень. Проведено геометричний розрахунок зубчастих коліс для приводу головного руху.

В четвертому розділі знайшли висвітлення питання, що стосуються життєзабезпечення населення при виникненні надзвичайних ситуацій, також приведено перелік науково обґрунтованих інженерно-технічних заходів, які необхідно здійснити для оцінки стійкості роботи об'єкта господарювання при їх виникненні.

Також в четвертому розділі розглянуті причини виникнення травматизму в машинобудуванні та приведені загальні вимоги по охороні праці в процесі роботи на металорізальних верстатах.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

1. ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизоване проектування і виготовлення виробів із застосуванням CAD/CAM/CAE-систем : монографія / О. Ф. Тарасов, О. В. Алтухов, П. І. Сагайда, Л. В. Васильєва, В. Л. Аносов. – Краматорськ : ЦТРІ «Друкарський дім», 2017. – 239 с.

2. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. – Львів : Світ, 1996. – 386 с.

3. Гагалюк А. В., Скляров Р. А. Генетичні алгоритми в генеративному дизайні. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175- річчя з дня народження Івана Пулюя, (Тернопіль, 14–15 травня 2020 року), – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2020. – 288 с. - С. 56-57

4. ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSYU1/dstu_7809-2015.pdf.

5. ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої та легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски та допуски [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=97897

6. Карпусь В. Є. Ефективне використання верстатів з ЧПК у авіаційному агрегатобудуванні / В. Є. Карпусь, В. О. Границя. – Харків : ДП ХМЗ «ФЕД», 2009. – 228 с.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
Розроб.		Марич Д.І					
Перевір.		Скляров Р.А.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кодельник В. Р.					
Затверд.		Крцпа В.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						59	4
					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль		

7. Каталог інструментів компанії Iscar [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iscar.com/eCatalog/Search.aspx?lang=HK>.
8. Кобельник В. Р. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів / Кобельник В. Р, Крупа В. В., Тимошенко Н. М. // Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: тези допов. – Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-80.
9. 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.
10. 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.
11. Кривий П. Д., Крупа В. В. (2016). Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки", 1(2(53)). [https://doi.org/10.26642/tn-2010-2\(53\)T.1-C.45-56](https://doi.org/10.26642/tn-2010-2(53)T.1-C.45-56)
12. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.
13. Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А., Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Скляр; під ред. Ю. М. Кузнецова. – Київ : ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
14. Луців І. В. Комп'ютерний аналіз підсистем затиску та самоналагоджувального оснащення для багатолезової обробки адаптивного типу / І. В. Луців, В. Н. Волошин, В. М. Буховець // Науковий Вісник Херсонської державної морської академії, №2 (9) Херсон : 2013, С. 183-190.
15. Луців І. В., Волошин В. Н., Буховець В. М. Комп'ютерне моделювання складових самоналагоджувального комплексного оснащення для токарної обробки // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. – 2012.– Випуск 746. – С.28 – 31.

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

16. 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.

17. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми : Університетська книга, 2011. – 557 с.

18. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ : А.С.К., 2006. 416с.

19. Сисоєнко Н. В., Плахута В. В., Пакушина Л. З. Цивільний захист. Навчально-методичний посібник / Н. В. Сисоєнко, В. В. Плахута, Л. З. Пакушина – Черкаси : 2012. – 308 с.

20. Складання класифікаційних характеристик виробів за класифікатором ЄСКД [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ., які навчаються за спеціальностями 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування», 142 «Енергетичне машинобудування», спеціалізацією «Тепло- і парогенеруючі установки»; спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізаціями «Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів», «Комп'ютерно-інтегровані технології приладів точної механіки», / уклад.: Т. М. Надкернична, О. О. Лебедева. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 116 с.

21. Склярів Р. А., Гагалюк А. В. Використання методу нейронних мереж для прогнозування металорізальних верстатів. Матеріали ХХІ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Тернопіль : ТНТУ, 2019. – 212 с. (Машинознавство та машинобудування). - С. 34

22. Склярів Р. А., Шанайда В. В. Використання багатофункціонального пакету Mathcad при прогнозуванні параметрів металорізальних верстатів. Збірник тез ХVІ наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (5 – 6 грудня 2012 р.). У 2Т. – Тернопіль : ТНТУ, 2012 – Т.2 Матеріалознавство та машинобудування. – 143 с., - С. 69.

23. Склярів Р.А. Четвержук Т. І., Полінкевич Р.М., Редько Р. Г., Системний підхід як основа автоматизації проектування та модернізації токарного

					<i>КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

верстатного обладнання // Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали V міжнар. наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2021 р. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г. М. – 2021. – 436с, - С. 157-159

24. Стенін О. А. Використання сучасних CAD/CAM/CAE/PLM-систем при кризовому паралельному циклі підготовки виробництва / О. А. Стенін, С. В. Лапковський, М. О. Солдатова // Адаптивні системи автоматичного управління : міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2010. – № 17(37). – С. 109–117. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/6920>

25. Четвержук Т. І., Статистичне моделювання технічних характеристик металорізальних верстатів / Четвержук Т. І., Полінкевич Р. М., Редько Р. Г., Залета О. М., Скляр Р. А. // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк : - 2021. Випуск №71, С. 322-329.

26. Шанайда В. В., Кривий П. Д., Кобельник В. Р. Проектування токарних різців. Методичний посібник до виконання практичної та курсової роботи, а також самостійної підготовки студентів з дисципліни «Проектування різальних інструментів» студентами денної та заочної форм навчання. Тернопіль : Вид-во ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 2020. 50 с.

27. Gear Calculator / Generator [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.cgk.co.uk/metalwork/calculators/gears>.

28. Nahalyuk 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.

29. 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.

30. Vitenko T. Features of creating a solid models and assembly operations at CADsystems / Vitenko T., Shanaida V., Drożdziel P., Madlenak R. // 9th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona (Spain), 3rd-5th of July, 2017: IATED Academy, 2017. – P. 7464-7469. – Режим доступу: <https://library.iated.org/view/VITENKO2017FEA>

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ДОДАТКИ

					КРБ 22-364.00.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДОДАТКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Марич Д.І.						
Перевір.		Склярів Р.А.					63	4
Реценз.						ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.		Кодельник В. Р.						
Затверд.		Крцпа В.В.						

Технічні характеристики фрезерно-центрувального напівавтомату
мод. МРТ1-М

Діаметр оброблюваної заготовки, мм	25-125
Довжина оброблюваної заготовки, мм	200-500
Число швидкостей шпинделя фрези	6
Межі чисел обертів шпинделя фрези , об/хв	125-712
Найбільший хід фрезерної головки, мм	220
Межі подач, мм/хв	20-40
Число швидкостей свердлильного шпинделя	6
Межі чисел обертів свердлильного шпинделя, об/хв	238-1125
Хід свердлильної головки, мм	75
Межі робочих подач свердлильної головки, мм/хв	20-300
Тривалість холостих ходів, хв	0,3
Потужність електродвигунів, кВт	
- фрезерної головки	7,5/10
- свердлильної головки	2,2/3
Габарити верстата, мм	
- довжина	3140
- ширина	1630
Категорія ремонтної складності	7

Технічні характеристики токарного верстату з ЧПК 16K20T1

Найменування параметру	16K20T1
Основні параметри верстата	
Тип системи ЧПУ	НЦ-31
Найбільший діаметр виробу, що обробляється над станиною, мм	500
Найбільший діаметр виробу, що обробляється над супортом, мм.	215
Найбільша довжина виробу, що обробляється, мм	1000
Найбільша довжина обробки, мм	900
Найбільший діаметр прутка, що обробляється, мм	53
Шпиндель	
Потужність двигуна головного руху, кВт	11
Кількість робочих швидкостей шпинделя	24
Діаметр отвору в шпинделі, мм	55
Межі чисел оборотів шпинделя, об/хв	10,0...2000
Кількість швидкостей, що автоматично перемикаються	2
Діапазон швидкостей шпинделя, що встановлюється вручну, об/хв	Ряд I – 10...1000 Ряд II – 20...2000
Центр шпинделя передньої бабки за ГОСТ 13214-67	7032 - 0043 Морзе №6
Центр пінолі задньої бабки за ГОСТ 13214-67	7032 - 0045 Морзе №5
Кінець шпинделя за ГОСТ 12593-72	6К
Найбільший крутний момент на шпинделі, Нм	1000
Граничний діаметр свердління по сталі/чавуну, мм	25/28
Подача	
Найбільше переміщення супорта поздовжнє/поперечне, мм	900/250
Максимальна швидкість поздовжньої/поперечної робочої подачі, м/хв.	2,0/1,0
Межі кроків різьб, що нарізаються, мм	0,01...40,959
Діапазон швидкостей поздовжніх подач, мм/хв.	0,01...2,8
Діапазон швидкостей поперечних подач, мм/хв.	0,005...1,4
Швидкість швидких поздовжніх/поперечних ходів, м/хв.	6/ 5
Дискретність поздовжнього/поперечного переміщення	0,01/0,005
Кількість позицій на поворотній резцетримці (кількість інструментів у револьверній головці)	6
Електроустаткування. Привід	
Кількість електродвигунів на верстаті	5
Електродвигун приводу головного руху, кВт	11
Електродвигун приводу поздовжніх подач, кВт	2,2
Електродвигун приводу поперечних подач, кВт	1,1
Електродвигун револьверної головки, кВт	-
Електродвигун станції мастила каретки, кВт	0,12
Електродвигун станції мастила шпиндельної бабки, кВт	-
Електродвигун насоса охолодження, кВт	0,12
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	14,54
Сумарна потужність верстата, кВт	24
Габарити та маса верстата	
Маса верстата з ЧПУ, кг	3175 x 1700 x 1700 3800

Технічні характеристики вертикально-свердлильного верстату моделі 2Н135

Найбільший діаметр свердління	50 мм
Віддаль від осі шпинделя до направляючої колони шпинделя	350-1600 мм
Віддаль від нижнього торця шпинделя до робочої поверхні плити	200-1600 мм
Найбільше переміщення свердлильної головки	1000 мм
Число швидкостей шпинделя	21
Частота обертання шпинделя	18-2000 об/хв
Число подач шпинделя	18
Подача шпинделя	0,05-12,50 мм/хв
Потужність електродвигуна приводу головного руху	5,5 кВт
Габаритні розміри:	
довжина	2685 мм
ширина	1028 мм
висота	3390 мм