

(повне найменування вищого навчального закладу)

(назва факультету)

(повна назва кафедри)

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.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Колоді Володимир Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розрахунок та конструювання приводів свердлильного верстату
для обробки отворів діаметром до 12 мм

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

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2024

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

Аналоги конструкцій оробок швидкостей та кулько-гвинтових передач

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

1. Аналітична частина. Характеристика об'єкту виробництва

2. Технологічна частина Технологічний розрахунок

Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки

Інструментальне забезпечення технологічної операції

3. Конструкторська частина Розробка кінематичної схеми верстату

Конструювання вузлів верстату

Розробка конструкції пристрою для механічної обробки

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

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

Кінематична схема верстата – 1 ф.А1

Загальний вигляд верстат – 1 ф.А1

Виконавчі механізми верстата – 2 ф.А1.

Карта налагодження – 1 ф.А1.

Пристосування верстатне – 1 ф.А1.

Калібр скоба – 0,5 ф.А1.

[illegible][illegible]

_____ Колода В.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

 (підпис)

Кобельник В.Р.

 (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Колода В.А. Розрахунок та конструювання приводів свердлильного верстату для обробки отворів діаметром до 12 мм. 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; Тернопіль, 2024 р.

Koloda V.A. Calculation and design of the drilling machine drives for processing holes up to 12 mm in diameter. 133 – Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2024.

В аналітичній частині представлено: аналіз верстатів-аналогів, призначення і сфера застосування базового верстата, основні технічні дані і пристрої верстата. У технологічній частині розроблений прогресивний технологічний процес обробки деталі – «Вал». У конструкторській частині розроблена коробка швидкостей та конструкція механізму подачі шпиндельної бабки верстата. У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Ключові слова: верстат, свердління, коробка швидкостей, механізм подач, кульково-гвинтова передача, шпиндель, свердло, колесо зубчасте.

The analytical part presents: analysis of analog machines, purpose and scope of application of the basic machine, basic technical data and devices of the machine. In the technological part, a progressive technological process of processing the part - "Shaft" - has been developed. In the design part, the gearbox and the design of the mechanism for feeding the spindle headstock of the machine were developed. In the section on labor protection, an analysis of dangerous and harmful production factors was carried out.

Key words: machine tool, drilling, gearbox, feed mechanism, ball-screw transmission, spindle, drill, gear wheel.

ЗМІСТ

	стор
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	8
1.1 Аналіз верстатів-аналогів.....	8
1.2 Вибір базової моделі і обґрунтування принципової конструкції (компонування) верстата і його приводів.....	12
1.3 Види обробки, вироблювані на верстаті.....	14
1.4 Кінематична схема проектного вертикально-свердлильного верстата.....	16
2 Технологічна частина.....	19
2.1 Вивчення службового призначення і конструкції деталі.....	19
2.2 Аналіз конструкції виробу на технологічність.....	20
2.3 Вибір і обґрунтування виду і методу отримання заготовки.....	23
2.4 Аналіз і розробка технологічного процесу обробки деталі	25
2.5 Вибір устаткування і верстатних пристосувань, вибір різального, допоміжного і вимірювального інструментів на операції технологічного процесу	30
2.6 Розробка операційного технологічного процесу	34
2.7 Розрахунок і конструювання пристосування для закріплення деталей і контрольного пристосування.....	37
3 Конструкторська частина.....	42
3.1 Визначення технічних характеристик верстата.....	42
3.2 Вибір двигуна.....	44
3.3 Вибір кінематичної структури і побудова кінематичної схеми приводу.....	45
3.4 Кінематичний розрахунок приводу.....	46

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Колода В.				Зміст	Літ.	Лист	Листів
Перевір.	Кобельник						5	
						ТНТУ, гр.МВ-41		
Н. Контр.	Кобельник							
Затв.	Крупа							

3.5	Перевірочні розрахунки деталей і механізмів приводу.....	49
3.6	Вибір механізму перемикання швидкостей.....	52
3.7	Змащення та охолодження.....	54
3.8	Розрахунок приводу подач.....	55
4	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.....	64
4.1	Небезпечні виробничі фактори.....	65
4.2	Шкідливі виробничі фактори.....	68
	Висновки.....	72
	Перелік посилань.....	73
	Додатки	

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

На металорізальних верстатах або за допомогою машин, виготовлених із застосуванням таких верстатів виробляється дуже широкий спектр продукції. В свою чергу існує багато верстатів, як звичайних з ручним керуванням, так і комп'ютеризованих і роботизованих систем з числовим програмним керуванням. Конструкції металорізальних верстатів змінюються в часі. З'являються нові механізми, розширюються технологічні можливості, підвищуються продуктивність і якість обробки.

Металорізальні верстати повинні відповідати постійно зростаючим вимогам до устаткування: обробляти матеріали різних типів, забезпечувати високу точність і якість обробки; забезпечувати технічну і екологічну безпеку верстатників. Основними напрямками розвитку металорізальних верстатів є: підвищення продуктивності верстатів, підвищення точності обробки на верстатах, гнучкість і можливість переналагодження, підвищення надійності роботи верстатів.

Верстати для виготовлення конкурентоздатної продукції в умовах ринку повинні задовольняти усім переліченим вимогам. Верстатне обладнання повинне ефективно використовуватися на машинобудівних підприємствах, що можливо тільки за умови його ефективної експлуатації.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Колода В.				Вступ	Літ.	Лист
Перевір.	Кобельник						7
Н. Контр.	Кобельник					ТНТУ, гр.МВ-41	
Затв.	Крупа						

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз верстатів - аналогів

Свердлильні верстати призначені для отримання наскрізних і глухих отворів, для чистової обробки (зенкерування, розвертання) отворів, утворених в заготовці яким-небудь іншим способом, для нарізування внутрішніх різьб. Свердлильні верстати використовують в механічних, складальних, ремонтних і інструментальних цехах машинобудівних заводів, а також в ремонтних майстернях, обслуговуючих транспорт, будівництво, сільське господарство. На свердлильних верстатах обробка отворів здійснюється свердлами, зенкерами, розвертками, зенкуваннями і іншими інструментами, нарізання різьби – мітчиками [7, 10 – 20, 25].

Існують наступні типи універсальних свердлильних верстатів: настільно-свердлильні верстати, вертикально-свердлильні одношпиндельні верстати, радіально-свердлильні верстати, багатошпиндельні свердлильні верстати, верстати для глибокого свердління.

Найбільш поширеними в загальному машинобудуванні є вертикально-свердлильні і радіально-свердлильні верстати.

Вертикально-свердлильні верстати відрізняються різноманітністю типорозмірів, мають широку універсальність і тому широко використовуються в одиничному і дрібносерійному виробництвах в усіх галузях промисловості. Вертикально-свердлильні верстати дозволяють виконувати різні роботи по обробці отворів діаметром до 100 мм в заготовках.

У вертикально-свердлильних верстатах головним рухом є обертання шпинделя із закріпленням в ньому інструментом, а рухом подачі - вертикальне

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Колода В.				Аналітична частина		
Перевір.	Кобельник						
Н. Контр.	Кобельник						
Затв.	Крупа				ТНТУ, гр.МВ-41		

переміщення шпинделя.

Оброблювану заготовку встановлюють на столі або безпосередньо на фундаментній плиті, причому співвісність отвору заготовки і шпинделя досягається переміщенням заготовки.

На рисунку 1.1 представлено типове компонування вертикально-свердлильного верстата. На фундаментній плиті 1 змонтована колона 2. У верхній частині колони розташована коробка швидкостей 6, через яку шпинделю з різальним інструментом передають головний обертальний рух. Рух подачі інструмент отримує через коробку подач 5, розташовану в кронштейні 4. Заготовку встановлюють на столі 3. Поєднання осі обертання інструменту із заданою віссю отвору досягається переміщенням заготовки. Коробка швидкостей дозволяє регулювати частоту обертання шпинделя навколо своєї осі, а коробка подач забезпечує установку необхідної швидкості переміщення шпинделя уздовж його осі.

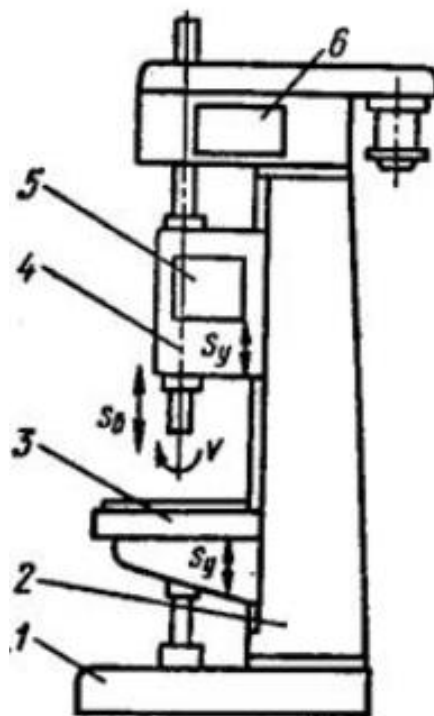


Рисунок 1.1 - Типове компонування вертикально-свердлильного верстата

Для проектованого верстата приймаємо представлене типове

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

компонування.

Нижче представлені верстати-аналоги, вибрані для проектування.

На рисунку 1.2 показаний вертикально-свердильний верстат 2Н118



Рисунок 1.2 - Вертикально-свердильний верстат 2Н118

На рисунку 1.3 показаний вертикально-свердильний верстат 2Н125



Рисунок 1.3 Вертикально-свердильний верстат 2Н125

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Існує багато модифікацій представленої моделі верстата. Модель 2Н125А, в якій розробники спробували автоматизувати процес виконання ряду технологічних операцій. Перед початком обробки деталі оператор верстата може виставити робочі параметри, що здійснюється за допомогою регулювання спеціальних кулачків і маніпуляцій з органами управління устаткування. Після того, як необхідні параметри виставлені, операторові залишається тільки включити верстат і контролювати хід виконання обробки.

Модель 2Н125С дозволяють встановлювати на ньому шпиндельний вузол, в якому передбачено декілька гнізд для фіксації інструменту, що значно підвищує ефективність використання такого пристрою і продуктивність обробки.

На цих вертикально-свердильних верстатах моделі 2Н125Н, згідно з паспортом, встановлюються не лише багатошпиндельні свердильні головки, але і поворотні робочі столи, що значно розширює функціональність цих верстатів і робить роботу на них зручнішою і продуктивнішою.

Робочий стіл вертикально-свердильних верстатів 2Н125К має хрестову конструкцію, рисунок 1.4.



Рисунок 1.4 - Хрестоподібний стіл-лещата, що розміщується на стандартному столі верстата 2Н125

Модель 2Н125Ф2 найбільш високотехнологічна модифікація верстата, оснащена робочою головкою револьверного типу, хрестовим столом.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Управління технологічними процесами обробки здійснюється за допомогою системи ЧПК [2, 3, 7, 20].

На рисунку 1.4 показаний вертикально-свердильний верстат з автоматичною подачею PROMA B - 1832B



Рисунок 1.4 Вертикально-свердильний верстат PROMA B - 1832B

За технічними характеристиками найбільш близьким до проєктованого є верстат моделі 2Н118.

1.2 Вибір базової моделі і обґрунтування принципової конструкції (компонування) верстата і його приводів

За основу для проєктування приймаємо вертикально-свердильний верстат 2Н118. Розглянемо його компонентування і роботу основних вузлів. На рисунку 1.5 представлений загальний вигляд верстата-аналога.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

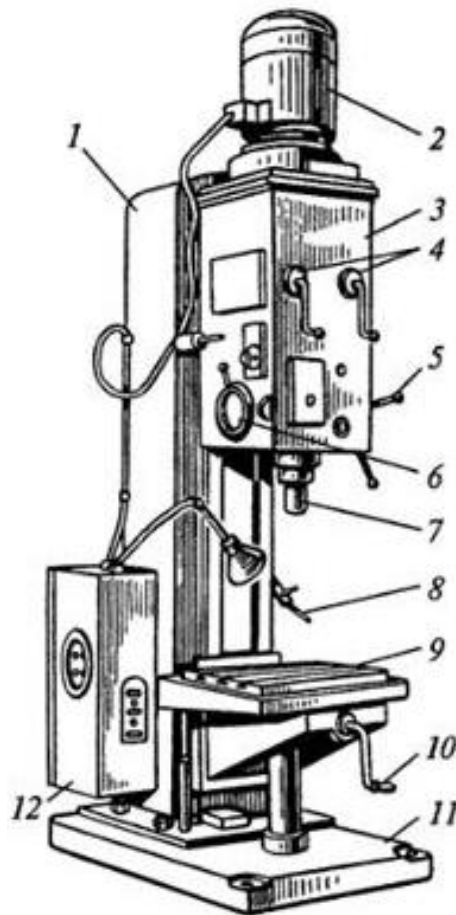


Рисунок 1.5 - Загальний вигляд верстата, що проектується

(1 Колона (станина), 2 двигун, 3 свердлильна головка, 4, ручка перемикавання коробок швидкостей і подач, 5 штурвал ручної подачі, 6 лімб контролю глибини обробки, 7 шпиндель, 8 сопло охолодження, 9 стіл, 10 ручка підйому столу, 11 фундаментна плита, 12 шафа електроустаткування)

На станині (колоні) 1 верстата розміщені основні вузли. Станина має, вертикальні напрямні, по яких переміщається стіл 9 і свердлильна головка 3 із шпинделем 7, двигун 2. Управління коробками швидкостей і подач здійснюють руків'ям 4, ручну подачу - штурвалом 5. Контроль глибини обробки виконують по лімбу 6. У ніші розміщують електроустаткування і протипагу. У деяких моделях для електроустаткування передбачена шафа 12. Фундаментна плита 11 служить опорою верстата. У середніх і важких

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

верстатах її верхню площину використовують для установки заготовок. Іноді внутрішні порожнини фундаментної плити є резервуаром для МОТС. Стіл верстата служить для закріплення заготовки. Він може бути рухливим (від ручки 10 через конічну пару зубчастих коліс і ходовий гвинт), нерухомим (знімним) або поворотним (відкидним). Стіл монтують на тих, що направляють станини або виготовляють у вигляді тумби, встановленої на фундаментній плиті.

Рідина, що охолоджує, подається електронасосом по шлангу 8. Змазування вузлів свердлильної голівки також виробляють за допомогою насоса. Інші вузли змащують вручну.

1.3 Види обробки, що виконуються на верстаті

Структура технологічних процесів обробки отворів на свердлильних верстатах залежить від кількості оброблюваних деталей і, відповідно, від типу виробництва. При обробці на верстатах з числовим програмним управлінням концентрація переходів в одній операції зазвичай досить висока. Також при обробці на свердлильних верстатах з револьверною голівкою число переходів може бути досить великим і залежить від кількості інструментів, які можуть бути встановлені, в револьверній голівці. Універсальні верстати одноразово дозволяють встановлювати тільки один інструмент. Підвищити концентрацію переходів при обробці на таких верстатах можна за рахунок застосування швидкозмінних патронів, які дозволяють здійснювати швидку зміну інструменту разом з патроном.

Оскільки проектований верстат має широкий діапазон частот обертання шпинделя і швидкостей подач, на ньому можна здійснювати і інші роботи, як показано на рисунку 1.6.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

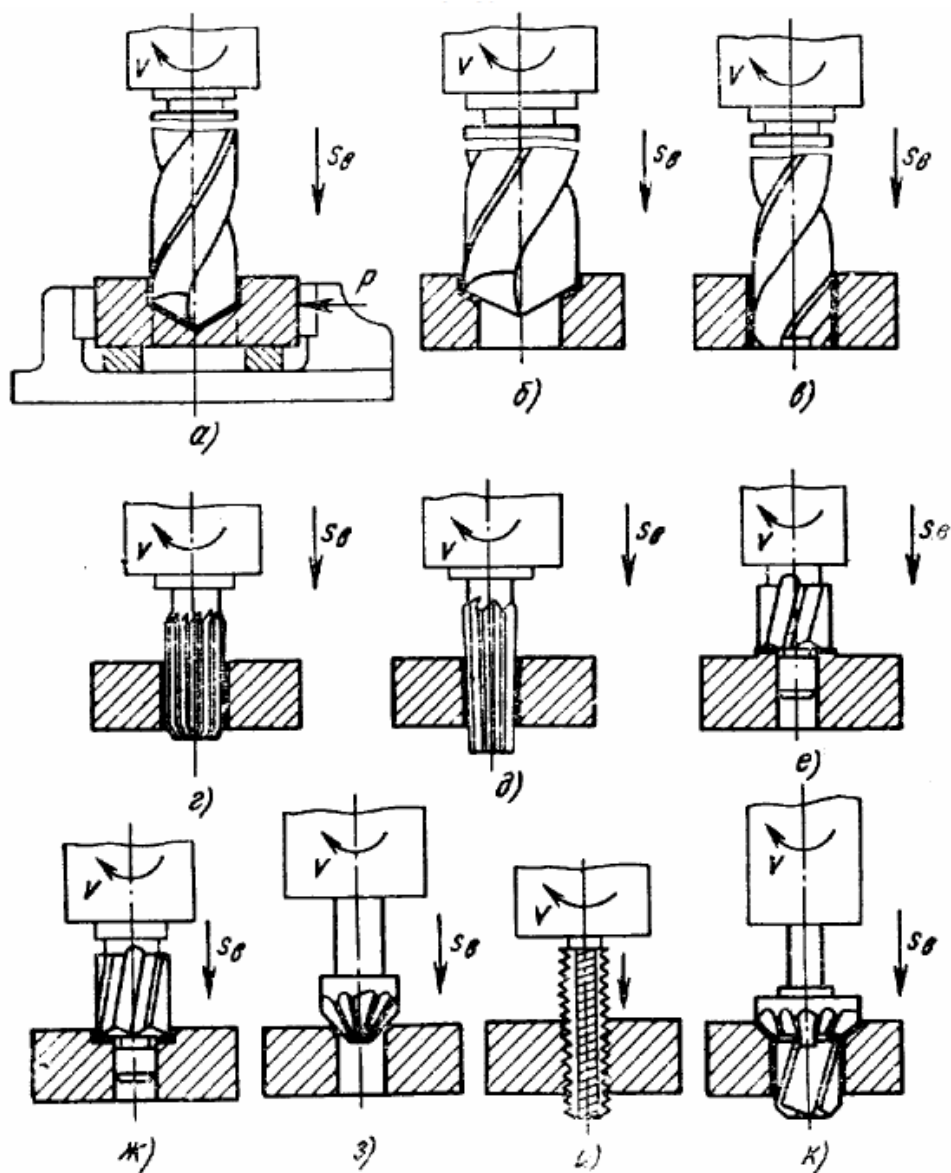


Рисунок 1.6 – Види обробки, що здійснюються на свердлильному верстаті

- а) свердління крізних отворів;
- б) розсвердлювання отворів;
- в) зенкерування отворів;
- г) розвертання отворів;
- д) розвертання конічних отворів;
- е) цекування (обробка торцевої поверхні отвору);
- ж) зенкування циліндричних поглиблень;
- з) зенкування конічних поглиблень;
- и) нарізування внутрішніх різьб мітчиками;

к) обробка складних отворів комбінованим інструментом.

Для прикладу розглянемо обробку отвору $\varnothing 6H7$, шорсткість поверхні отвору $Ra\ 0,63\ \mu m$, рисунок 1.7.

Необхідна точність по 7 квалітету досягається в чотири етапи:

1. Свердління отвору $\varnothing 4H12$ ($Ra\ 12,5$) на прохід. Інструмент - свердло.
2. Зенкерування отвору $\varnothing 5,4H10$ ($Ra\ 3,2$) на прохід. Інструмент - зенкер.
3. Розвертання отвору $\varnothing 6H7$ ($Ra\ 0,63$). Інструмент - розвертка.

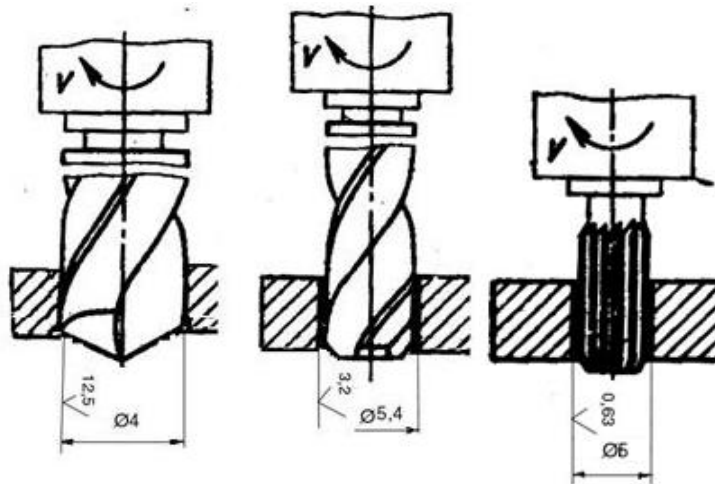


Рисунок 1.7 - Чистова обробка отвору на вертикально-свердлильному верстаті

1.4 Кінематична схема проектованого вертикально-свердлильного верстата

У якості основи для конструювання приймаємо конструкцію верстата 2Н118, кінематична схема якого показана на рисунку 1.8

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

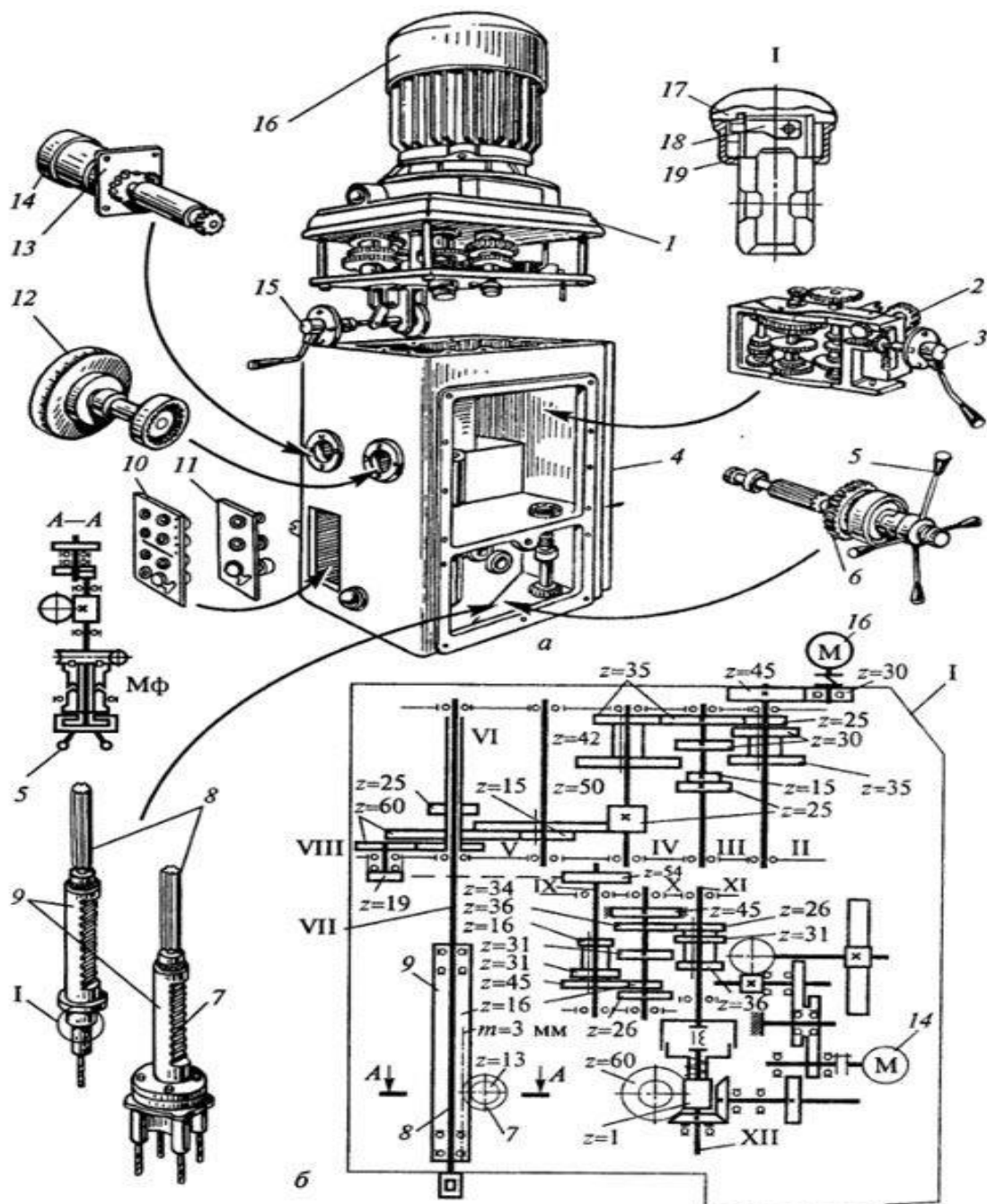


Рисунок 1.8 - Кінематична схема вертикально-свердильного верстата

У проектному варіанті пропонується внести зміни до базової коробки швидкостей, оскільки діапазон частоти обертання шпинделя не повною мірою відповідає обробці отворів діаметром до 12 мм, заданим в завданні для проектування. Також в порівнянні з базовою моделлю пропонується модернізувати привід подач на основі використання кульково-гвинтової передачі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ

Арк.

17

Таким чином до проектування пропонується кінематична схема представлена на рисунку 1.9

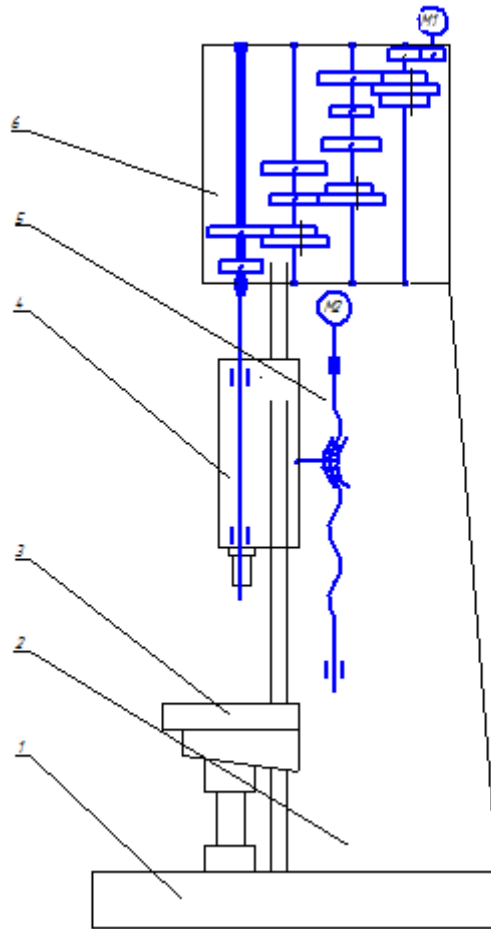


Рисунок 1.9 Кінематична схема проектного верстата

На основу 1 з резервуаром для рідини, що охолоджує, встановлюється станина 2 з тими, що вертикальними направляють, на яких базуються і переміщуються стіл 3 і шпиндельна голівка 4. Усередині станини знаходиться безступеневий привід подач 5 з кульково-гвинтовою передачею. На верхній площині станини встановлюється привід головного руху з коробкою швидкостей 6.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Опис конструкції і службового призначення деталі

Вал призначений для установки на ньому деталей і для передачі крутного моменту. При роботі вал несе навантаження на згин та кручення, а в окремих випадках додатковий розтяг і стиск.

Цей вал по геометричній формі відноситься до прямих валів і по конструкції його слід віднести до ступінчастих валів. Утворення ступеней пов'язане з різною напруженістю окремих перерізів, а також умовами виготовлення і зручності зборки. За типом перерізу деталь можна віднести до суцільних валів.

Найбільший діаметр валу $\varnothing 40\text{мм}$. По обидві сторони від найбільшого діаметру шийки поступово зменшуються до кінців: ліворуч - $\varnothing 37\text{h}11$ завдовжки 28 мм з шорсткістю $Ra = 12,5$ мкм; $\varnothing 30\text{k}6$ завдовжки 20 мм і шорсткістю $Ra = 1,25$ мкм, $\varnothing 30\text{h}8$ завдовжки 46мм з шорсткістю $Ra = 6,3$ мкм. Далі розташована шийка $\varnothing 25\text{r}6$ з шорсткістю $Ra = 3,2$ мкм На цій шийці прорізає паз шпони $v=8\text{P}9$ довжиною 32мм. Зліва від шийки найбільшого діаметру розташовані такі шийки і паз як і справа.

Деталь виготовляється із сталі 45 ГОСТ 1050-88. Це вуглецева, якісна сталь, відноситься до середньовуглецевих сталей підвищеної міцності.

Хімічний склад і механічні властивості приведені в таблиці 2.1, таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі і твердість після плющення і кування

Марка сталі	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni
45	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	0,3	0,3

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічна частина			Лім.	Лист	Листів	
Розроб.		Колода В.									
Перевір.		Кобельник								19	
								ТНТУ, гр.МВ-41			
Н. Контр.		Кобельник									
Затв.		Крупа									

Таблиця 2.2 - Характеристика механічних властивостей сталі 45

Марка сталі	σ_T , МПа	σ_B , МПа	ϕ , %	ψ , %	НВ
45	470	750	12	54	190

До деталі ставляться наступні вимоги:

- радіальне биття посадочних шийок $\varnothing 30k6$ не більше 0,012 мм;
- биття торців посадочних шийок $\varnothing 30k6$ не більше 0,021 мм.

Технічні вимоги, методи їх виконання і контролю приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Технічні вимоги, методи їх виконання і контролю

Технічної вимоги	Метод обробки	Засобами перевірки виконання вимог
1. Радіальне биття посадочних шийок $\varnothing 30k6$ не більше 0,012 мм	Шліфування	На контрольних центрах за допомогою індикатора
1. Биття торців посадочних шийок $\varnothing 30k6$ не більше 0,021 мм	Шліфування	На контрольних центрах за допомогою індикатора
2. Допуск симетричності паза шпони відносно осі вала не більше половини допуску на ширину паза.	Фрезерування	Спеціальним калібром для контролю паза шпони

2.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Проведемо аналіз деталі на технологічність. Під технологічністю розуміють таку форму, яка в конкретних виробничих умовах виготовляється з мінімальними витратами без збитку службового призначення.

Кожна деталь повинна виготовлятися з мінімальними трудовими і матеріальними витратами. Ці витрати можна скоротити значною мірою від правильного вибору варіанту технологічного процесу, його оснащення, механізації і автоматизації, застосування оптимальних режимів різання (обробки) і правильної підготовки виробництва.

Ескіз деталі приведений на рисунку 2.1

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

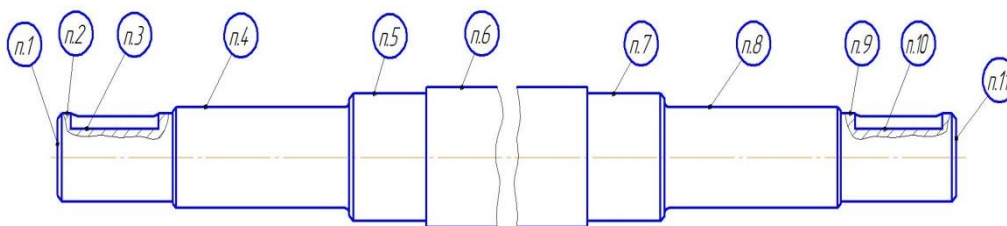


Рисунок 2.1 - Ескіз деталі

Таблиця 2.4 - Таблиця точності розмірів і міри шорсткості поверхонь

Номер поверхн. деталі	Найменування поверхні деталі розміри	Точність (квалітет)	Клас шорсткості
1	Торець деталі	12	3
2	Циліндрична поверхня Ø40	14	3
3	Циліндрична поверхня Ø37h11	11	4
4	Циліндрична поверхня Ø30k6	6	7
5	Циліндрична поверхня Ø30h8	8	5
6	Циліндрична поверхня Ø25r6	6	6
7	Шпонковий паз в=8P9	9	6

Визначуваний коефіцієнт точності " Кт " по формулі

$$K_T = \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.1)$$

де T_{cp} - середня точність.

$$T_{cp} = \frac{\sum(T_i \cdot n_i)}{\sum(n_i)}, \quad (2.2)$$

де T_i - квалітет точності;

n_i - кількість поверхонь по цьому квалитету.

Дані заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Таблиця коефіцієнтів точності

Ti	ni	Tini	Ti	ni	Tini	Ti	ni	Tini	Ti	ni	Tini
6	4	24	8	2	16	9	2	18	14	8	112

$$T_{\text{ср}} = \frac{24+16+18+112}{4+2+2+8} = 10,63$$

$$K_T = \frac{1}{10,63} = 0,094$$

Якщо $K_T \leq 0,18$, то деталь технологічна.

$K_T = 0,094 \leq 0,18$ - деталь технологічна.

Визначуваний коефіцієнт шорсткості "Кш" по формулі

$$K_{\text{ш.}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср.}}} , \quad (2.3)$$

де $\text{Ш}_{\text{ср}}$ - середня шорсткість. Вона визначається по формулі

$$\text{Ш}_{\text{ср.}} = \frac{\sum \text{Ш}_i \cdot n_i}{\sum n_i} , \quad (2.4)$$

де Ш_i - клас шорсткості;

n_i - кількість поверхонь по цьому класу шорсткості.

Таблиця 2.6 - Таблиця коефіцієнтів шорсткості

Ші	ni	Шini	Ші	ni	Шini	Ші	ni	Шini	Ші	ni	Шini
3	8	24	5	2	10	6	4	24	7	2	14

Якщо $K_{\text{ш}} > 0,16$, то деталь технологічна

$$\text{Ш}_{\text{ср.}} = \frac{24+10+24+14}{8+2+4+2} = 4,5$$

$$K_{\text{ш.}} = \frac{1}{4,5} = 0,22$$

$K_{\text{ш}}=0,22 > 0,16$ - деталь технологічна.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						22

Усі поверхні доступні і не викликає труднощів при обробці. Квалітети точності і класи шорсткості економічно обґрунтовані і не виходять за межі обробки шліфуванням і точінням. Нетехнологічним елементом є паз шпони закритого типу. Для його обробки вимагається спеціальний різальний інструмент. Інші поверхні обробляються стандартним різальним інструментом. Для обробки цієї деталі можна застосовувати високопродуктивне устаткування, включаючи і верстати з ЧПУ.

2.3 Вибір і обґрунтування виду і методу отримання заготовки

На вибір заготовки чинять вплив наступні чинники: матеріал деталі, вид виробництва, конфігурація деталі, розміри деталі, точність, трудомісткість виготовлення. У машинобудуванні, залежно від номенклатури виробів і характеру виробництва застосовують початкові заготовки у вигляді прутків круглого, прямокутного, квадратного перерізів профільного і періодичного прокату, товстостінних безшовних труб; гарячекатаних і холоднокатаних листів і смуг; поковок, що отримуються методом вільного кування, кування в штампах, карбування, ротаційного обтискання; відливок із сталі, сірого, ковкого, високоміцного і антифрикційного чавунів і кольорових металів, що отримуються литвом в земляні форми, у форми з швидкотвердіючих сумішей, в металеві форми по моделях, що виплавляються, в кіркові і оболонкові форми і тому подібне; зварних заготівель для різального інструменту і для корпусів машин, приладів і пристосувань; пластин з швидкорізальної сталі і твердих сплавів.

Щоб дізнатися, яка в даному випадку заготовка, необхідно виробити економічне порівняння варіантів отримання заготовки. Заготовка для цієї деталі може бути отримана методом вільного кування і з прокату. Для визначення найбільш вигідного методу отримання заготовки необхідно виконати порівняння цих варіантів [1].

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Коефіцієнт використання матеріалу "Км" визначається по формулі

$$K_m = \frac{M_d}{M_z}, \quad (2.6)$$

де Мд - маса деталі (береться з креслення деталі), кг;

Мз - маса заготовки, кг

Маса заготовки Мз в кілограмах визначається по формулі

$$M_z = j \cdot V \quad (2.7)$$

де $j = 7,85 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ - щільність матеріалу;

V -объем циліндра, м³.

Об'єм циліндра "V" в метрах кубічних визначається по формулі

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l}{4}, \quad (2.8)$$

де d - діаметр циліндра, м;

l - довжина циліндра, м

Варіант перший. Заготовка отримана з прокату. Призначаємо припуски по ГОСТ 2590-88. Ескіз заготовки приведений на рисунку 2.2.

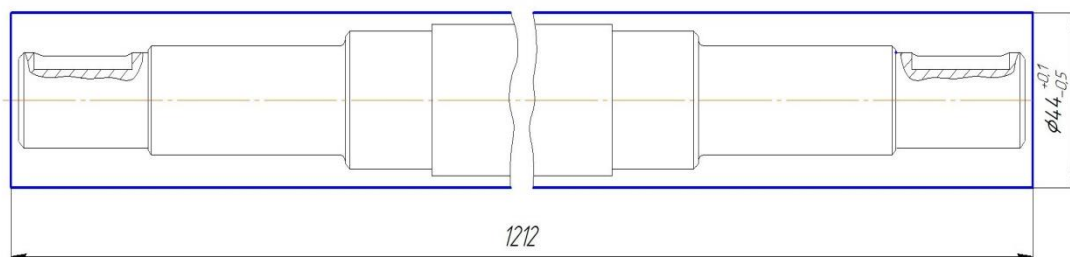


Рисунок 2.2 - Ескіз заготовки з прокату

Обчислюємо масу заготовки

$$M_z = \frac{7,85 \cdot 3,14}{4} \cdot 44^2 \cdot 12,12 = 14,4 \text{ кг}$$

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$K_{\text{м}} = \frac{10,6}{14,4} = 0,74$$

Варіант другий. Враховуючи матеріал заготовки, тип виробництва, конфігурацію деталі, розглянемо заготовку, отриману методом вільного кування на молотах. Призначаємо припуски по ГОСТ 7829-70. Ескіз заготовки приведений на рисунку 2.3.

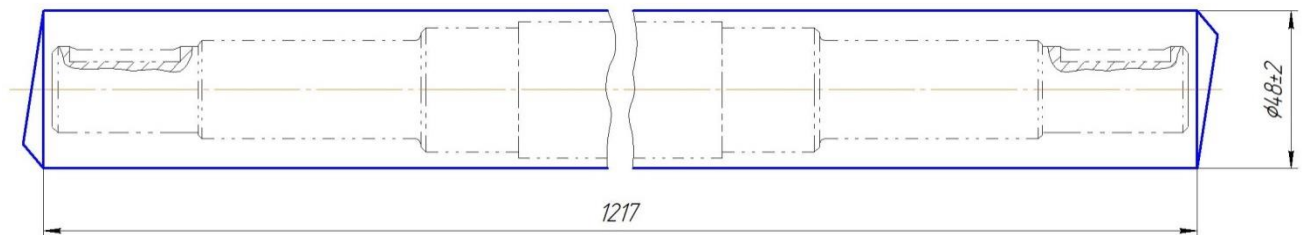


Рисунок 2.3 - Ескіз заготовки, отриманого методом вільного кування

Маса поковки складає

$$M_3 = \frac{7,85 \cdot 3,14}{4} \cdot 0,48^2 \cdot 12,17 = 17,2 \text{ кг}$$

$$K_{\text{м}} = \frac{10,6}{17,2} = 0,62$$

Розрахунки показують, що заготовка, отримана з прокату економічніша за собівартістю. Тому в подальших розрахунках як заготовка використовуємо гарячекатаний прокат звичайної точності.

Технічні умови на заготовку:

- допуск круглої перерізу не більше 0,5 мм на один погонний метр;
- загальна кривизна не повинна перевищувати твори допуску місцевої кривизни одного погонного метра на довжину в метрах;
- скручування прутка навколо подовжньої осі не допускається;
- різати прутки під прямим кутом.

2.4 Аналіз і розробка технологічного процесу обробки деталі

Під технологічним процесом розуміють послідовну зміну форми, розмірів, властивостей матеріалу або напівфабрикату в цілях отримання

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

деталі, або виробу відповідно до цих технічних вимог. Технологічний процес механічної обробки деталей є одним з етапів загального виробничого процесу виготовлення усього виробу.

При розробці технологічного процесу спочатку намічають маршрут обробки заготовки, починаючи від виготовлення початкової заготовки до задачі готової деталі на зборку. Потім намічають маршрут проходження заготовки по окремих операціях.

Складаємо маршрут обробки за типовим заводським технологічним процесом.

Технологічний процесом, що розробляється в проекті відрізняється від базового використанням верстатів з ЧПК на чистових токарних операціях, а також на фрезерній операції при обробці шпонкових пазів. Дані про розроблений технологічний процес заносимо в таблицю 2.7

Таблиця 2.7 - Маршрут обробки деталі

Зміст операції	Бази	Обладнання
005 Фрезерно-центрувальна Фрезерувати торці і свердлити центрові отвори	Необроблена поверхня прокату	MP73
010 Токарно-гвинторізна Точити попередньо усі поверхні з переустановом.	Центрові отвори	16K20- 3
015 Токарно-гвинторізна з ЧПК Точити за програмою посадочні шийки під шліфування	Центрові отвори	16K20Ф3- 3
020 Токарно-гвинторізна з ЧПК Точити за програмою посадочні шийки під шліфування	Центрові отвори	16K20Ф3- 3
025 Круглошліфувальна Шліфувати шийки остаточно.	Центрові отвори	3M163B
030 Фрезерна з ЧПК Фрезерувати шпонковий паз в=8Р9	Зовнішні діаметри	654Ф3

Для визначення розмірів заготовки на всі оброблювані поверхні деталі призначаються припуски.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Розраховуємо аналітичним методом припуск для поверхні $\varnothing 30k6^{+0,015}_{+0,002}$.

Величина припуску має бути достатньою для того, щоб були усунені різні дефекти заготовки, а також для компенсації погрешностей установки і базування деталі на цій операції і погрешності форми і розмірів, отримані на попередній операції.

Мінімальний симетричний припуск " $2Z_{imin}$ " в міліметрах визначається по формулі

$$2Z_{i \min} = 2[(R_{zi-1} + T_{i-1}) + \rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2}], \quad (2.10)$$

де R_{zi-1} - висота мікронерівностей, взята з попередньої операції;

T_{i-1} - глибина дефектного шару, узятя з попередньої операції;

ρ_{i-1} - сумарні просторові відхилення, узяті з попередньої операції;

ε_i – похибка установки і закріплення на виконуваний операції.

Максимальний симетричний припуск " $2Z_{imax}$ " в міліметрах визначається по формулі

$$2Z_{i \max} = 2Z_{i \min} + T_{di-1}, \quad (2.11)$$

де T_{di-1} - допуск на діаметральний розмір, узятий з попередньої операції.

Для визначення міжопераційних припусків складається послідовність обробки заданої поверхні з вказівкою квалітету і параметра шорсткості, що досягаються після кожного етапу обробки. Ці дані подані в таблиці 2.2.

Складаємо маршрут обробки поверхні $\varnothing 30k6^{+0,015}_{+0,002}$ з $Ra=1,6$ мкм і результати заноситься в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 - Маршрут обробки поверхні $\varnothing 30k6^{+0,015}_{+0,002}$

№ пер.	Послідовність обробки поверхні	Квалитет	Величина допуску T_i , мм	Параметр шорсткості Ra_i , мкм
1	Заготовка		0,6	
2	Чорнове точіння	14	0,52	25
3	Напівчистове точіння	12	0,28	12,5
4	Шліфування	6	0,013	1,6

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Розраховуємо припуск на чорнове точіння. Визначаємо параметри, що входять у формулу: $Rz_{i-1} + T_{i-1} = 0,3$ мм [21], $\varepsilon_i = 1,0$ мм, $Td_{i-1} = 0,6$ мм.

Величина сумарних просторових відхилень, узятих з попередньої операції « ρ_{i-1} » в міліметрах визначається по формулі

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\text{к.м.}}^2 + \rho_{\text{ц.}}^2} \quad (2.12)$$

$\rho_{\text{к.м.}}$ – кривизна місцева, мм;

$\rho_{\text{ц.}}$ - похибка центрування, мм;

Кривизна місцева $\rho_{\text{к.м.}}$ в міліметрах визначається за формулою

$$\rho_{\text{к.м.}} = \Delta k \cdot l \quad (2.13)$$

де $\Delta k = 0,8$ мм/м - питома кривизна заготовки [21];

$l = 1,212$ м - загальна довжина заготовки

$$\rho_{\text{к.м.}} = 0,8 \cdot 1,212 = 0,97 \text{ мм}$$

Похибка центрування $\rho_{\text{ц.}}$ в міліметрах визначається за формулою

$$\rho_{\text{ц.}} = 0,25 \cdot Td_{i-1}, \quad (2.14)$$

$$\rho_{\text{ц.}} = 0,25 \cdot 0,6 = 0,15 \text{ мм}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{0,97^2 + 0,15^2} = 0,98 \text{ мм}$$

$$2Z_{i \min} = 2[0,3 + \sqrt{0,98^2 + 1^2}] = 3,4 \text{ мм}$$

$$2Z_{i \max} = 3,4 + 0,6 = 4 \text{ мм}$$

Розраховуємо припуск напівчистового точіння. Визначаємо параметри, що входять у формулу, : $Rz_{i-1} = 0,12$ мм, $Ti-1 = 0,12$ мм [21].

$$Td_{i-1} = 0,52 \text{ мм [5].}$$

Величина сумарних просторових відхилень, узятих з попередньої операції "(i, - 1" в міліметрах визначається по формулі

$$\rho_{i-1} = \rho_{\text{чорн}} = \rho_{\text{заг}} \cdot K_y, \quad (2.15)$$

де $K_y = 0,06$ – коефіцієнт уточнення

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{i-1} = \rho_{\text{чорн}} = 0,06 \cdot 0,98 = 0,06 \text{ мм}$$

Похибка установки і закріплення на виконуваний операції ε_i визначається по формулі

$$\begin{aligned} \varepsilon_i &= \varepsilon_{\text{П/Ч}} = \varepsilon_{\text{ЧЕРН}} \cdot K_y, \\ \varepsilon_i &= \varepsilon_{\text{П/Ч}} = 0,06 \cdot 1,0 = 0,06 \text{ мм} \\ 2Z_{i \min} &= 2[(0,12 + 0,12) + \sqrt{0,06^2 + 0,06^2}] = 0,65 \text{ мм} \\ 2Z_{i \max} &= 0,65 + 0,52 = 1,17 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Розраховуємо припуск на шліфування. Визначаємо параметри, що входять у формулу, : $R_{zi-1} = 0,06 \text{ мм}$, $T_{i-1} = 0,06 \text{ мм}$ [2, с.201], $Td_{i-1} = 0,28 \text{ мм}$ [5].

Величина сумарних просторових відхилень, узятих з попередньої операції ρ_{i-1} в міліметрах визначається по формулі

$$\rho_{i-1} = \rho_{\text{шл}} = \rho_{\text{П/Ч}} \cdot K_y, \quad (2.17)$$

де $K_y = 0,04$ – коефіцієнт уточнення

$$\rho_{i-1} = 0,04 \cdot 0,06 = 0,0024 \text{ мм}$$

Похибка установки і закріплення на операції ε_i визначається за формулою

$$\begin{aligned} \varepsilon_i &= \varepsilon_{\text{ЧИСТ}} = \varepsilon_{\text{П/Ч}} \cdot K_y, \\ \varepsilon_i &= \varepsilon_{\text{ЧИСТ}} = 0,04 \cdot 0,06 = 0,0024 \text{ мм} \\ 2Z_{i \min} &= 2[(0,06 + 0,06) + \sqrt{0,0024^2 + 0,0024^2}] = 0,32 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$2Z_{i \max} = 0,32 + 0,28 = 0,6 \text{ мм}$$

Визначаємо загальний припуск

$$\begin{aligned} 2Z_{0 \min} &= 3,4 + 0,65 + 0,32 = 4,37 \text{ мм} \\ 2Z_{0 \max} &= 4 + 1,17 + 0,6 = 5,67 \text{ мм} \end{aligned}$$

Визначаємо міжопераційні розміри $\varnothing 30k6$.

Розміри готової деталі :

- найбільший $30 + 0,015 = 30,015 \text{ мм}$
- найменший $30 + 0,002 = 30,002 \text{ мм}$

Розміри після напівчистового точіння:

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- найбільший $30,002 + 0,6 = 30,602$ мм
- найменший $30,002 + 0,32 = 30,322$ мм

Розміри після чорнового точіння:

- найбільший $30,322 + 1,17 = 31,492$ мм
- найменший $30,322 + 0,65 = 30,972$ мм

Розміри заготовки :

- найбільший $30,972 + 4 = 34,972$ мм
- найменший $30,972 + 3,4 = 34,372$ мм

Будуємо схему розташування припусків, допусків і міжопераційних розмірів на $\varnothing 30k6^{+0,015}_{+0,002}$ (рисунок 2.4).

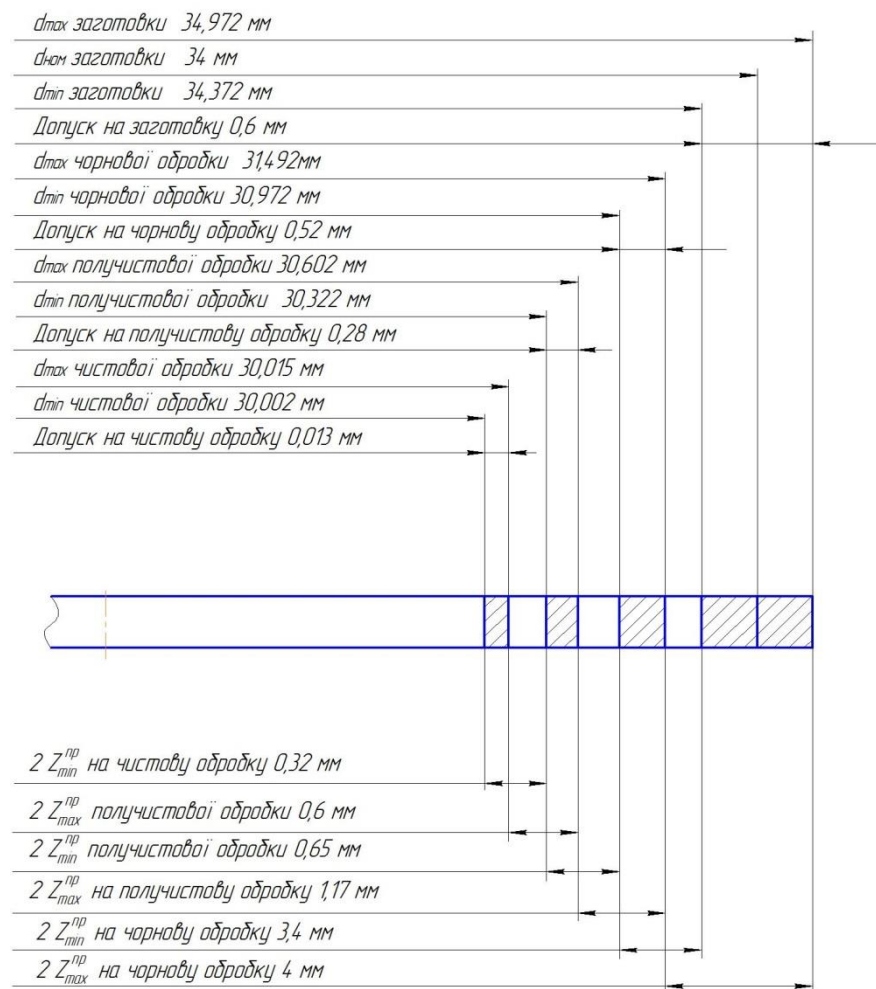


Рисунок 2.4 - Схема розташування припусків і допусків

На інші операції призначаємо припуски за табличним методом.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

2.5 Вибір устаткування і верстатних пристосувань, вибір різального, допоміжного і вимірювального інструментів на операції технологічного процесу

Вибір верстатного устаткування є одним з найважливіших завдань при розробці технологічного процесу механічної обробки заготовки. Від правильного його вибору залежить продуктивність виготовлення деталей, економне використання виробничих площ, механізації і автоматизації ручної праці, електроенергії і, як результат – собівартість виробу. Виходячи з технологічного процесу вибираємо устаткування з наступними характеристиками:

1. Токарно-гвинторізний верстат з ЧПУ моделі 16K20-3

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	400
Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм	1400
Частота обертання шпинделя, об/хв	12,5-1600
Подачі супорта, мм/об:	
Подовжня	0,05-2,8
Поперечна	0,025-1,4
Потужність електродвигуна верстата, кВт	10
Габаритні розміри верстата, мм	
Довжина	2795
Висота	1500
Ширина	1190
Маса верстата, кг	3685

2. Кругло-шліфувальний верстат моделі 3М163В

Розміри оброблюваних деталей, мм	
Діаметр	400
Довжина	1400
Частота обертання деталі, об/хв	55-620
Межі подач, мм/хв	0,05-5
Потужність електродвигуна верстата, кВт	13
Розміри верстата, мм	
Довжина	5026
Висота	2170
Ширина	2930
Маса верстата, кг	9220 кг

3. Фрезерно-центрувальний верстат моделі МР73М

Розміри оброблюваних деталей, мм

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр	25-125
Довжина	500-1250
Частоти обертання шпинделя, об/хв	
Фрезерного	125-712
Свердлильного	238-1125
Межі подач, мм/хв	
При фрезеруванні	200-400
При свердлінні	20-300
Потужність,кВт	18

4. Фрезерний верстат з ЧПУ моделі 654Ф3

Розміри робочої поверхні верстата, мм	630x1600
Найбільше переміщення столу, мм	
Подовжнє	1250
Поперечне	630
Вертикальне	625
Частоти обертання шпинделя, об/хв	25-1250
Подачі столу, мм/об:	0,1-4800
Потужність електродвигуна верстата, кВт	15
розміри верстата, мм	
Довжина	3278
Висота	3571
Ширина	4526
Маса верстата, кг	11800

Застосування пристосувань забезпечує стабільність якості, скорочення циклу і зниження собівартості виробів. Пристосування дозволяють використовувати робітників нижчих кваліфікацій, усунути трудомістку розмітку, понизити витрати на контрольні операції і, головним чином, збільшити продуктивність обробки (завдяки зниженню допоміжного часу, пов'язаного з установкою, вивірянням, закріпленням деталі на верстаті). Їх застосування дозволяє також підвищити точність обробки виробів і здійснити повну або часткову автоматизацію верстата.

Застосування пристосувань повинне виправдовувати витрати на їх виготовлення. У серійному виробництві застосовують досконаліші конструкції пристосувань.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Різальний інструмент бажано застосовувати стандартний, як дешевший, але можна застосовувати спеціальний, комбінований, фасонний інструмент, що дозволяє поєднувати обробку декількох поверхонь, скорочуючи тим самим основний час, але тільки тоді, коли це економічно вигідно. Для середньосерійного виробництва економічно вигідно використовувати стандартні вимірювальні засоби, а також контрольно-вимірювальні інструменти і пристосування.

Вибір різального, вимірювального, допоміжного інструменту приведений в таблиці 2.9

Таблиця 2.9 - Вибір різального і вимірювального інструментів

Операція	Модель верстата	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
005 Фрезерно-центрувальна	MP73	1 Фреза торцева T15K6 Ø120 ГОСТ 9473-80; 2 Свердло центровочне P6M5 ГОСТ 14905-85.	1 ШЦ I - 125-0,1 ГОСТ 166-80; 2 Лінійка ГОСТ 427-83.
010 Токарно-гвинторізна	16K20- 3	1 Різець прохідний правий ГОСТ T5K10 18878-83.	1 ШЦ II - 125-0,1 ГОСТ 166-80; 2 Лінійка ГОСТ 427-83.
015 Токарна з ЧПУ	16K20Ф3- 3	1 Різець прохідний правий ГОСТ T15K6 18878-83.	1 ШЦ II - 125-0,1 ГОСТ 166-80;
020 Круглошліфувальна	3M163B	1 Круг шліфувальний ПП 500-63-24A40CM27K5 ГОСТ 2424-83.	1 Калібр-скоба ГОСТ 2216-84
025 Фрезерна з ЧПК	654Ф3	1 Фреза шпонкова з циліндричним хвостовиком Ø8, P6M5.	1 Калібр для контролю паза ГОСТ 24110-80.

2.6 Розробка операційного технологічного процесу

Розрахунок режимів різання вертикально-фрезерної операції 025.

На вертикально-фрезерному верстаті 654Ф3 кінцевою шпонковою фрезою фрезерують закритий паз глибиною $h=4$ мм, завдовжки 32 мм і шириною $b=8$ Р9.

Матеріал оброблюваної заготовки - сталь 45 з межею міцності $\sigma_B=750$ МПа. Охолодження - емульсія.

Необхідно: вибрати різальний інструмент, призначити режим різання, визначити основний час.

Вибираємо фрезу і встановлюємо її геометричні параметри:

Приймаємо шпонкову фрезу з циліндричним хвостовиком з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 9140-88. Діаметр фрези приймаємо $D=8$ мм, кут нахилу гвинтових стружкових канавок $= 20^\circ$. [25].

Геометричні параметри $\alpha = 14^\circ$, $\gamma = 15^\circ$, $\varphi = 3^\circ$.

Призначаємо режими різання.

Встановлюємо глибину різання. Припуск знімається за один прохід $t=8$ мм

Призначаємо подачу на зуб фрези $S_z = 0,022$ мм/зуб [25]

Призначаємо період стійкості фрези: для кінцевої фрези $T= 30$ хв [25]

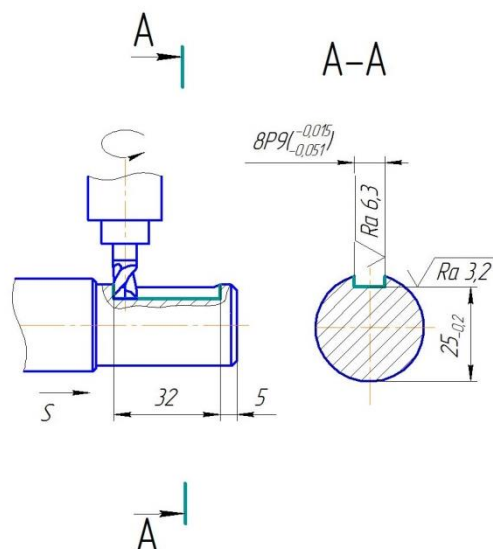


Рисунок 2.5 - Ескіз обробки

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Швидкість різання "V" в метрах в хвилину, що допускається
різальними властивостями фрези, визначається по формулі:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p}, \quad (2.18)$$

$$C_V = 12; x = 0,3; y = 0,3; q = 0,25; u = 0; m = 0,26; p = 0 \text{ [25]}$$

$$K_M = K_{MY} \cdot K_{NV} \cdot K_{UV} \quad (2.19)$$

Поправочний коефіцієнт, залежно від

оброблюваного матеріалу визначаємо по формулі [25]:

$$K_{M_V} = 1 \cdot \left(\frac{750}{\sigma} \right)^{nv}$$

$$K_{\Gamma} = 1; K_{\Pi} = 0,9 \text{ [5, с. 262]}$$

K_{NV} - коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки
на швидкість різання, $K_{\Pi T} = 0,9$ [25]

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

K_{UV} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу
на швидкість різання. $K_U = 1$ [25]

$K_{\Pi V}$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні $K_{\Pi V} = 1$

$$v = \frac{12 \cdot 8^{0,25}}{30^{0,26} \cdot 8^{0,5} \cdot 0,022^{0,3} \cdot 4^0 \cdot 2^0} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 9,3 \text{ м/хв}$$

5 Визначаємо частоту обертання шпинделя "n" в обертах в хвилину по
формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.20)$$

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$n = \frac{1000 \cdot 9,3}{3,14 \cdot 8} = 370,206 / \text{хв} (\text{хв}^{-1})$$

Коригуючи частоту по паспорту верстата, отримуємо $n_d = 350 \text{ хв}^{-1}$

6 Визначаємо дійсну швидкість різання "Vд" в метрах в хвилину по формулі:

$$v_d = \frac{n_d \cdot \pi \cdot D}{1000} \quad (2.21)$$

$$V_d = \frac{350 \cdot 3,14 \cdot 8}{1000} = 8,79 \text{ м} / \text{хв}$$

7 Визначаємо хвилинну подачу "Sхв" в міліметрах в хвилину по формулі:

$$S_{хв} = S_z \cdot z \cdot n \quad (2.22)$$

$$S_{хв} = 0,022 \cdot 2 \cdot 350 = 15,4 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо $S_{хв} = 15 \text{ хв}$

8 Визначаємо потужність, що витрачається на різання "Nрез" в кіловатах по формулі:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (2.23)$$

де: P_z - головна складова сили різання.

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z \frac{K_{mp}}{D^q \cdot n^w} \quad (2.24)$$

$C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1$; $q = 0,86$; $w = 0$ [5.с. 291]

$$P_z = 10 \cdot 68,2 \cdot 8^{0,86} \cdot 0,022^{0,72} \cdot 4^1 \cdot 2 \frac{1}{8^{0,86} \cdot 350^0} = 349,2 \text{ Н}$$

$$N = \frac{349,2 \cdot 8,79}{1020 \cdot 60} = 0,5 \text{ кВт}$$

10 Перевіряємо, чи достатня потужність приводу верстата :

$$N_{різ} < N_{шп}$$

$$N_{шп} = 15 \cdot 0,75 = 11,25 \text{ кВт} < 11,25$$

Отже, обробка можлива.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11 Визначаємо основний час

$$T_o = T_{ov} + T_{on} \quad (2.25)$$

де T_{ov} - основний час на урізування

T_{on} - основний час на фрезерування

$$T_{ov} = \frac{B}{S_g \cdot z \cdot n} \quad (2.26)$$

де B - глибина паза,

$S_g=0,007$ мм/зуб[25] - подача на урізування,

z - число зубців

n - число обертів фрези

$$T_{ov} = \frac{4}{0,007 \cdot 2 \cdot 350} = 0,8 \text{ хв}$$

$$T_{on} = \frac{l}{S_m} \quad (2.27)$$

$$T_{on} = \frac{32}{15} = 2,1 \text{ хв}$$

$$T_o = 0,8 + 2,1 = 2,9 \text{ хв}$$

Для інших переходів усіх операцій технологічного процесу обробки заданої деталі встановлюємо режими по нормативах з урахуванням усіх поправочних коефіцієнтів, що враховують зміну умов обробки. Здійснюємо призначення режимів обробки табличним методом.

2.7 Розрахунок і конструювання пристосування для закріплення деталей і контрольного пристосування

Описуване пристосування - гідравлічний затиск. Знаходить усе більше застосування як найбільш сучасний і перспективний засіб механізації закріплення, установки і знімання заготівель при обробці їх на металорізальних верстатах. Застосування гідравлічних приводів дозволяє:

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Забезпечити надійне і жорстке закріплення заготовки, внаслідок чого ставати можливим підвищення режимів різання.

2. Скоротити допоміжний час шляхом зменшення часу на закріплення і зняття заготовки, яке забезпечується швидкодією гідравлічним затисків.

3. Полегшити працю робітника, оскільки зусилля що працює, що витрачаються на закріплення і зняття, зводиться тільки до перемикання руків'я крану управління або руків'я золотника.

Проектоване пристосування має основну частина-корпус з призматичним пазом під кутом 45° для установки оброблюваного валу. У корпусі є отвір, що служить гідравлічним циліндром, де поміщається поршень, який через шарніри і тягу пов'язаний з важелем, черевик якого забезпечують затиск деталі.

Із загальної гідросистеми робоча рідина подається в поршневу порожнину по отвору, наявному в корпусі. Під тиском масла поршень, переміщається вліво і повертає важіль у напрямі деталі і за допомогою черевика виробляє її закріплення.

Після закінчення обробки подача масла в поршневу порожнину відключається, дає можливість його вільного витікання в гідросистему, а включається подача масла в штокові порожнини, в слідстві чого поршень переміщається у зворотному напрямі і тягне за собою тягу. Важіль перевертається вертикально і звільняють деталь.

Робоча рідина - мінеральне масло (ГОСТ 1707-74), яке забезпечує надійне мастило частин, що труться, і знижує знос деталей механізму. Відсутня корозія металу, а гідравлічне пристосування працює безшумно.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

η - ККД циліндра, $\eta=0,85$

$$Q = 150 \cdot 3,14 \cdot 502 \cdot 0,85/4 = 3603 \text{ кГс} = 250 \cdot 103 \text{ Н}$$

$$W = 3603 \cdot 0,08 \cdot 0,866 \cdot 0,15/0,11 \cdot 0,707 = 481,5 \text{ кГс} = 4723,5 \text{ Н}$$

Зусилля затиску більше, ніж знайдена сила різання, отже надійність закріплення забезпечена.

Для контролю шийки діаметром 30к6 спроектований вимірювальний інструмент - скоба. Скоба виготовляється з інструментальної сталі У10А. Твердість робочих поверхонь 58-60 HRC. Скоба має прохідну частину і непрохідну. Прохідна і непрохідна поверхні розділені між собою канавкою.

У верхній частині пластини скоби є отвір службовця для базування на штирі інструментального стенду. Ця скоба зручна в застосуванні при серійному виготовленні деталі, дозволяє зменшити час на контроль деталі, не вимагає регулювання і відліків розмірів.

Поля допусків для скоби розташовані для похідної сторони від найбільшого розміру валу, а непрохідній від найменшого.

Визначаємо старанні розміри робочої скоби. Для діаметру

20к6(+0,015+0,002) допуск для шийки валу IT8=0,013

- - верхнє відхилення $es=+0,015$ мм

--нижнє відхилення $ei=+0,002$ мм

Граничні розміри деталі: $D_{\max}=30,015$ мм; $D_{\min}=30,002$ мм.

Довідкові дані для розрахунків

$$A=0, Z_1=4, y_1=3, H_1=5$$

Визначаємо граничні розміри калібру скоби :

- найменший розмір прохідного калібру

$$PP_{\min} = D_{\max} - Z_1 - H_1/2 \quad (2.31)$$

$$PP_{\min} = 30,015 - 0,004 - \frac{0,005}{2} = 30,0085 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір калібру скоби $PP=30,0085^{+0,005}$

- найбільший розмір зношеного прохідного калібру

$$PP_{\text{зн}} = D_{\max} - y_1 \quad (2.32)$$

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$ПР_{3H} = 30,0085 - 0,003 = 30,0055 \text{ мм}$$

Коли калібр-скоба матиме цей розмір її треба вилучити з експлуатації
- найменший розмір непрохідного калібру

$$HE_{\min} = D_{\min} - \frac{H_1}{2} \quad (2.33)$$

$$HE_{\min} = 30,002 - \frac{0,005}{2} = 29,9995 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір калібру-скоби HE

$$HE = 29,9995^{+0,005}$$

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Визначення технічних характеристик верстата

Для визначення технічних характеристик верстата необхідно провести кінематичний і силовий розрахунок приводу головного руху та приводу подач.

Розрахуємо режими різання S_0 , V , n , $M_{кр}$ для діапазону діаметрів $D=5-12$ мм, вуглецевих сталей і легованих сталей $\sigma_B=750$ МПа і чавуну НВ190.

За нормативами режимів різання вибираємо осьову подачу при свердлінні $\varnothing 5$.

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання визначається по формулі

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

При свердлінні конструкційної вуглецевої сталі з $\sigma_B=750$ МПа, свердлом з швидкорізальної сталі Р6М5 і подачі $S=0,2$ мм/об, з охолодженням коефіцієнти і показники степені у формулі (3.1) мають такі значення: $C_v=7$, $q=0,4$, $y=0,5$, $m=0,2$ [25]

Коефіцієнт K_v визначається по вираженню

$$K_v = K_{vm} \cdot K_{vp} \cdot K_{vi} \cdot K_{vl} \cdot K_{vz} \quad (3.2)$$

$$\text{де } K_{vm} = (750 / \sigma_B)^{nv} \quad (3.3)$$

$$nv=0.9;$$

$K_{vp}=1$ при поверхні заготовлі без кірки;

$K_{vi}=1$ - інструмент з швидкорізальної сталі Р6М5;

$K_{vl}=1$ при глибині свердління $<3D$,

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Колода В.			Конструкторська частина			Літ.	Лист	Листів	
Перевір.		Кобельник								42	
								ТНТУ, гр.МВ-41			
Н. Контр.		Кобельник									
Затв.		Крупа									

$K_{v3}=0.6$ при одинарному заточуванні свердла .

Стійкість свердла $T=25$ хв при: діаметрі свердління $D=5-12$ мм, сталевій деталі, свердлом з швидкорізальної сталі.

Визначаємо мінімальну швидкість різання

$$K = (750/750)^{0.9} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.6 = 0,6$$

$$V = \frac{7 \cdot 5^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 0,2^{0.5}} \cdot 0,6 = 8,9 \text{ м / хв}$$

Визначаємо швидкість різання при обробці $\varnothing 12$ в чавунній заготовці з HB190, твердосплавними свердлами BK8 при подачі $S=0,3$ мм/об, з охолодженням коефіцієнти і показники міри у формулі мають такі значення: $C_v=34,2$, $q=0,45$, $y=0,3$, $m=0,2$ [25].

Коефіцієнт K_v визначається по формулі

$$K_v = K_{vm} \cdot K_{vp} \cdot K_{vi} \cdot K_{vl} \cdot K_{v3} \quad (3.4)$$

$$\text{де } K_{vm} = (HB/190)^{nv} \quad (3.5)$$

$nv=0,9$;

$K_{vp}=1$ при поверхні заготівлі без кірки;

$K_{vi}=0,5$ - інструмент з твердого сплаву;

$K_{vl}=1$ при глибині свердління $<3D$,

Стійкість свердла $T=25$ хв при: діаметрі свердління $D=5-12$ мм, сталевій деталі, свердлом з швидкорізальної сталі.

$$K = \cdot (190/190)^{0.9} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,5$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 12^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 0,3^{0.3}} \cdot 0,5 = 29,2 \text{ м / хв}$$

Мінімальна частота обертання шпинделя

$$n_{\min} = 1000 V_{\min} / \pi D_{\max} \quad (3.6)$$

$$n_{\min} = 1000 \cdot 8,9 / (3,14 \cdot 12) = 236 \text{ об/хв}$$

Максимальна частота обертання шпинделя

$$n_{\max} = 1000 V_{\max} / \pi D_{\min} \quad (3.7)$$

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\max} = 1000 \cdot 36,5 / (3,14 \cdot 5) = 1980 \text{ об/хв}$$

Момент, що крутить, $M_{кр}$, Нм :

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{Y_M} \cdot K_p \quad (3.8)$$

Значення коефіцієнтів у формулах: $C_p=68$, $C_M=0,0345$, $q_M=2.0$, $Y_M=0.8$,
 $K_p=(\sigma_B/750)^{np}$, $np=0.75$.

Тоді

$$M_{кр}=10 \cdot 0,0345 \cdot 12^2 \cdot 0,3^{0,8} \cdot (750/750)^{0,75} = 18,9 \text{ Нм}$$

3.2 Вибір електродвигуна

Визначаємо ефективну потужність різання N_e

$$N_e = M_{кр} \cdot n / 9750 \quad (3.9)$$

Визначаємо максимальну частоту обертання шпинделя при свердлінні
 твердосплавним свердлом Ø12.

$$n_{\max} = 1000 \cdot 29,5 / (3,14 \cdot 12) = 782 \text{ об/хв}$$

$$N_e = 18,9 \cdot 782 / 9750 = 1,51 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність приводного двигуна з урахуванням ККД в
 передачах [3, 32]

Загальне ККД приводу розраховується по формулі

$$\eta = \eta_{зп}^3 \times \eta_{пк}^4; \quad (3.10)$$

де $\eta_{зп}$ - ККД зубчастої пари. $\eta_{зп} = 0,98$ (3-4 пари);

$\eta_{пк}$ - ККД підшипників кочення, $\eta_{пк} = 0,99$ (3-4 пари).

$$\eta = 0,973 \times 0,994 = 0,89$$

$$N_d = 1,51 / 0,89 = 1,7 \text{ кВт.}$$

По розрахованій потужності обираємо асинхронний електродвигун

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

АІР80Б2 з номінальною потужністю електродвигуна 2,2 кВт і частотою 3000об/хв.

Основні розміри обраного електродвигуна, необхідні для його вбудовування в проєктований верстат, наступні:

- діаметр валу $d=32$ мм, довжина валу $l=80$ мм, ;
- фланець - діаметр $D_f=300$ мм, товщина $t=16$ мм;
- посадочний виступ на фланці - діаметр $D=230$, висота $h=4.0$ мм;
- кріпильні отвори у фланці: кількість - 4, діаметр - 15 мм, на діаметрі 265 мм;
- загальні габарити: довжина $L=452$, максимальний діаметр $D_{max}=300$ мм.

3.3 Вибір кінематичної структури і побудова кінематичної схеми приводу

Розрахунок зводиться до визначення чисел зубців коліс, що входять в коробку. Для цього використовуємо графоаналітичний метод розрахунку. Визначаємо граничні частоти обертання шпинделя [3, 32].

По заданих межах частот обертання шпинделя ($n_{min}=236$ об/хв, $n_{max}=1980$ об/хв, п. 3.2) визначаємо діапазон регулювання швидкостей :

$$R_n = \frac{n_{max}}{n_{min}} \quad (3.11)$$

$$R_n = \frac{1980}{236} = 8,3$$

Визначаємо число східців коробки швидкостей по формулі при прийнятому знаменнику геометричного ряду $\phi=1,26$

$$Z_n = 1 + \lg(n_{max}/n_{min}) / \lg(\phi) \quad (3.12)$$

$$Z_n = 1 + \lg(1980/236) / \lg(1,26)=10,2$$

Приймаємо для типових структур $Z_n = 12$

Складаємо геометричний ряд частот обертання шпинделя :

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо по нормалях верстатобудування $n_{max}=2000$ об/хв

Приймаємо по нормалях верстатобудування $n_{max}=200$ об/хв.

По таблиці стандартних чисел зі знаменником ряду $\phi=1,26$ вибираємо 12 значень швидкостей: $n=200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500$ об/хв.

Для побудови кінематичної схеми коробки швидкостей приймаємо її структуру.

Число частот обертання шпинделя $z=12$ представимо як:

$$Z=3 \times 2 \times 2=12$$

Цей конструктивний варіант забезпечить мінімальне число груп і кількість передач в групах, знижуючи габарити і вагу коробки [3, 32].

$$z=12=3_1 \times 2_3 \times 2_6$$

Побудуємо структурну сітку коробки швидкостей, структурна сітка коробки швидкостей представлена на рисунку 3.1.

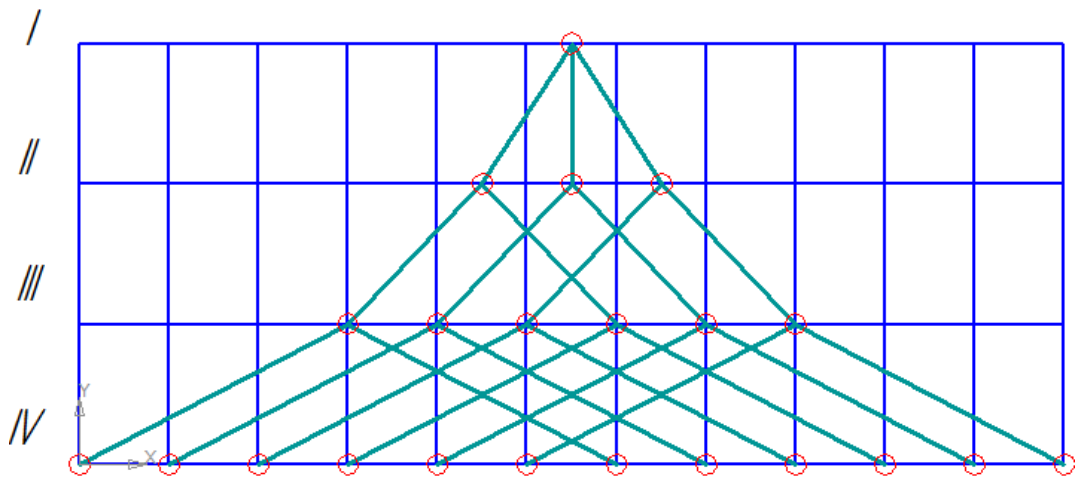


Рисунок 3.1 - Структурна сітка

3.4 Кінематичний розрахунок приводу приводу головного руху

Максимальне значення числа інтервалів, яке перекриває група, рівне 6, що менше гранично допустимого, рівного 9.

Побудуємо графік частот обертання, враховуючи, що частота обертання веденого валу не повинна збільшуватися більш ніж в 2 рази і зменшуватися більш ніж в 4 рази. Графік частот обертання представлена на рисунку 3.2. [3, 32]

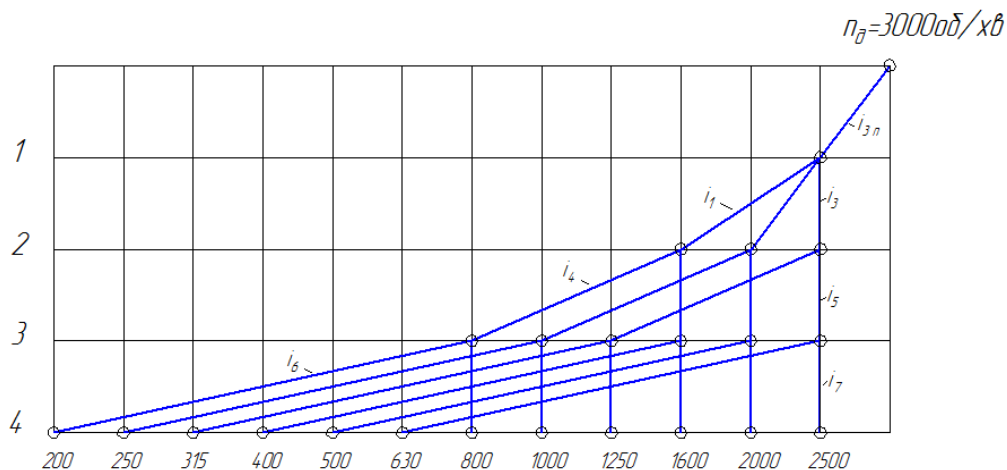


Рисунок 3.1 - Графік частот обертання

Кінематична схема коробки швидкостей представлена на рисунку 3.3

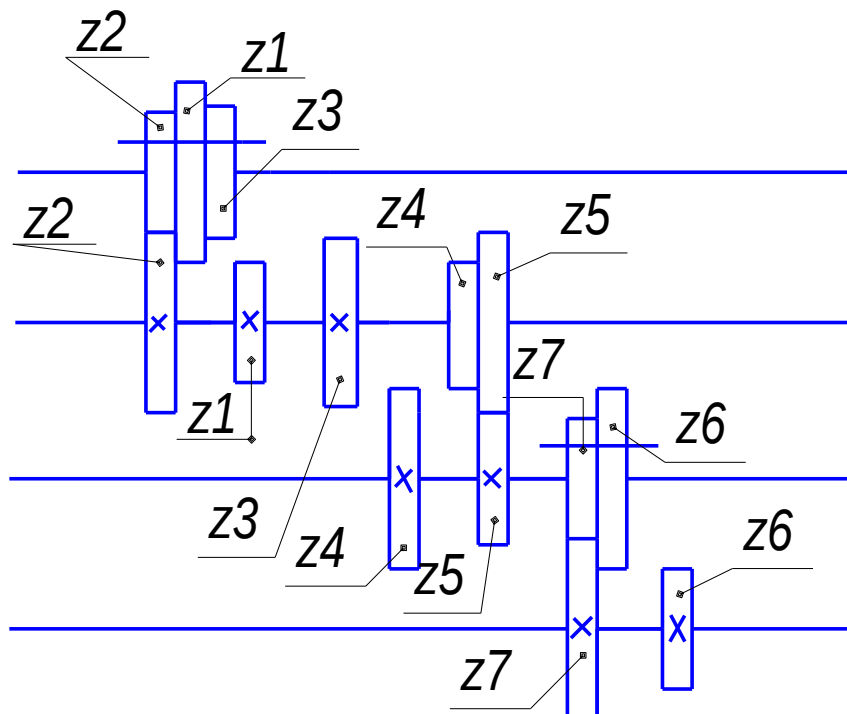


Рисунок 3.3 - Кінематична схема коробки швидкостей .

По структурному графіку частот обертання визначаємо передавальні відношення передач. Передавальні відношення між першим і другим валом:

$$i1=1/\varphi2=1/1,262=1/1,58$$

$$i2=1/\varphi=1/1,26$$

$$i3=1$$

Передавальні відношення між другим і третім валом:

$$i4=1/\varphi3=1/1,263=1/2$$

$$i5=1$$

Передавальні відношення між третім і четвертим валом:

$$i6=1/\varphi6=1/1,266=1/4$$

$$i7=1$$

Для розрахунку першого блоку зубчастих коліс необхідно прийняти із стандартного ряду мінімальну кількість зубів на колесі $z1=z_{\min}=17$.

Підбираємо числа зубців передач між першим і другим валом, виходячи з умов $z=17$, сума зубців між двома валами постійна.

Розрахунок реальних частот обертання виконували за допомогою ЕОМ в програмі Excel.

Результати розрахунку представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати розрахунку реальних частот обертання

	Сума зубців	Передавальне відношення	П розр, об/хв	П прийн., об/хв
$z1=21$ $z'/1=27$	48	0,77	$n1=188,05$ $n2=239,24$ $n3=50,45$ $n4=379,1$ $n5=488,47$ $n6=610,89$ $n7=769,2$	$n1=200$
$Z2=19$ $Z'/2=29$	48	0,65		$n2=250$
$Z3=24$ $Z'/3=24$	48	1		$n3=315$
$Z4=20$ $Z'/4=40$	60	0,5		$n4=400$
$Z5=30$ $Z'/5=30$	60	1		$n5=500$
$Z6=54$ $Z'/6=54$	108	1		$n6=630$ $n7=800$

Z7=22 Z7'=86	108	0,25	n8=978,38 n9=1209,197 n10=1572,4 n11=1967,75 n12=2894,39	n8=1000 n9=1250 n10=1600 n11=2000 n12=2500
-----------------	-----	------	--	--

Геометричний розрахунок виконаний за допомогою ЕОМ в програмі КОМПАС (результати розрахунку приведені в таблиці 3.2)

Таблиця 3.2 - Геометричні параметри зубчастих коліс

Число зубців	Z2=19	Z2'=29	Z5=30	Z5'=30	Z7=22	Z7'=86
Модуль мм	4		4,5		5	
Ширина вінця, мм	20		42		54	
Передавальне число	1,58		1		4	
Міжосьова відстань, мм	94		135		270	
Ділильний діаметр, мм	76	112	90	180	110	430
Діаметр вершин, мм	84	120	99	189	120	440
Діаметр западин, мм	66	102	78,75	168,75	97,5	417,5

3.5 Перевірочні розрахунки деталей і механізмів приводу

Розрахунок моментів, що крутять, вироблюваний по формулі

$$M_{KPi} = 9565 \times N_{\text{э}} \times \frac{\eta_{i-1}}{n_{pi}}; \quad (3.13)$$

де N - номінальна потужність електродвигуна, кВт;

η_{i-1} - ККД передач в ланцюзі від електродвигуна до i -го валу;

n_{pi} - розрахункова реальна частота обертання i -го валу, об/хв.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$\eta_1 = \eta_{pn} \times \eta_{nk2} = 0,95 \times 0,992 = 0,93;$$

$$\eta_2 = \eta_{pn} \times \eta_{nk4} \times \eta_{zn} = 0,95 \times 0,994 \times 0,97 = 0,885;$$

$$\eta_3 = \eta_{pn} \times \eta_{nk6} \times \eta_{zn2} = 0,95 \times 0,996 \times 0,972 = 0,84;$$

$$\eta_4 = \eta_{pn} \times \eta_{nk8} \times \eta_{zn3} = 0,95 \times 0,998 \times 0,973 = 0,8$$

$$M_{KP1} = 9565 \times 2,2 \times \frac{0,93}{2500} = 7,8 (H \cdot m);$$

$$M_{KP2} = 9565 \times 2,2 \times \frac{0,885}{1600} = 11,6 (H \cdot m);$$

$$M_{KP3} = 9565 \times 2,2 \times \frac{0,84}{800} = 22,1 (H \cdot m);$$

$$M_{KP4} = 9565 \times 2,2 \times \frac{0,8}{200} = 84,2 (H \cdot m).$$

Розрахунок сил, діючих в зачепленні

Визначимо окружне зусилля в зачепленні зубчастих коліс

$$T_i = \frac{2M_i 10^3}{d_i}; \quad (3.14)$$

де d_i - дільний діаметр зубчастого колеса, мм.

Визначимо радіальне зусилля в зачепленні зубчастих коліс

$$P_i = T_i \times \operatorname{tg} \alpha; \quad (3.15)$$

де α - кут профілю зуба, $\alpha = 20^\circ$.

Окружна сила, діюча на перший вал, :

$$T1 = 2 \times 7,8 \times 103/60 = 260 \text{ H}$$

$$P1 = 260 \times \operatorname{tg} 20^\circ = 94,7 \text{ H}$$

Окружна сила, діюча на другий вал, :

$$T2 = 2 \times 11,6 \times 103/76 = 257,8 \text{ H}$$

$$P2 = 257 \times \operatorname{tg} 20^\circ = 93,83 \text{ H}$$

Окружна сила, діюча на третій вал, :

$$T3 = 2 \times 22,1 \times 103/90 = 491 \text{ H}$$

$$P3 = 491 \times \operatorname{tg} 20^\circ = 179,3 \text{ H}.$$

Окружна сила, діюча на четвертий вал, :

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T4=2\times84,2\times103/110=1531\text{ H}$$

$$P4=1531\times\operatorname{tg}20^{\circ}=529,7\text{ H.}$$

Для 1-го валу виберемо підшипник легкої серії N212 : d=60мм, D=110мм.

Для 2-го валу виберемо підшипник легкої серії N215 : d=75мм, D=130мм. Для

3-го валу виберемо підшипник легкої серії N213 : d=65мм, D=120мм.

Для шпindelної втулки виберемо підшипники легкої серії N220 : d=100мм, D=180мм.

Ресурс підшипників дорівнює 30000 годин, вид вантаження середньонормальний.

Матеріал валів - Сталь 45 нормалізована, межа міцності $\sigma_B=610\text{ МПа}$.

Нормальна напруга від вигину і дотична напруга від кручення, що змінюється по симетричному циклу напруги

$$\sigma_{-1}=275\text{ МПа}, \tau_{-1}=165\text{ МПа}.$$

Моменти, що вигинають і крутять, на валу, а також коефіцієнт запасу міцності визначені на ПЕВМ в програмі "Верстат".

На малюнках 3.4-3.7 зображені епюри коефіцієнтів запасу міцності валів.

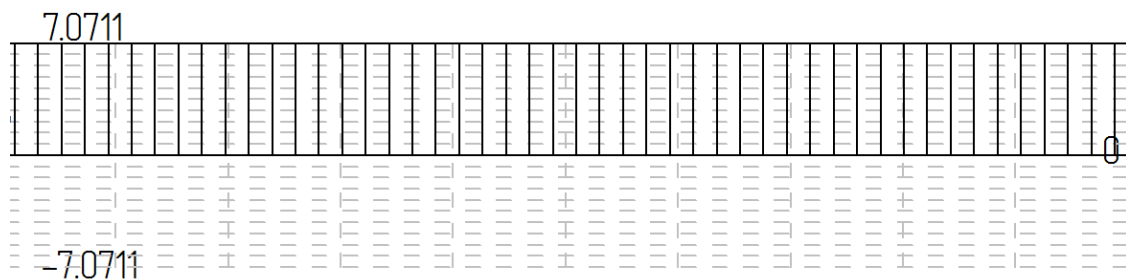


Рисунок 3.4 - Графік коефіцієнта запасу міцності 1-го валу

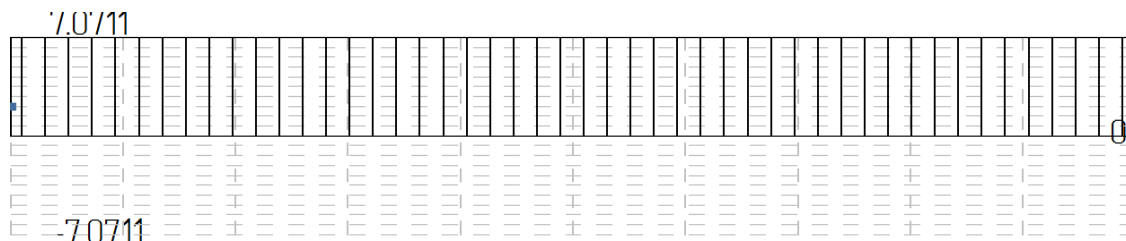


Рисунок 3.5 - Графік коефіцієнта запасу міцності 2-го валу

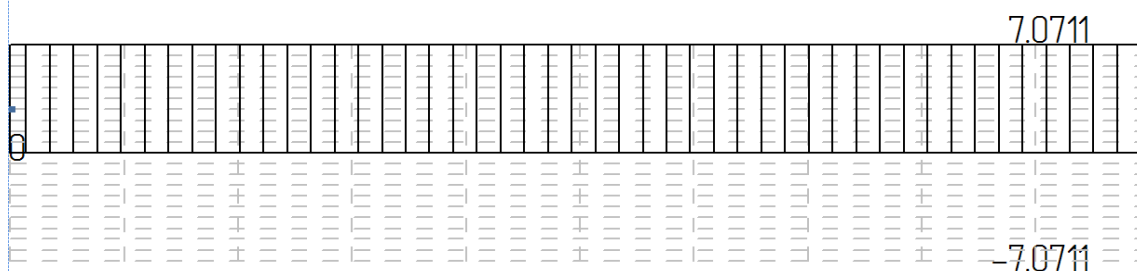


Рисунок 3.6 - Графік коефіцієнта запасу міцності 3-го валу

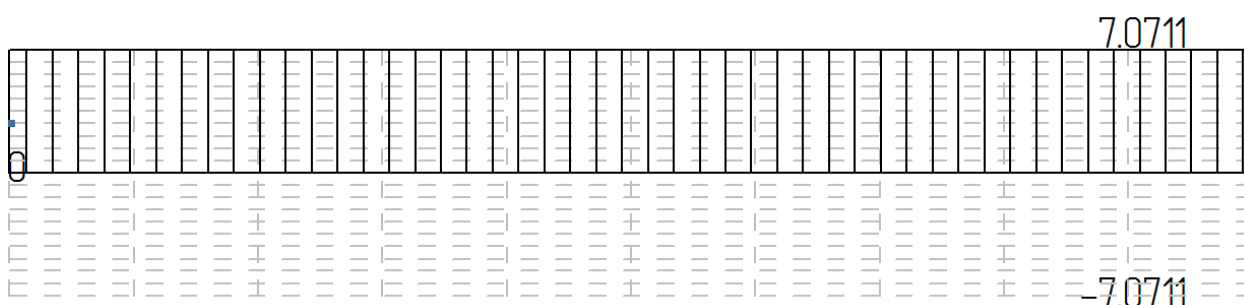


Рисунок 3.7 - Графік коефіцієнта запасу міцності 4-го валу

Перевірка коефіцієнта запасу міцності визначила, що усі чотири вали задовольняють умові значення запасу $[S, \text{що допускається}] = 1,3.2$.

3.6 Вибір механізму перемикання швидкостей

Для цієї коробки швидкостей застосовується перемикання швидкостей за допомогою зубчастих секторів. При повороті зубчастих секторів приводяться в дію вилки, які пересувають блоки зубчастих коліс.

Перемикання здійснюється трьома важелями. За допомогою першого важеля пересувається блок, що складається з трьох зубчастих коліс, що сидять на першому валу. Кут, на який обертається перший важіль, складає 90° . Другий і третій важіль розташовані спільно і при повороті на 60° переміщують 2-ий і 3-ий блоки відповідно. Фіксація виробляється за допомогою підпружиненої кульки.

Визначення радіусу, числа зубців і модуля зубчастого сектора.

1-й блок

Виходячи з довжини кола і кута повороту зубчастого сектора, знайдемо його радіус по формулі:

$$r = L \times 4 / 2\pi \quad (3.16)$$

де r - радіус сектора;

α - частина кола для сектора, $\alpha=4$;

L - довжина кола зубчастого сектора, мм.

$$r = 125 \times 4 / 6,28 = 80 \text{ мм}$$

Далі підберемо число зубців зубчастого сектора і знайдемо його модуль по формулі:

$$m = 2 \times r / z \quad (3.17)$$

де r - радіус сектора;

z - число зубців.

Прийmemo $z = 32$, тоді

$$m = 2 \times 80 / 32 = 5$$

На рисунку 3.8 показаний механізм перемикання швидкостей для першого блоку.

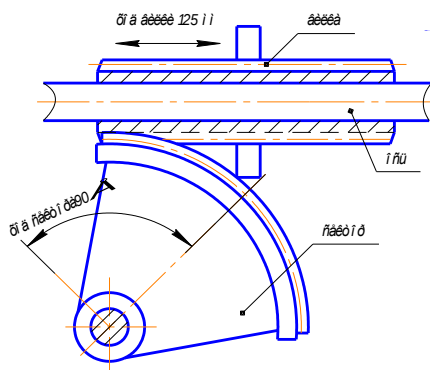


Рисунок 3.8 - Механізм перемикання швидкостей для першого блоку.
2-й блок

$$L = 90, \alpha = 6.$$

$$r = 90 \times 6 / 6,28 = 86 \text{ мм}.$$

Прийmemo $z = 34$, тоді

$$m = 2 \times 86 / 34 = 5 \text{ мм}$$

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

На рисунку 3.9 показаний механізм перемикання швидкостей для другого блоку.

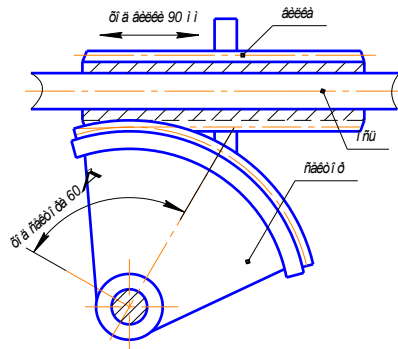


Рисунок 3.9 - Механізм перемикання швидкостей для другого блоку.
3-й блок

$$L=115, \alpha=6.$$

$$r=115 \times 6 / 6,28 = 110 \text{ мм.}$$

Прийmemo $z=40$, тоді

$$m=2 \times 110 / 40 = 5,5 \text{ мм.}$$

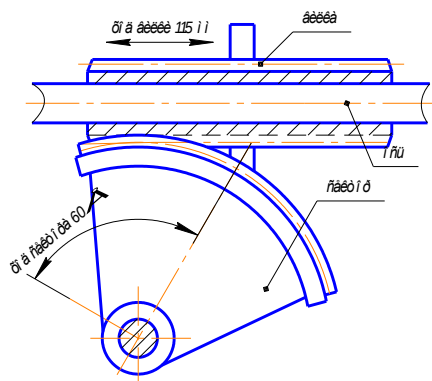


Рисунок 3.10 - Механізм перемикання швидкостей для третього блоку.

3.7 Змащення і охолодження

Зубчасті колеса змащуються внаслідок розбризкування масла під дією відцентрових сил. Для мастила приймаємо масло індустріальне ІС-40А з в'язкістю $40 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ (контактна напруга 400...1000 МПа, окружна швидкість 2...5 м/с).

Необхідну продуктивність насоса визначимо по формулі

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$Q = 35 \times K \times \frac{N_{TP}}{\Delta t}; \quad (3.18)$$

де $N_{\text{ТЕР}}$ - потужність тертя, знаходиться по формулі

$$N_{\text{ТЕР}} = N_{\text{ДВ}} \times (1 - \eta); \quad (3.19)$$

$$N_{\text{ТЕР}} = 2,8 \times (1 - 0,83) = 0,476 \text{ кВт}$$

Δt - перепад температури на виході і вході зони поверхонь, що труться,
 $\Delta t = 45 \dots 50^\circ\text{C}$

K - коефіцієнт запасу масла, $K = 2$.

$$Q = 35 \times 2 \times \frac{0,476}{50} = 0,67 \text{ л/хв}$$

Діаметр трубопроводу визначимо по формулі

$$d = 46 \sqrt{\frac{Q}{V}}; \quad (3.12)$$

де V - середня швидкість протікання масла, $V = 2.4 \text{ м/с}$.

$$d = 46 \sqrt{\frac{0,67}{3}} = 22 \text{ мм}$$

Для цієї системи мастила приймемо насос 11-18МН3031- 61.

Технічна характеристика насоса :

Номінальна подача Q - 0,7 л/хв;

Тиск нагнітання $P_{\text{ном}}$ - 0,25 МПа;

Діапазон частот обертання n - 500-1000 об/хв;

Об'ємний ККД - 0,8.

3.8 Розрахунок приводу подач

Для забезпечення руху подачі шпіндельної голівки верстата спроектуємо привід подачі з використанням кульково-гвинтової передачі для перетворення обертального руху в поступальне з електроприводом постійного току, який дозволяє безступенево змінювати величини подач.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Визначимо основні технічні вимоги для шарико-винтової передачі встановлені в ГОСТ 2 P31- 5-89. Норм точності гвинта по ГОСТ 2 P31- 4-88.

Гвинти виготовлені із сталі 8ХФ ГОСТ 5950-73, з твердістю робочих поверхонь HRC 59-63 і параметром шорсткості робочої поверхні не більш Ra 0,63 мкм.

Гайки гвинтів виготовлені із сталі 9ХС ГОСТ 5950-73, з твердістю робочих поверхонь HRC 59-63 і параметром шорсткості робочої поверхні не більш Ra 0,63 мкм.

Кульки виготовлені із сталі ШХ 15 ГОСТ 801-78, з твердістю робочих поверхонь HRC 63-67 і параметром шорсткості робочої поверхні не більш Ra 0,040 мкм.

При зборці порожнину гайки заповнюють пластичним мастильним матеріалом марки ЦІАТИМ- 201.

Передача вимагає хорошого захисту від забруднення. Тому використовуємо телескопічний кожух і пристрою для зняття забруднення. Їх кріпимо до кожного торця основної гайки. Проектовані кулькові гвинтові пари виготовлені з попереднім натягом. Це зроблено з метою усунення осьового проміжку в сполученні гвинт-гайка і підвищення тим самим осьовій жорсткості і точності переміщення веденого елемента КГП.

Початкові дані для розрахунку:

- Виконання (корпусні);
- тип передачі (з попереднім натягом)
- число заходів різьблення ($z = 1$);
- число робочих витків гайки ($i=3$);
- мінімально необхідна жорсткість ($R=1000$ Н/мкм);
- необхідний ресурс ($L_h= 10000$ год);
- вірогідність безвідмовної роботи ($P_t= 95\%$);
- клас точності по ГОСТ 2 P31- 4-88;
- твердість робочих поверхонь (HRC 59-63);

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

- провідний елемент (гвинт);
- схема закріплення гвинта (для гвинта поперечної подачі супорта - два кінці опорні);
- довжина не опорної частини гвинта ($l=500$ мм);
- коефіцієнт запасу по частоті обертання ($K_b=2$);
- коефіцієнт тертя кочення ($f_k=0,005$ мм);
- якість матеріалу деталей передачі;
- циклограма навантаження, задається значеннями осьової сили F_i (Н),

Визначення максимальних параметрів. З числа заданих в циклограмі завантаження визначають найбільшу:

- силу (за абсолютною величиною), Н

$$F_{max} = |F_{imax}| = 3750 \text{ Н}$$

- частоту обертання

$$n_{max} = |n_{imax}| = 40 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначення коефіцієнтів, що коригують. Вплив точності виготовлення передачі враховують введенням в розрахункові формули коефіцієнтів $K_m = 1,0$; $K_{m0} = 1,0$; $K_{mR} = 1,2$.

При виконанні розрахунків для вірогідності Рт безвідмовної роботи більше 90% вводять коефіцієнт .

Коефіцієнти, що таким чином коригують, K і K_0 для визначення розрахункових значень відповідно до динамічної і статичної вантажопідйомності: $K = K_T K_p = 1 \cdot 0,85 = 0,85$;

$$K_0 = K_{m0} = 1.$$

Для передачі з натягом мінімально необхідна базова динамічна вантажопідйомність з умови збереження натягнення і досягнення необхідної жорсткості:

$$C_{amin} = 1,25 F_{max} / K \quad (3.13)$$

По таблицях стандарту знаходимо типорозмір, який задовольняє умові

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для передач з натягом $C_a \geq C_{amin}$.

По таблиці для вибраного типорозміру КГП вибираємо значення:

d_0 - номінальний діаметр, 50 мм;

P - крок, $P = 12$ мм;

D_w - діаметр кульки, $D_w = 7$ мм;

C_a - базова динамічна вантажопідйомність, $C_a = 85734,7$ Н;

C_{a0} - базова статична вантажопідйомність, $C_{a0} = 138186,7$ Н.

Визначаємо значення скоректованої динамічної і скоректованої статичної вантажопідйомності:

$$C_{ap} = KC_a = 0,85 \cdot 85734,7 = 72874,5 \text{ Н};$$

$$C_{0ap} = KC_{a0} = 0,85 \cdot 138186,7 = 117458,7 \text{ Н}.$$

Виконуємо оцінку вибраного типорозміру передачі по можливій силі попереднього натягу і максимально досяжної жорсткості. Заздалегідь силу натягу приймають рівною

$$F_{нат} = (0,1 \dots 0,2)C_{ap}, \quad (3.14)$$
$$F_{нат} = 8573,5 \text{ Н}$$

За умови

$$F_{нат} \geq 0,25F_{max}, 8573,5 > 250.$$

КГП з натягом складається з двох гайок, кожна з яких після зборки навантажена осьовою силою натягу. Залежно від напрямку зовнішньої осьової сили F робочою може так як одна (ліва), так і інша (права) гайка. Сила, яка навантажує:

– праву (робочу) гайку

$$Q_{ni} = F_{нат}(1 - 0,25F_{ли}/F_{нат})^2 \quad (3.15)$$

– ліву (неробочу) гайку

$$Q_{ли} = Q_{ni} = F_{ni} \quad (3.16)$$

У приведених формулах сили та підставляються зі своїми знаками:

Сили $F_{ли}$ - зі знаком плюс;

Сили F_{ni} - зі знаком мінус.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня частота обертання при заданому часі роботи :

$$n_{cp} = 0,01 \sum_j^r n_i t_i. \quad (3.17)$$

Еквівалентна напруга для розрахунку ресурсу лівої гайки :

$$Q_{лE} = \sqrt[3]{0,01 \sum_j^r (Q_{ли}^3 n_i t_i) / n_{cp}} \quad (3.18)$$

Еквівалентна напруга для розрахунку ресурсу правої гайки :

$$Q_{нE} = \sqrt[3]{0,01 \sum_j^r (Q_{ни}^3 n_i t_i) / n_{cp}} \quad (3.19)$$

При розрахунку як еквівалентна напруга приймаємо найбільше з $Q_{лE}$ і $Q_{нE}$.

Для розрахунку на статичну вантажопідйомність служить найбільша з двох $Q_{лmax}$ і $Q_{нmax}$.

Розрахунок на статичну міцність. Статична міцність поверхні качення забезпечується, якщо:

$$F_{кр} \leq C_{0ap} \quad (3.20)$$

Розрахунок передачі на заданий ресурс. Фактичний ресурс передачі:

$$L_{hф} = 10^6 (C_{ap} / F_E)^3 / (60 n_{cp}) \quad (3.21)$$

де C_{ap} - скорректированная динамічна вантажопідйомність, Н;

F_E - еквівалентне навантаження, Н;

n_{cp} - середня частота обертання, .

$$L_{hф} = 2845296,1 \text{ год.}$$

Передача придатна $L_{hф} \geq L_h$, $2845269,1 > 10000$, де L_h - заданий ресурс.

Перевірка гвинта на статичну стійкість.

Визначаємо значення критичної сили , Н, по Ейлеру:

$$F_{кр} = \pi^3 E d^4 / (64 S (\mu l)^2) \quad (3.22)$$

де E - модуль пружності матеріалу гвинта, МПа (для сталі $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа);

d - діаметр западин різьблення гвинта, $d=47$ мм;

S - коефіцієнт запасу, $S=3$;

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

μ - коефіцієнт, залежний від способу закріплення гвинта, $\mu=1$;

l - довжина навантаженої ділянки гвинта, $l=500\text{мм}$.

$$F_{кр} = 463768,8 \text{ Н}$$

Статична стійкість забезпечена: $F_{max} \leq F_{кр}$, $1000 < 463768,8$.

F_{max} - найбільша осьова сила, що навантажує гвинт на довжині l .

Перевірка на динамічну стійкість. Гранична частота $n_{гран.}$ регламентується двома чинниками: критичною частотою пкр обертання і лінійною швидкістю руху кульки, останню у свою чергу обмежують чинником:

$$d_0 n \leq 8 \cdot 10^4, \text{ мм} \cdot$$

Критичну частоту $n_{кр}$, обертання обчислюємо з умови запобігання резонансу :

$$n_{кр} = 5 \cdot 10^7 \mathcal{V} K_6 d / l_2 \quad (3.23)$$

де $\mathcal{V}$ - коефіцієнт, залежний від способу закріплення гвинта, $\mathcal{V}=2,2$;

K_6 - коефіцієнт запасу по частоті оборотів, $K_6=2$.

$$n_{кр} = 37840 \text{ об/хв}$$

В якості граничної частоти приймають найменше з $n_{гран.} = n_{кр}$ та $n_{гран.} = 8 \cdot 10^4 / d_0$, $n_{гран.} = 1600 \text{ об/хв}$.

Приймаємо $n_{max}=1000 \text{ хв}^{-1}$, $n_{max} \leq n_{гран.}$, $1000 < 1600$.

ККД кульково-гвинтової передачі, що перетворює обертальний рух в поступальний при провідному гвинті:

$$\eta = tg\psi K_{нат} / tg(\psi + \rho) \quad (3.24)$$

ψ - кут нахилу різьблення, рад:

$$\psi = arctg(Pz / (\pi d_0)) = 3^\circ 38';$$

$K_{нат}$ - коефіцієнт, що враховує вплив натягу;

ρ - приведений кут тертя в різьбленні, рад.:

$$\rho = arctg(f_k / (0,5 D_w \sin \alpha)) \quad (3.25)$$

де f_k - коефіцієнт тертя кочення, $f_k = 0,005 \text{ мм}$;

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

α - кут контакту, $\alpha=45^0=0,785$ рад.

$$\eta = 0,88.$$

Коефіцієнт $K_{нат}=1$ при $F_{нат} \leq F_{max}/3$.

$$K_{нат} = \frac{F_{max}/F_{нат}}{\left(1 - \frac{0,65F_{max}}{F_{нат}}\right) - \left(1 - \frac{0,35F_{max}}{F_{нат}}\right)tg(\psi - \rho)/tg(\psi + \rho)} \quad (3.26)$$

Момент холостого ходу, Н·м :

$$T_{xx} = 0,5 \cdot 10^{-3} F_{нат} d_0 \sin(2\rho) / K_T \cos(\psi + \rho) + \cos(\psi - \rho) \quad (3.27)$$

де K_T - коефіцієнт, що враховує вплив точності виготовлення.

$$T_{xx} = 0,87 \text{ Н·м}$$

Найбільший момент загвинчування, Нм:

$$T_{загв.} = 0,5 \cdot \frac{10^{-3} F_{max} z P}{\pi n} + T_{xx} \quad (3.28)$$

де P - крок різьби, мм;

z - число заходів різьби.

$$T_{загв.} = 8,96 \text{ Н·м}$$

Найбільша лінійна швидкість $\mathcal{V}$, м/с, переміщення веденого елемента визначається залежно від частоти обертання :

$$\mathcal{V} = P z n_{max} / 60000 \quad (3.29)$$

$$\mathcal{V} = 0,014 \text{ м/с}$$

Розрахунок геометрії профілю різьблення.

Радіус кульки, мм: $r_w = D_w/2=7/2=3,5$.

Радіус профілю різьблення, мм:

$$r_{np} = (1,03 \dots 1,05) r_w = 3,605 \text{ мм.}$$

Кількість кульок в одному витку гайки:

$$z_k = \pi d_0 / (D_w \cos \Psi) = 23.$$

Кількість робочих кульок в одному витку з вкладишем: $z_p = z_k - z' = 27 - 5 = 17$

де z' кількість кульок в каналі повороту, $z=3P/D_w$. Розрахункова кількість кульок у витках:

$$z_{розр.} = 0,7 z_p i_g = 36.$$

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Нормальна сила, що навантажує одну кульку, Н:

$$F_n = \frac{F_p}{z_{розр} \cdot \sin \alpha \cos \psi} = 147,74.$$

де F_n - розрахункова сила, Н.

Параметри майданчика контакту між тілом кочення і доріжкою кочення :

$$A_b = \left(1 - \frac{r_w}{r_{np}}\right) \left(1 - 2r_w \frac{\cos \alpha}{d_0}\right) = 0,026;$$

$$M = (1,32 - 0,98A_b)^2 = 1,68;$$

$$A = M^3 \sqrt{F_n r_w r_{np} / (E(r_{np} - r_w))} = 0,74, \text{ мм.}$$

Радіус галтелі гвинта :

Зовнішній діаметр різьблення гвинта, мм:

$$d_1 = d_0 - 2[(r_w - r_e) \cos(\alpha + \gamma) - r_e] = 57,1 \text{ мм.}$$

Зміщення центру радіусу профілю, мм:

$$c_{np} = (r_{np} - r_w) \sin \alpha = 0,07.$$

Внутрішній діаметр різьблення гвинта, мм:

$$d_{2e} = d_0 + 2c_{np} - 2r_{np} = 42,94 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр різьблення гайки, мм:

$$d_{2r} = d_0 - 2c_{np} - 2r_{np} = 57,06 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр різьблення гайки, мм:

$$d_{3r} = d_0 - 0,5(d_0 - d_1) = 51,59 \text{ мм.}$$

Діаметр кочення по гвинту, мм:

$$d_{кв} = d_0 - 2r_w \cos \alpha = 45,05 \text{ мм.}$$

Діаметр кочення по гайці, мм:

$$d_{кг} = d_0 + 2r_w \cos \alpha = 54,95 \text{ мм.}$$

Розрахунок стержня гвинта на міцність. Напруженість , МПа, розтягування – стискування при вантаженні силою , Н:

$$\tau = 4F_{max} / (\pi d_{2e}^2),$$

$$\tau = 2,16 \text{ МПа.}$$

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Напруженість τ , МПа, кручення при навантаженні найбільшим моментом загвинчування: $T_{зав}$, Н·м,:

$$\tau = 10^3 T_{зав} / (0,2 d_{26}^3),$$

Міцність гвинта визначається по еквівалентним навантаженням

$$\tau = 0,44 \text{ МПа.}$$

$$\tau_E = \sqrt[2]{\tau^2 + 3\tau^2} \leq [\tau],$$

$$\tau_E = 2,29 \leq [\tau].$$

Допустиме напруження гвинта $[\tau] = \tau_T / 3 = 750 / 3 = 250 \text{ МПа.}$

Осьова жорсткість C_B , Н/мкм, гвинта діаметром d_B , мм і завдовжки l , мм, при закріпленні за схемою 2 (обидва кінці опорні):

$$C_B = \pi d_{26}^2 E / (4 \cdot 10^3 l),$$

$$C_B = 728,7 \text{ Н/мкм.}$$

За формулою 3.9 визначаємо ефективну потужність двигуна за максимальним крутним моментом $M_{кр} = 8,9 \text{ мм}$ і максимальною частотою обертання 1000 об/хв:

$$N_e = 8,9 \cdot 1000 / 9750 = 0,91 \text{ кВт}$$

З урахуванням ККД кульково-гвинтової передачі потужність двигуна дорівнює:

$$N_d = 0,91 / 0,88 = 1,034 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун постійного току П4104 потужністю $N = 1,2 \text{ кВт}$ і частотою обертання 1000 об/хв, який забезпечує безступеневе регулювання частоти обертання за рахунок зміни сили струму в обмотці якорю за допомогою потенціометра. Вибір такого двигуна забезпечує безступеневе регулювання подачі шпиндельної головки вертикально-свердлильного верстату, що проектується.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Розглянемо умови праці при роботі на вертикально-свердлильному верстаті.

В загальному випадку усі виробничі фактори діляться на небезпечні і шкідливі. Небезпечний виробничий фактор, це такий, дія якого може привести до травми або іншого різкого раптового погіршення здоров'я. Шкідливий виробничий фактор, це такий, дія якого може привести до зниження працездатності, захворювання або професійного захворювання.

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори підрозділяються на 4 групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні за класифікацією [8].

До небезпечних фізичних факторів при роботі на свердлильному верстаті відносяться:

- частини верстатів, що рухаються і обертаються, а саме шпиндельна голівка, яка поступово рухається разом із різальним інструментом;
- різальний інструмент (свердло, зенкер, розвертка, цеківка, мітчик),
- стружка і сколи різальних інструментів;
- твердосплавні вставки в збірних інструментах
- нагріті поверхні обладнання, інструменту, заготовок;
- висока напруга в силовій електричній мережі і статична електрика;
- можливість виникнення пожеж.

Шкідливими фізичними факторами є:

- вологість і швидкість руху повітря робочої зони, температура повітря, які не відповідають нормам;
- нетоксичний пил;
- шуми і вібрації підвищеного рівня;

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Колода В.			Безпека життєдіяльності та основи охорони праці				Літ.	Лист	Листів	
Перевір.		Кобельник									64	
Консульт.		Окіпний							ТНТУ, гр.МВ-41			
Н. Контр.		Кобельник										
Затв.		Крупа										

- нераціональне освітлення зони обробки.

До шкідливих хімічних факторів відносяться: токсичний пил (свердління крихких металів і неметалічних матеріалів), шкідливі пари, аерозолі мастильно-охолодних рідин (МОР).

До біологічних факторів відносяться мікроорганізми, що знаходяться у відпрацьованій МОР.

До психофізіологічних факторів процесів обробки матеріалів різанням відносяться:

- перенапруження зору;
- статичні навантаження;
- монотонність праці.

4.1 Небезпечні виробничі фактори

Розглянемо небезпечні виробничі фактори детальніше [8, 9, 23,30,31].

При роботі на свердлильних верстатах можливі травми, які можуть бути нанесені різальним інструментом, стружкою, деталлю, що обробляється і пристроями для її закріплення. У випадках порушення правил експлуатації верстатів, перевищення режимів різання, а також за відсутності пристроїв, що захищають, можливі поранення верстатників свердлами, зенкерами, розвертками, цеківками, що обертаються. Найбільшу небезпеку для свердлильників представляють незахищені різальні інструменти з твердосплавними вставками, оскільки може статися виліт цих вставок при недостатній надійності їх закріплення.

Нещасні випадки можуть статися при закріпленні деталі або знятті її з верстата, коли руки робітника знаходяться поблизу незахищеного свердла, або інших інструментів. Неправильно підібрані або несправні пристрої для кріплення заготовок, особливо зі зниженою жорсткістю, також представляють небезпеку для верстатників під час дотику до свердла,

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

зенкеру, розвертки, мітчика, що одночасно обертаються і поступально переміщуються у вертикальному напрямку. Недостатня сила закріплення заготовок призводить до їх викиду. Також можливий викид і виліт різального інструменту при їх невірній установці, або недостатній силі закріплення. Ці явища призводять до травмування робітників.

Особливу небезпеку представляє стружка. Зливна стружка, яка утворюється при свердлінні в'язких матеріалів, може призвести до порізу рук і ніг верстатників і прибиральників стружки. Дроблена стружка сколу, що утворюється при обробці крихких матеріалів (латуні, бронзи, чавуну), а також при дробленні зливної стружки, розлітається на відстань 3 м при температурі 400-600 °C і становить небезпеку для очей, може викликати опіки шкіри рук та обличчя працівників.

Випадки механічного травмування при роботі на свердлильних верстатах розподіляються таким чином в % :

- травмування пальців або кисті рук інструментом, що обертається і поступово рухається – 70;
- травмування очей стружкою, що відлітає – 15;
- травмування рук або ніг при наладці верстата, установці і знятті оброблюваної деталі, кріпленні і знятті інструменту – 8;
- травмування тіла працюючого деталлю, що вирвалася з кріплення при обробці, – 3;
- травмування пальців рук при прибиранні стружки – 3;
- інші випадки травмування – 1.

Не менш небезпечним фактором є наявність високої напруги і пов'язана з цим можливість поразки електричним струмом.

Причиною поразки електричним струмом може бути:

- випадковий дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою;
- дотик до неструмоведучих частин електроустановок, що випадково

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

опинились під напругою внаслідок ушкодження ізоляції, або іншої несправності;

- попадання під напругу під час проведення ремонтних робіт на відключеному електроустаткуванні через помилкове його включення;

- замикання дроту на землю і виникнення крокової напруги на поверхні землі або основи, на якій знаходиться людина.

Дія електричного струму на організм людини супроводжується зовнішнім ураженням тканин та органів у вигляді механічних ушкоджень, електричних знаків, електрометалізації шкіри, опіків. Електротравма може виникнути без безпосереднього контакту з провідниками, що проводять струм (ураження через електричну дугу, крокову напругу тощо). Проходячи через тіло людини, електричний струм діє не тільки в місцях контактів і на шляху проходження через організм, але й на центральну нервову систему, що спричиняє до ураження внутрішніх органів (серця, легенів тощо). Електричний струм, проходячи через організм людини, призводить до термічної, електролітичної та біологічної дій (електротравматизм).

Термічна дія струму виявляється в опіках окремих ділянок тіла, нагріванні до високої температури кровоносних судин, нервів, серця, мозку, що стає причиною серйозних функціональних розладів.

Електролітична дія струму виявляється в розкладанні органічної речовини та крові, що призводить до істотних змін їх фізико-хімічного складу.

Біологічна дія струму виявляється у подразненні збудливих тканин організму, яке супроводжується мимовільним скороченням м'язів. Тривалість проходження струму через організм впливає на кінцевий результат ураження: чим довше проходить струм, тим більша можливість тяжкого і смертельного наслідку.

Електротравми підрозділяють на місцеві, загальні і змішані. До 55 % всіх нещасних випадків від електричного струму в промисловості доводиться

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на змішані травми.

Наявність на об'єкті горючої речовини може призвести до виникнення пожежі. Джерелами запалення можуть бути електричні іскри, дуги і перегріті поверхні. При роботі свердлильного верстата можливе перегрівання електродвигунів, поява іскріння, плавлення ізоляції електричних кабелів. Усі перелічені фактори стати причиною виникнення пожежу.

4.2 Шкідливі виробничі фактори

Також на верстатників діють шкідливі виробничі фактори. Величини параметрів мікроклімату (температури, швидкості руху і вологості) повітря робочої зони змінюються в широкому інтервалі. Це часто призводить до створення несприятливих умов. Тривала дія на людину несприятливих метеорологічних умов різко погіршує самопочуття, знижує продуктивність праці і часто призводить до різних захворювань.

Шкідливий та небезпечний вплив шуму на організм людини встановлено з повною достовірністю. Ступінь такого впливу, переважно, залежить від рівня та характеру шуму, форми та тривалості впливу, а також індивідуальних особливостей людини. Численні дослідження підтвердили той факт, що шум належить до загальнофізіологічних подразників, які за певних обставин можуть впливати на більшість органів та систем організму людини. Так, за даними медиків дія шуму може спричинити нервові, серцево-судинні захворювання, виразкову хворобу, порушення обмінних процесів та функціонування органів слуху тощо. Загальний рівень звукового тиску вертикально-свердлильного верстата знаходиться в межах від 89 до 97 дБ.

Дія вібрації на людину залежить від діапазону частот коливань, їх напрямку, тривалості дії, виду вібрації. Під вібрацією розуміють механічні коливання твердого тіла. Найпростішим видом таких коливань є гармонійні

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

коливання, за яких відбувається почергове наростання та спадання в часі (за синусоїдальним законом) значень рухомої точки чи механічної системи. Вібрації виникають зазвичай при роботі машин та механізмів, які мають неврівноважені й незбалансовані частини, що обертаються чи здійснюють зворотно-поступальний рух. До такого устаткування належать і оброблювальні верстати. Під час дії вібрації на організм людини спостерігаються зміни в діяльності серцевої та нервової систем, спазм судин, зміни у суглобах, що призводить до обмеження їх рухомості. Якщо спостерігається нетривала дія вібрації, то працівник передчасно втомлюється, при цьому продуктивність його праці знижується. Тривала дія вібрації може спричинити професійне захворювання - вібраційну хворобу. Під час розвитку цієї хвороби з'являється оніміння, відчуття повзання мурашок, біль у суглобах тощо. Особливо небезпечна вібрація робочих місць з частотою, яка є резонансною з частотою коливання окремих органів чи частин тіла людини, що може призвести до їх механічного ушкодження. Для більшості внутрішніх органів людини частота власних коливань становить 6-12 Гц.

Систематична дія загальної вібрації в резонансній зоні і навколо резонансної зони може бути причиною вібраційної хвороби, яка проявляється в стійких порушеннях фізіологічних функцій організму і обумовлена переважно дією вібрації на центральну нервову систему.

При свердлінні бронзи, латуні, чавуну і інших крихких металів і сплавів відбувається утворення металевого пилу і забруднення ним повітря. Особливо велика запиленість повітря пилом розміром до 10 мкм спостерігається при свердлінні чавуну, неметалічних матеріалів, таких як текстоліт, склотекстоліт, графіт. При свердлінні свинцеватих бронз і латуней зміст металевого пилу в зоні дихання верстатника відносно невеликий, проте кількість свинцю в пилі значно перевищує норму, що є надзвичайно небезпечним.

Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

через дихальні шляхи. Тривале вдихання пилу у виробничих умовах може привести до розвитку пилових захворювань бронхо-легеневого апарату – пневмоконіозів і хронічного пилового бронхіту. Надзвичайно небезпечне вдихання пилу, газів, туману берилію і його сполук, що приводить до захворювання бериліоз.

При свердлінні крихких металів, що сильно порошок, і неметалевих матеріалів важливу роль грає знепилення робочої зони, а при свердлінні з охолодження МОР– попередження забруднення робочої зони аерозолями МОР. Аерозолі нафтових масел, що входять до складу МОР, можуть викликати роздратування слизових оболонок дихальних шляхів, сприяти зниженню імунітету.

У робочих верстатників може виникати ряд захворювань шкіри від дії мастильно–охолоджувальних рідин. Найбільш поширені алергічні дерматити і екзема. Мастильно–охолоджувальні речовини можуть зашкодити організму при частому попаданні масла на відкриті ділянки шкіри, при тривалій роботі в одязі, забрудненому маслом, при вдиханні масляних парів.

Серед факторів зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, освітлення займає одно з перших місць. Недостатня освітленість при напруженій зоровій роботі або часта переадаптація зору призводять до швидкого стомлення, виникнення головних болів, погіршення зору. При поганому освітленні у людини швидко з’являється втомлюваність, падає продуктивність праці, зростає потенційна небезпека помилок у роботі і травматизму. Недостатня освітленість зони обробки викликає перенапруження зору верстатника і необхідність надмірного наближення очей до зони свердління, що підвищує вірогідність травмування. Дотримання прийнятих норм освітлення обумовлює підвищення продуктивності праці, зменшення браку, зниження кількості нещасних випадків.

Психофізіологічні фактори найчастіше виникають при невиконанні ергономічних вимог. У робітників-верстатників в результаті тривалого стояння

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розвиваються хвороби вен на ногах. До виникнення цих захворювань призводять систематичні тривалі статичні напруги м'язів, однотипні рухи, що виконуються у високому темпі, тиск на нервові закінчення і виникнення їх мікротравм.

Проведений аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів дозволяє обґрунтувати вибір заходів і засобів по їх недопущенню.

Основними напрямками забезпечення безпечних умов праці при роботі на свердлильному верстаті є:

- забезпечення відповідності чистоти повітря вимогам [8, 9, 23,30,31];
 - забезпечення відповідності освітлення робочої зони вимогам [8, 9, 23,30,31];
 - забезпечення відповідності рівня шуму на робочому місці вимогам [8, 9, 23,30,31];
 - забезпечення відповідності рівня вібрації на робочому місці вимогам [8, 9, 23,30,31];
 - забезпечення електробезпеки у відповідності з вимогами [8, 9, 23,30,31];
 - забезпечення пожежної безпеки у відповідності з вимогами [30, 31];
 - забезпечення безпеки обладнання у відповідності з вимогами [8];
- забезпечення безпеки процесів у відповідності з вимогами [9].

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота складається з 4-ох частин: аналітичної, технологічної, конструкторської, охорони праці, а також, висновків, переліку посилань та додатків.

В аналітичній частині розглянуто загальні відомості про свердлильні верстати і про роботи, що на них виконуються, їх призначення, класифікація і сфера застосування. Проведено загальний огляд вертикально-свердлильних верстатів, де особлива увага була приділена конструкції і технічним характеристикам вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н118, на базі якого виконано дану роботу.

У технологічній частині розглянуто деталь і її технологічні властивості, проведено розрахунок операційних припусків та вибір інструментів. На основі цього і з урахуванням аналізу матеріалу деталі, розроблено прогресивний технологічний процес обробки валу та розраховано режими різання.

У конструкторській частині проведено розрахунок приводу головного руху і приводу подач з використанням кульково-гвинтової пари. Отримані результати конструювання підтвердили правильність прийнятих конструктивних і технологічних підходів. Розроблено конструкцію коробки швидкостей приводу головного руху та привід подач.

Кваліфікаційну роботу обґрунтовано з точки зору охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки		
Розроб.	Колода В.						
Перевір.	Кобельник						
Н. Контр.	Кобельник						
Затв.	Крупа						
					Літ.	Лист	Листів
						72	1
					ТНТУ, гр.МВ-41		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
2. Бочков В. М., Сілін Р. І., Гаврильченко О. В. Металорізальні верстати : навч. посіб. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2009. 268 с.
3. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: підручник. Львів: Бескид Біт, 2008. 448 с.
4. Гейчук В.М. Функціональне проектування верстатів, роботів та машин в Autodesk Inventor (Частина І): навч. посіб. Навчальне мережне електронне видання. К.: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2017. 394 с.
5. Данильченко Ю.М., Шевченко О.В., Ковальов В.А., Волошин В.Н. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. 60 с.
6. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. 353 с
7. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б, Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль: ТНТУ, 2016. 75 с
8. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.
9. Законодавство України про охорону праці. У 4-х томах. – К.: Основа, 1995.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Колода В.			Перелік посилань	Лім.	Лист	Листів	
Перевір.		Кобельник							
							73	4	
Н. Контр.		Кобельник				ТНТУ, гр.МВ-41			
Затв.		Крупа							

10. 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.

11. 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.

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

13. Кобельник В.Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердильних 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.

14. 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.

15. Кривий П.Д. Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні // П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник / Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ – Київ, 2006. – Вип. № 19. – С. 58–64.

16. Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення зменшення задирок при наскрізному свердлінні / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник // Всеукраїнська молодіжна конференція «Машинобудування України очима молодих : прогресивні ідеї – наука – виробництво, 22 – 25 жовтня 2012 р. : тези допов. – К. : КПІ, 2012. – Том 1. – С. 71–73.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення процесу свердління наскрізних отворів / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2011. – Вип. № 28. – С. 77–85.

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

19. Кривий П.Д. Про характер зміни подачі при виході інструменту із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, М.І. Кузьмін // Вісник ТНТУ : Науковий журнал. – Тернопіль : ТНТУ, 2012. – № 4 (68). – С. 114–127.

20. Кухарський О. М., Кушак І .В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.

21. Кухарський О.М., Кузьмін М.І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.

22. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: навчальний посібник. / Н. С. Равська та ін. Житомир: ЖІТІ, 2000. 332 с.

23. Охорона праці в Україні. Нормативна база / Роїна О.М. – К.: КНТ, 2007. – 548 с.

24. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. К.: «Вища школа», 1993. 560 с.

25. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

26. Паливода Ю.Є., Кухарський О.М. Визначення припусків розрахунково аналітичним методом: Тернопіль, 2003. 81 с.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

27. Пат. 33445 Україна, МПК В 23 В 47/00. Механізм подач свердлильного верстату / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І.; заявник та патентовласник Терн. нац. техн. універ. ім. І. Пулюя. – № 200801364; заявл. 04.02.2008; опубл. 25.06.2008, Бюл. № 8.

28. Пат. 76433 Україна, МПК (2006.01) В 23 В 51/02. Спіральне свердло / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Продан В. І., Топольницький В. І.; заявник і патентовласник Терноп. нац. техн. унів. ім. І. Пулюя. № u201205420; заявл. 03.05.2012; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.

29. Пат. 77698 Україна, МПК (2013.01) В 23 В 47/00. Пристрій для свердління наскрізних отворів / Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І.; заявники і патентовласники Кривий П. Д., Кобельник В. Р., Кузьмін М. І. № u201209347; заявл. 30.07.2012; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4.

30. Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями : НПАОП 0.00-1.71-13 : затв. Міненерговугілля України 19.12.2013 : чинний від 28.03.2014.

31. Правила безпеки при обробці металів різанням: НПАОП 28.0-1.35-14 : затв. Міненерговугілля України 06.02.2014 : чинний від 13.06.2014.

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

33. Технологія машинобудування : навч. посіб. / Є. О. Горбатюк, М. П. Мазур, А. С. Зенкін, В. Д. Каразей. - Львів : Новий світ-2000, 2009. - 358 с

34. Уточнений метод апіорно-емпіричних функцій визначення закону розподілу та його характеристик на основі малої вибірки / П.Д. Кривий, Н.М. Тимошенко, В.О. Дзюра, В.Р. Кобельник // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — С. 132–133.

35. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.

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

37. 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).

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

39. 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.

40. 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.

					КРБ 20-031.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Додатки

Технічні характеристики верстата 2Н118

Найбільший умовний діаметр свердління, мм	18
Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм	0...650
Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до фундаментної плити, мм	800..1150
Відстань від осі вертикального шпинделя до тих, що направляють стійки (виліт), мм	200
Робочий стіл	
Розміри робочої поверхні столу (довжина x ширина), мм	320 x 360
Найбільше вертикальне переміщення столу (вісь Z), мм	350
Переміщення столу на один оборот руків'я, мм	2,4
Шпиндель	
Найбільше осьове переміщення шпинделя, мм	150
Частота обертання шпинделя, об/хв (кількість швидкостей)	180..2800 (9)
Найбільший допустимий момент, що крутить, кгсм	880
Найбільше зусилля подачі, кг	500
Конус шпинделя	Морзе 2
Механіка верстата	
Межі вертикальних робочих подач на один оборот шпинделя, мм (число подач)	0,1..0,56 (6)
Найбільша допустима сила подачі, кгс	560
Привід	
Електродвигун приводу головного руху, кВт (об/хв)	1,5 (1420)
Габарит і маса верстата	
Габарити верстата (довжина ширина висота), мм	870 x 590 x 2080
Маса верстата, кг	450

Технічні характеристики верстата 2Н125

Основні параметри верстата	
Найбільший діаметр свердління в сталі 45, мм	25
Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм	60...700
Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до плити, мм	690...1060
Відстань від осі вертикального шпинделя до тих, що направляють стійки (виліт), мм	250
Робочий стіл	
Розміри робочої поверхні столу, мм	400 x 450
Число Т-подібних пазів Розміри Т-подібних пазів	3
Найбільше вертикальне переміщення столу (вісь Z), мм	270
Шпиндель	
Найбільше переміщення (настановне) шпиндельної голівки, мм	170
Найбільше переміщення (хід) шпинделя, мм	200
Частота обертання шпинделя, об/хв	45...2000
Кількість швидкостей шпинделя	12
Найбільший допустимий момент, що крутить, Нм	250
Конус шпинделя	Морзе 3
Механіка верстата	
Число східців робочих подач	9
Межі вертикальних робочих подач на один оборот шпинделя, мм	0,1...1,6
Управління циклами роботи	Ручне
Найбільша допустима сила подачі, кН	9
Динамічне гальмування шпинделя	Є
Привід	
Електродвигун приводу головного руху, кВт	2,2
Електронасос рідини, що охолоджує, тип	X14-22М
Габарит верстата	
Габарити верстата, мм	2350 x 785 x 915
Маса верстата, кг	880

Технічні характеристики верстата PROMA B - 1832B

Основні параметри верстата	
Найбільший діаметр свердління в сталі 45, мм	32
Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм	750
Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до плити, мм	350
Робочий стіл	
Розміри робочої поверхні столу, мм	320x360
Число Т-подібних пазів Розміри Т-подібних пазів	3
Шпиндель	
Частота обертання шпинделя, про/хв	72...2600
Кількість швидкостей шпинделя	12
Привід	
Електродвигун приводу головного руху, кВт	1,5
Габарит верстата	
Габарити верстата, мм	850x550x1420
Маса, кг	400