

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
В.о. завідувача кафедри
Крупа В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Підгайному Миколі Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка конструкції механізму подач токарно-гвинторізного верстату з ЧПК

Керівник роботи Лещук Роман Ярославович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «16» 11 2023 року № 4/7-1063

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.12.2023

3. Вихідні дані до роботи Конструкції токарних верстатів та приводів подач. Технічні характеристики. Вимоги до точності та продуктивності проєктованих вузлів.

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

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНО-ОГЛЯДОВИЙ 1.1 Аналіз існуючих верстатів-аналогів

1.2. Призначення та область застосування верстата мод.ІК670Ф3 1.3. Основні технічні дані й технічна характеристика верстата 1.4. Робота верстата і його складових частин.

Загальне компонування й особливості верстата 1.5 Короткий опис основних складових частин верстата 1.6 Кінематичний розрахунок привода головного руху РОЗДІЛ 2.

ТЕХНОЛОГІЧНО-РОЗРАХУНКОВИЙ 2.1 Призначення й технічна характеристика виробу 2.2 Вибір виду та способу одержання заготовки 2.3 Проєктування маршрутного технологічного процесу 2.4 Розрахунок припусків 2.5 Розрахунок режимів різання

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКО-ПРОЕКТНИЙ 3.1. Опис основних частин привода подач 3.2. Розрахунок на міцність плоского різцетримача 3.3. Вибір і розрахунок передачі гвинт-гайка кочення 3.4 Вибір опор ходового гвинта (вісь Х) 3.5 Вибір муфти для передачі обертового моменту від двигуна до ходового гвинта осі Х

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів) Кінематична схема верстата (1 лист ф.А1).

Супорт верстата (3 листи ф.А1).

Редуктор подачі (вісь Х) (1 лист ф.А1). Різцетримач (2 листи ф.А1)

Технологічні налагодження (2 листи ф.А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н., ст. викладач Сенік А.А.		
Безпека в надзв. ситуаціях	ст. викладач Клепчик В.М.		

7. Дата видачі завдання 16.11.2023**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	25.11.2023	
2	РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНО-ОГЛЯДОВИЙ	01.12.2023	
3	РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНО-РОЗРАХУНКОВИЙ	10.12.2023	
4	РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКО-ПРОЕКТНИЙ	18.12.2023	
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕХПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	20.12.2023	
6	ВИСНОВКИ	22.12.2023	
7	Графічна частина, плакати (Слайди)	22.12.2023	
8	Підготовка до захисту	до 25.12.2023	

Студент

_____ (підпис)

Підгайний М.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Лещук Р.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу	2
АНОТАЦІЯ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНО-ОГЛЯДОВИЙ	
1.1 Аналіз існуючих верстатів-аналогів	7
1.2. Призначення та область застосування верстата мод.1К670Ф3	12
1.3. Основні технічні дані й технічна характеристика верстата	13
1.4. Робота верстата і його складових частин. Загальне компонування й особливості верстата	16
1.5 Короткий опис основних складових частин верстата	20
1.6 Кінематичний розрахунок привода головного руху	25
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНО-РОЗРАХУНКОВИЙ	
2.1 Призначення й технічна характеристика виробу	31
2.2 Вибір виду та способу одержання заготовки	34
2.3 Проектування маршрутного технологічного процесу	36
2.4 Розрахунок припусків	37
2.5 Розрахунок режимів різання	43
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКО-ПРОЕКТНИЙ	
3.1. Опис основних частин привода подач	50
3.2. Розрахунок на міцність плоского різцетримача	52
3.3. Вибір і розрахунок передачі гвинт-гайка кочення	55
3.4 Вибір опор ходового гвинта (вісь Х)	65
3.5 Вибір муфти для передачі обертового моменту від двигуна до ходового гвинта осі Х	71
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	85
Додатки	89

АНОТАЦІЯ

Підгайний М.В. Розробка конструкції механізму подач токарно-гвинторізного верстату з ЧПК. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2023 р.

В роботі наведено існуючі конструкції токарних верстатів, зроблено проектування маршрутного технологічного процесу, проведено аналіз основних частин привода подач, проведено дослідження, моделювання розрахунок на міцність плоского різцетримача, розрахунок передачі гвинт-гайка кочення, автоматизований розрахунок й аналіз комбінованих підшипників двосторонньої дії з короткими циліндричними роликками.

Ключові слова: ТОКАРНИЙ ВЕРСТАТ, ПРИВІД ПОДАЧ, ПЛОСКИЙ РІЗЦЕТРИМАЧ, КОМБІНОВАНІ ПІДШИПНИКИ ДВОСТОРОННЬОЇ ДІЇ.

ANNOTATION

Pidgayniy M. Development of the design of the feed mechanism for a CNC lathe with thread-cutting capabilities. Qualification work for the degree of "master" 133 – Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2023.

The work presents the existing designs of lathes, designed the route technological process, carried out an analysis of the main parts of the feed drive, carried out research, modeling, calculation of the strength of the flat cutter holder, calculation of the rolling screw-nut transmission, automated calculation and analysis of combined double-acting bearings with short cylindrical rollers.

Key words: LATHE, FEED DRIVE, FLAT CUTTING HOLDER, COMBINED DOUBLE ACTION BEARINGS.

ВСТУП

У сучасний час токарні верстати знаходять застосування в багатьох галузях промисловості. При проектуванні верстатів токарної групи найбільш актуальними питаннями є підвищення продуктивності, універсальності й точності таких верстатів.

Привід подач для верстатів з ЧПК повинен задовольняти наступним вимогам: мати розширений діапазон регульованих подач - від 1 до 10000 мм/хв; мати підвищену жорсткість кінематичних ланцюгів і плавністю ходу, особливо при повільних переміщеннях; мати підвищену довговічність і можливість дистанційного керування від ЧПК.

У сучасних верстатах з ЧПК використовують такі типи приводів подач:

- привід від асинхронного двигуна через коробку подач (механічний) з перемиканням від електромагнітних муфт;
- привід від електродвигуна постійного струму з перетворювачами для регулювання частоти обертання в широких межах, наприклад з тиристорним регулюванням;
- електричний привід з використанням низькооборотного двигуна постійного струму (1000 об/хв) на високоенергетичних постійних магнітах (високомоментного двигуна);
- гідропривід - від гідроциліндрів або гідродвигунів, при цьому гідродвигун звичайно встановлюють на кінцеву ланку приводу.

Кінцевою ланкою привода подач є тяговий пристрій, у якості якого для прямолінійних переміщень у більшості верстатів з ЧПК застосовують гвинт-гайку кочення або кульково - гвинтову передачу.

Крім кулькових пар у приводах подач верстатів з ЧПК застосовують і гідростатичні передачі гвинт-гайка.

Підвищення сумарної жорсткості токарних верстатів досягається підвищенням жорсткості його основних вузлів. Зокрема, жорсткість супорта, як найбільш слабкої ланки в системі верстата, може бути підвищена

ретельним регулюванням супортів.

У верстатах, де потрібне сприйняття більших зусиль, прагнуть до коробчастої, більше жорсткої форми супортів. На жорсткість супорта основний вплив робить не жорсткість корпусних деталей, а жорсткість стиків. Тому головним заходом для підвищення жорсткості супорта є спрощення його конструкції й зменшення числа стиків, а потім уже підвищення жорсткості корпусних деталей.

Найважливішою технічною характеристикою систем ЧПК є її дискретність, тобто мінімально можлива величина лінійних і кутових ходів виконавчого органа верстата, що відповідає одному керуючому імпульсу. Більшість сучасних систем ЧПК мають дискретність 0,01 мм/імпульс. Освоюються у виробництві системи з дискретністю 0,001 мм/імпульс.

До тенденцій розвитку верстатів з ЧПК відносять: концентрацію операцій при одному установі, автоматичну зміну інструментів, скорочення числа розточувальних інструментів за рахунок використання поперечного переміщення супортів, перехід на системи керування на інтегральних елементах, розширення можливостей корекції програми на радіус і довжину інструмента, на швидкість і подачу без переробки програми, застосування центральної системи керування для групи верстатів.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНО-ОГЛЯДОВИЙ

1.1. Аналіз існуючих верстатів-аналогів

Фірма Hoesch MFD виготовляє токарні верстати (рис. 1.1) з максимальним діаметром обробки до 4200 мм і максимальною вагою оброблюваних деталей до 500 т (модель D 4200N - YFS - 2).



Рисунок 1.1 - Спеціальний токарний верстат Hoesch MFD

Основні особливості компоновань і конструкцій основних вузлів:

- коробка швидкостей відділена від шпindelної бабки; обертання на шпindel передається через муфту й планетарну передачу, вихідний вал якої з'єднаний із заднім торцем шпинделя. Має дискове гальмо головного привода;
- напрямні станини й поперечний полозок – плоскі, на малих розмірах верстатів армовані синтетичним матеріалом, на більших - гідростатичні;
- верхівки супортів - ламельні;

- піноль задньої бабки має 2 швидкості: 500 мм/хв - прискорене переміщення від електродвигуна через черв'ячну передачу 4 мм/хв. – силове дотискання - від електродвигуна через хвильовий редуктор і черв'ячну передачу (з обгінною муфтою);
- переміщення задньої бабки - від електродвигуна через 2-х східчасту коробку, через черв'ячну передачу - на рейкову шестерню (2 швидкості - 2 м/хв та 500 м/хв);
- затискач задньої бабки - гідропружинні циліндри через сухарі, що входять у Т-подібні пази станини;
- є фіксуєчий брус, що входить у рейку;
- верстати оснащені ЧПК, привід датчиків - від вимірювальних рейок.

ПАО «Краматорський завод важкого верстатобудування» виготовляє верстати:

1. Токарно-гвинторізні з ручним керуванням мод. 1М660, 1М665, 1М670, 1М675 (рис. 1.2).

На верстатах можна здійснювати:

- обточування циліндричних поверхонь;
- підрізування та відрізання торців;
- обточування конусних поверхонь;
- нарізування метричних і дюймових різьб (крок до 96 мм);
- електрокопірування (при установці спеціального пристосування на супорті верстата).

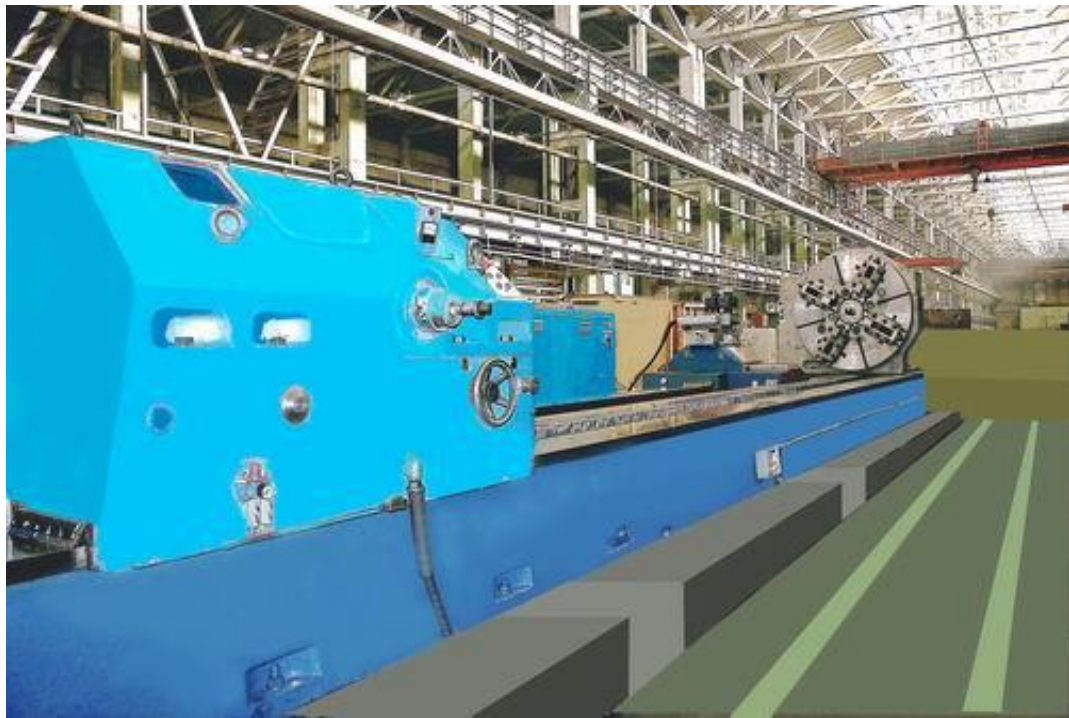


Рисунок 1.2 - Токарний верстат 1М665

Особливості конструкції:

- загартовані шліфовані напрямні верстатів;
- підвищена точність і підвищена частота обертання шпинделів;
- централізована система змащення напрямних й основних механізмів;
- затискні кулачки із черв'ячним підсилювачем;
- механізація та автоматизація силового підтискання центром задньої бабки з контролем осьового зусилля;
- конструкція верстатів передбачає можливість оснащення позиційною системою ЧПК;
- головний привід верстатів оснащений гальмом;
- збирання стружки здійснюється за допомогою стружкового транспортера;
- верстати можуть бути поставлені з накладним фрезерно-свердлильним пристосуванням.

Верстат токарно-гвинторізний спеціальний КЖ16Б60 має місцеві знімні напрямні в зоні планшайби, що дозволяє встановлювати вироби з більшими фланцями.

На токарному верстаті 1Д655 верхня частина супорта змінна й має два

виконання:

- ламельна із двома бічними плоскими різцетримачами;
- чотирьохпозиційний різцетримач із вертикальною віссю обертання;

Привід поздовжньої (вісь Z) і поперечної (вісь X) подач здійснюється від високомоментних двигунів постійного струму. Верстат оснащується системою цифрової індикації із системою програмного управління типу CNC.

Основні технічні дані верстатів наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні технічні дані верстатів токарної групи з ручним керуванням.

Найменування параметрів	1M665	1M670	1M675
Найбільший діаметр установлюваного виробу:			
над супортом, мм	1250	1600	2000
над станиною, мм	1600	2000	2500
Найбільша довжина оброблюваного виробу, мм			
Межі частоти обертання шпинделя, об/хв.	1-250	1-160	1-160
Потужність приводу, кВт	110	110	110
Маса оброблюваного виробу, кг	40000	63000	100000
Маса верстата, кг	59800	123000	137340

2. Токарні із числовим програмним керуванням моделей 1K660ФЗ, 1K665ФЗ, 1K670ФЗ, 1K675ФЗ, КЖ16159ФЗ.

Особливості конструкції:

- повна механізація допоміжних переміщень;
- механічні або гідравлічні підсилувачі затискача кулачків;
- плоскі різцетримачі жорсткої конструкції;
- телескопічний захист напрямних;

- діагностика спрацьовування електро- і гідроапаратури;
- верстати можуть бути поставлені з накладним фрезерно-свердлильним пристосуванням.



Рисунок 1.3 - Токарний верстат 1К670Φ3.

Основні технічні дані верстатів наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Основні технічні дані верстатів токарної групи із системою ЧПК:

Найменування параметрів	1К660Φ3	1К665Φ3	1К670Φ3	1К675Φ3	КЖ16159Φ3
Найбільший діаметр оброблюваного виробу:	1000	1200	1400	1800	2500
над супортом, мм	1250	1600	2000	2500	3150
над станиною, мм					
Найбільша довжина	6	8	10	12,5	16

оброблюваного виробу, м					
Межі частоти обертання шпинделя, об/хв.	2-450	1,25-250	1-160	1-160	1-80
за замовленням	—	—	1,15-230	1,15-230	—
Потужність приводу, кВт	110	110	110	110	200
Маса оброблюваного виробу, кг	25000	40000	70000	100000	250000
Маса верстата, кг	54000	58130	121080	143780	490000

1.2 Призначення та область застосування верстата мод.1К670Ф3

Верстат токарний із числовим програмним керуванням моделі 1К670Ф3 призначений для токарної обробки деталей типу тіл обертання (вали, диски тощо) з різних матеріалів.

Область застосування верстата - різні галузі промисловості. На верстаті можна робити обробку складних прямолінійних і криволінійних поверхонь із постійною швидкістю різання по керуючій програмі, нарізування циліндричних і конічних різьблень, розточення отворів, розташованих по осі обертання деталі.

З використанням знімного фрезерно-свердлильного пристосування можливе свердління на периферії оброблюваної деталі та фрезерування шпонкових пазів.

За узгодженням з виготовлювачем верстат може оснащуватися супортом із двома плоскими різцетримачами або з револьверної різцевою головою.

Режим роботи верстата - програмний з управлінням роботи супорта й

шпиндельної бабки від пристрою ЧПК. Експлуатація верстата в кліматичних умовах УХЛ4 за ДСТ 15150-69.

1.3 Основні технічні дані й технічна характеристика верстата

Основні технічні дані й технічна характеристика верстата представлена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Основні технічні характеристики верстата мод. 1К670ФЗ:

Найменування	Значення
1	2
Показники призначення	
1. Граничні розміри встановлюваної заготовки, мм:	
1) найбільший діаметр над супортом	1400
над станиною	2000
2) найбільша довжина	10000
2. Граничні розміри оброблюваної зовнішньої поверхні, мм:	
1) найбільший діаметр над супортом	1350
2) найбільша довжина	10000
3. Найбільша маса оброблюваної заготовки, закріпленої в центрах, без люнета, кг	35000
4. Найбільші розміри інструмента, встановлюваного на верстаті, мм:	
різця (висота(ширина))	80 x 70
5. Наявність накопичувачів інструмента: с супортом із плоским різцетримачем	так
6. Граничні значення кроку оброблюваних різьблень, мм	2-96 580
7. Найбільше переміщення супорта по осі X, мм	10800
8. Найбільше переміщення супорта по осі Z, мм	1
9. Дискретність завдання переміщень, мкм	
10. Точність позиціонування, мкм:	
по осі X	30
по осі Z (на довжині до 1000 мм)	250
11. Кількість керованих осей координат (осі X и Z)	2 2
12. Кількість одночасно керованих осей координат	2-450

13. Межі частот обертання шпинделя, об/хв.	0,5-4000
14. Межі робочих подач супорта по осях, мм/хв.	
15. Межі швидкостей швидких (настановних) переміщень супорта по осях X и Z, мм/хв.	5000 50000
16. Найбільший обертовий момент на шпинделі, Нм	110
17. Потужність привода головного руху, кВт	
18. Габаритні розміри верстата (разом з окремо розташованими агрегатами й електроустаткуванням), мм довжина ширина висота	21100 6020 2860
19. Маса верстата (разом з окремо розташованими агрегатами й електроустаткуванням), кг	143780
20. Маса окремо розташованих агрегатів й електроустаткування), кг	111520
22. Точність геометричної форми циліндричної поверхні зразка, обробленого на верстаті, мкм: 1) сталість діаметра в поперечному перерізі 2) сталість діаметра в поздовжньому перетині	16 на довжині L =300мм
22. Площинність торцевої поверхні зразка, обробленого на верстаті, мкм	40
23. Числове значення параметра шорсткості за ДСТ 2789-73 поверхні зразка-виробу, обробленого на верстаті, мкм	25
24. Клас точності верстата	H
25. Оснащеність верстата пристроями й пристосуваннями	
25.1. Пристосування розточувальне (накладне) до супорта із плоскими різцетримачем: 1) найменший діаметр розточування, мм 2) найбільший діаметр розточування, мм 3) найбільша глибина розточування, мм	260 1250 500-1500
25.2. Пристосування фрезерно-свердлильне 1) межі частот обертання шпинделя, об/хв. 2) потужність електродвигуна, кВт 3) кінець оправлення перехідної під кінцевий інструмент 4) переміщення осі шпинделя у вертикальній площині, мм 5) найбільша відстань від торця оправлення перехідної до осі центрів верстата, мм	36-446 7,5 Конус Морзе 5 (50 500
25.3. Люнет закритий зі змінними пінолями: межі діаметрів шийок деталей, встановлюваних у	

люнеті, мм с опорами ковзання с опорами кочення	140-420 45-285
25.4. Люнет відкритий зі змінними пінолями: межі діаметрів шийок деталей, встановлюваних у люнеті, мм с опорами ковзання с опорами кочення	90..93 80..83
25.5. Люнет відкритий роликівий: межі діаметрів шийок деталей, встановлюваних на ролики люнета, мм	200-800
Ергономічні показники	
26. Рівень звуку на робочому місці, дБ	80
27. Корегований рівень звукової потужності, дБ	
Показники безпеки	110
28. Показники, що забезпечують дотримання загальних вимог безпеки при експлуатації верстата	Повинні відповідати
Характеристика електроприводів	
29. Привод головного руху	110
1) потужність номінальна, кВт	
2) напруга живлення номінальне, В	380
3) частота обертання номінальна, об/хв.	315
4) частота обертання максимальна, об/хв.	1500
30. Привод подачі (осі X и Z)	
1) момент номінальний, Нм	47
2) частота обертання номінальна, об/хв.	750
3) частота обертання максимальна, об/хв.	1500
31. Пристрій ЧПК:	
тип	CNC-H645
дискретність відліку, мм	0,001
Характеристика електроустаткування	
32. Тип струму живильної мережі	Змінний Трифазний
33. Частота струму, Гц	50
34. Напруга живильної мережі, В	380
35. Кількість електродвигунів на верстаті (без електродвигунів вентиляторів), шт.	
с супортом з револьверної різцевою головкою	22
с супортом і із плоскими різцетримачами	23
Характеристика системи змащення	«Індустріальне»
37. Марка масла для гідросистем	И-20А, И-40А

1.4 Робота верстата і його складових частин. Загальне компоунання й особливості верстата

Конструкція верстата і його компоунання забезпечують необхідну точність обробки й створюють достатні умови для безпечного й зручного обслуговування верстата.

Обробка деталі здійснюється методом обточування, при якому деталі надається обертання з необхідною швидкістю різання (головний рух), а різець робить рух подачі.

На супорті, оснащеному револьверної різцевою головкою, може бути встановлено чотири різцетримача. Головка має вісім позицій через 45^0 .

При комплектації верстата супортом із плоскими різцетримачами можлива установка двох різцевих блоків.

Верстат розрахований в основному для роботи різцями, оснащеними твердосплавними пластинами. Можливе застосування й інших матеріалів різальної пластини. Завантаження верстата здійснюється цеховим краном.

Стружка за допомогою транспортера приділяється в короб, установлений у напрямку фундаменту.

Механіка верстата.

Механіка головного руху (обертання шпинделя) згідно таблиці 1.4.

Завантаження електропривода на головному русі визначається за графіком (див. рис. 1.4). Механіка подачі згідно таблиці 1.5.

Таблиця 1.4 - Механіка подачі

Регулювання	Подача по осях X и Z на кожному щаблі швидкості		Коефіцієнт корисної дії	Найбільше припустиме зусилля подачі, Н
безступінчасте	мм/хв	мм/об	Вісь X 0,93	69000
	0,5-4000	—	Вісь Z 0,93	58000

Таблиця 1.5 - Механіка головного руху (обертання шпинделя)

Щабля швидкостей	Частота обертання шпинделя (головного руху), об/хв.		Регулювання частоти обертання шпинделя в межах щабля	Коефіцієнт корисної дії η	Найбільший припустимий обертовий момент на шпинделі, Нм
	мін.	макс.			
1	2	86	безступінчасте	0,88	50000
2	10	450	безступінчасте	0,95	11000

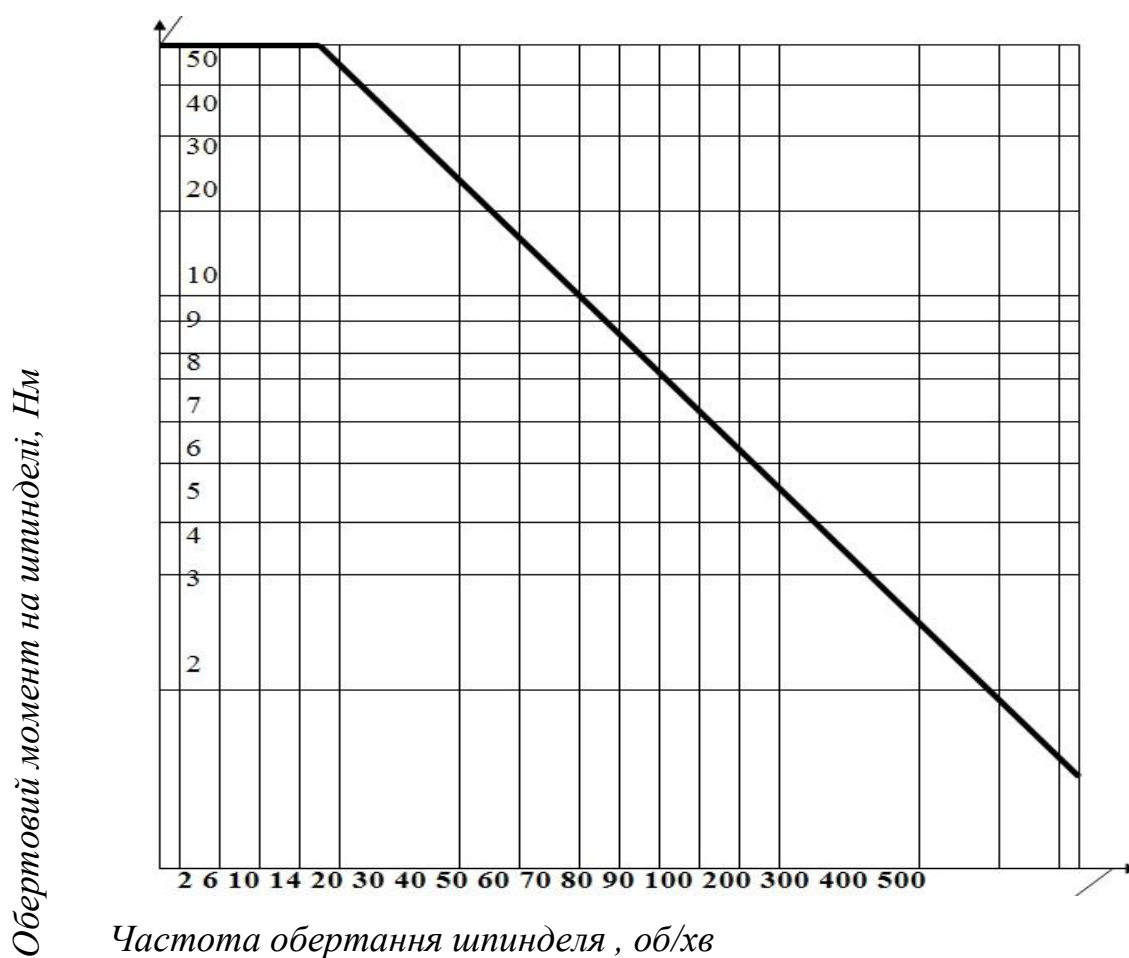


Рисунок 1.4 – Графік припустимого навантаження головного привода

Схема кінематична

Обертання шпинделя (головний рух) здійснюється від електродвигуна по кінематичному ланцюзі:

$$\text{I щабель} \quad \frac{20}{62} \cdot \frac{20}{60} \cdot \frac{26}{130}$$

$$\text{II щабель} \quad \frac{20}{62} \cdot \frac{50}{30} \cdot \frac{26}{130}$$

Зміна частоти обертання шпинделя на кожному щаблі здійснюється за рахунок регулювання частоти обертання електродвигуна, керуванням від пристрою ЧПК.

Перемикання щаблів швидкостей здійснюється двома гідроциліндрами. Подача різця по осі X (поперек осі шпинделя) здійснюється від електродвигуна по кінематичному ланцюзі

$$\frac{24}{48} \cdot \frac{22}{55} (1 \times 10)$$

Подача різця по осі Z (уздовж осі шпинделя) здійснюється від електродвигуна по кінематичному ланцюзі:

$$\frac{21}{55} \cdot \frac{22}{70} \cdot \frac{18}{70} \cdot \frac{18}{52} \cdot 1 \cdot 12$$

Зміна подачі різця по осях X и Z здійснюється за рахунок регулювання частоти обертання електродвигунів, керування від пристрою ЧПК.

Підйом поворотного корпусу револьверної різцевої головки та поворот на потрібну позицію здійснюється від електродвигуна по кінематичному ланцюзі:

$$\frac{18}{45} \cdot \frac{1}{47} (1 \times 6)$$

Опускання поворотного корпусу та затягування головки виконується тим же кінематичним ланцюгом, двигун при цьому обертається у зворотному напрямку.

Висування плоских різцетримачів у необхідну позицію здійснюється по черзі для кожного різцетримача при повністю всунутому (у корпус) другому різцетримачу від електромеханічної головки ЕМГ53 по кінематичному

ланцюзі:

$$\frac{2}{33} \cdot \frac{23}{23} \cdot 3 \cdot 18$$

Висування (у корпус) різцетримача виконується тим же кінематичним ланцюгом, двигун головки при цьому обертається у зворотному напрямку. Напрямок, що пересуває різцетримачі (лівий або правий) визначається включенням відповідної зубчастої муфти.

Затискання плоских різцетримачів у корпусі здійснюється пакетами тарілчастих пружин.

Розтискання - за допомогою клинового механізму, що приводить у зворотно-поступальний рух електромеханічною головкою ЕМГ53 через гвинтову пару.

Переміщення задньої бабки виконується від планетарного мотор-редуктора по наступному кінематичному ланцюзі:

$$\frac{18}{45} (1 \times 12)$$

Зміна напрямку переміщення задньої бабки виконується по тій же кінематичній схемі, двигун мотор-редуктора при цьому обертається у зворотному напрямку.

Прискорене переміщення пінолі здійснюється від електродвигуна по кінематичному ланцюзі:

$$\frac{60}{40} \cdot \frac{40}{60} \cdot \frac{45}{1} (1 \times 12)$$

Реверс - за рахунок зміни напрямку обертання від електродвигуна. При цьому ланцюг силового дотискання відключений.

Силове дотискання пінолі здійснюється від хвильового мотор-редуктора по кінематичному ланцюзі:

$$\frac{1}{45} (1 \times 12)$$

Переміщення люнета закритого по станині виконується від хвильового мотор-редуктора по кінематичному ланцюзі:

$$\frac{18}{36} \cdot 12 \cdot 8$$

Реверс - за рахунок зміни напрямку обертання від електродвигуна.

Переміщення верхньої частини люнета закритого здійснюється гвинтовою парою. Такими ж гвинтовими парами виконується й переміщення пінолей люнета.

Крім того, нижня піноль через конструктивні особливості (утруднений доступ до хвостовика гвинта) має додатковий ланцюг для переміщення гвинта.

У люнеті відкрите переміщення (синхронне) опор кочення здійснюється за допомогою гвинтової пари з лівою та правою різьбами. Забезпечення симетричності опор кочення щодо осі центрів верстата досягається індивідуальним переміщенням однієї з опор кочення за допомогою черв'ячної пари.

Затискання оброблюваної деталі із застосуванням підсилювача зусилля здійснюється за допомогою ключа по кінематичному ланцюзі:

$$\frac{4}{39}(1 \times 10)$$

Переміщення затискного кулака по планшайбі виконується шляхом обертання гвинта ключем (або іншими засобами).

1.5 Короткий опис основних складових частин верстата

Станина

Станина складається з головної частини та секцій, які стикуються по довжині. На головній частині станини встановлена передня бабка. Інші секції станини мають чотири прямокутні напрямні, які загартовані до твердості 42...56...56 HRC й прошліфовані. По напрямних виробу здійснюються настановні переміщення задньої бабки й люнетів.

Приводна рейка задньої бабки й люнетів розташована між полками станини. Вертикальні прорізи в цій частині станини служать для сходу стружки й емульсії ЗОР на транспортер.

Напрямні супорта закриті телескопічним захистом. Приводна рейка супорта закріплена до станини між полками напрямних супорта. Там же встановлені й вимірювальні рейки контролю лінійних переміщень супорта по станині.

Станина встановлюється на регульованих опорах і кріпиться фундаментними болтами. За станиною, у поглибленні фундаменту встановлений транспортер для збирання стружки. Стружка на транспортер попадає через прорізи в станині. По цьому ж шляху сходить відпрацьована емульсія ЗОР з подальшим відділенням від стружки на виході із транспортера.

Бабка передня

Бабка передня надає шпинделю із планшайбою обертання (головний рух) з необхідною швидкістю різання.

Обертання та обертовий момент на шпиндель передаються через коробку швидкостей і привідне колесо, закріплене на планшайбі. Шпиндель установлений у нероз'ємних опорах корпусу коробки.

Коробка швидкостей має два механічні ступені обертів. Перемикання ступенів здійснюється двома гідроциліндрами. Контроль перемикання ступеней здійснюється кінцевими вимикачами, що спрацьовують від дії прапорців, розташованих на перемикаючих вилках.

Перемикати на ходу (при обертанні шпинделя) ступеней швидкостей бабки забороняється.

Зміна частоти обертання шпинделя на кожному ступені здійснюється за рахунок електричного регулювання частоти обертання електродвигуна.

Електродвигун установлений на плиті, що закріплена до фундаменту за допомогою башмаків і фундаментних болтів. Вал електродвигуна з'єднаний із вхідним валом коробки швидкостей муфтою з колодковим гальмом.

Опорами шпинделя є регульовані радіальні роликові підшипники. Осьове навантаження, що виникає при обробці деталей, сприймає упорний

роликотидшипник, розташований з боку передньої сторони шпинделя.

Для розширення технологічних можливостей верстата на планшайбі є чотири Т-подібних пази для установки технологічних пристосувань. Концентричні риски на планшайбі служать для полегшення встановлення затискних кулаків.

З лицьової сторони бабки встановлене рухоме огороження планшайби з ручною фіксацією гвинтів.

Із задньої сторони бабки встановлений датчик, що за допомогою компенсаційної муфти з'єднаний зі шпинделем. Датчик служить для узгодження обертання шпинделя й переміщення супорта.

Задня бабка

Задня бабка призначена для підтискання центрів правого торця оброблюваної заготовки. Складається з основи й верхньої частини з обертовим центром.

Переміщення задньої бабки по станині здійснюється від планетарного мотор-редуктора.

Кінцевою ланкою кінематичного ланцюга переміщення задньої бабки є черв'як, що зачіпається з косозубою рейкою, він же служить і фіксатором задньої бабки. Механізм затискача бабки виконаний у вигляді гідропружинних циліндрів.

У верхній частині задньої бабки розташований механізм прискореного переміщення й силового дотискання пінолі.

На задній бабці встановлена таблиця вибору зусилля підтискання залежно від маси встановлюваної заготовки. Фіксація пінолі здійснюється гідропружинним затискачем.

Люнет закритий

Люнети закриті встановлюються на напрямні вироби краном. Переміщення люнета по станині здійснюється від хвильового мотор-редуктора, керування люнетом - із кнопкової станції, встановленої на корпусі люнета.

Опори люнета-ковзання. За замовленням поставляються опори кочення (змінні). Переміщення опор люнета (пінолей) виконується вручну через гвинти до необхідного діаметра шийки оброблюваної деталі.

Кришка люнета з верхньою опорою має переміщення по корпусі вручну через гвинт. Це передбачено для зручності завантаження деталі на верстат і при її знятті. Конструкція люнета дозволяє вести обробку деталі при проходженні супорта повз люнет.

Пристосування фрезерно-свердлильне

Пристосування служить для свердління радіальних отворів, фрезерування пазів і виконання інших фрезерних операцій. Вісь шпинделя розташована перпендикулярно осі верстата. Є можливість переміщення осі шпинделя у вертикальній площині вниз на 50 мм і наверх на 50 мм.

Пристосування надає інструменту обертовий рух. Подача шпинделя з інструментом уздовж і поперек осі верстата здійснюється кареткою.

Пристосування встановлюється на поперечні полозки тільки при знятій різцевій головці. Може бути поставлене за замовленням як до револьверної головки, так і до супорта із плоским різцетримачем.

Пристосування розточувальне

Пристосування призначене для розточування отворів діаметром 260-1250 мм і глибиною до 500 мм (за замовленням - 1000 мм, 1500 мм). Отвори меншого діаметра можуть бути оброблені при установці в конусний отвір державки спеціального пристосування із хвостовиком конус Морзе 6. У цьому випадку глибина розточування (свердління) обмежується довжиною інструмента й пристосування.

Подачу різальному інструменту надає каретка. Пристосування може бути встановлено тільки на корпусі супорта із плоским різцетримачем.

Установка ЗОР туманом

Установка призначена для охолодження різального інструменту розпиленою рідиною.

Працює в такий спосіб:

– від цехової магістралі стиснене повітря під тиском подається до установки, змонтованої під робочою площадкою й настроєної на подачу суміші у вигляді «туману» (повітря + емульсія).

– в установці стиснене повітря через фільтр і регулятор тиску надходить до дроселя, що регулює кількість розпиленої суміші.

Регулювання радіальних підшипників шпинделя

Регулювання підшипників шпинделя необхідно робити обережно, не допускаючи їхнього перевантаження (перетяжки).

Регулювання підшипників полягає у виборі зазору між тілами кочення й зовнішніх кілець підшипників за рахунок осьового зсуву внутрішнього кільця підшипника. Для осьового переміщення внутрішнього кільця підшипника передньої опори попередньо зняти кришки й гвинти. Гідравлічний нагнітач через перехідник приєднати до отвору й створити тиск, що через кільце й втулку перемістить внутрішнє кільце підшипника в осьовому напрямку у бік зменшення радіального зазору.

Для збільшення радіального зазору в підшипнику (у випадку перетяжки кільця) варто скинути тиск в отворі й установити нагнітач через перехідник до отвору з маркуванням «П-П». Нагнітачем створити тиск, достатній для переміщення внутрішнього кільця підшипника по конусній шийці шпинделя.

Контроль радіального биття шпинделя необхідно здійснювати по пристосуванню, установленому в конусне гніздо шпинделя. Після одержання необхідного радіального биття потрібно зняти тиск і зафіксувати затягнуті підшипники за допомогою болтів. Втулку від провороту зафіксувати гвинтами.

Регулювання упорних підшипників шпинделя

Регулювання осьового биття й створення попереднього натягу на упорних підшипниках і виконуються болтами із застосуванням тарованого ключа й створенням моменту на ключі $M_{кр.} = 3,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$, після регулювання радіальних підшипників. У процесі регулювання контроль осьового биття

здійснювати по пристосуванню, встановленому в конусний отвір шпинделя. Натяг в упорних підшипниках створювати обережно, забезпечуючи рівномірність затягування й не допускаючи перекосу кілець підшипників, з обов'язковим контролем осьового биття на пристосування.

1.6 Кінематичний розрахунок привода головного руху

Для того щоб розрахувати привід головного руху потрібно:

1. Розрахувати граничні режими різання для найбільшого діаметра, оброблюваного на даному верстаті.

Найбільший оброблюваний діаметр 2000 мм зі сталі 45 на токарному верстаті з ЧПК мод. 1К670Ф3 різцями із твердого сплаву Т5К10 для чорнового точіння й Т15К6 - для чистового точіння.

а) чорнове точіння:

- глибина різання $t = 10$ мм.
- подача $S = 1,1 - 1,5$ мм/об, приймаємо $S = 1,5$ мм/об
- швидкість різання знайдемо по формулі:

$$g = \frac{C_g}{T^m t^{x_g} S^{y_g}} K_g,$$

де $T = 60$ хв - середнє значення стійкості;

$C_g = 340$ - поправочний коефіцієнт;

$x = 0,15$, $y = 0,45$, $m = 0,20$ - показники ступеня;

$K_g = K_{M_g} K_{n_g} K_{u_g}$ - поправочний коефіцієнт,

де K_{M_g} - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки, $K_{M_g} = 1$;

$K_{n_g} = 0,9$ - коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовки;

$K_{u_g} = 0,65$ - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента.

$$g = \frac{340}{60^{0,2} 10^{0,15} 1,5^{0,45}} 1 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 51,72 \text{ (м / хв)},$$

- силу різання знайдемо по формулі:

$$P_z = 10 C_p t^{x_z} S^{y_z} g^{n_z} K_p,$$

де $C_p = 300$ – постійна величина;

$x_z = 1, y_z = 0,75, n_z = -0,15$ – показники ступеня;

$K_p = K_{M_p} K_{\varphi_p} K_{\gamma_p} K_{\lambda_p} K_{r_p}$ – поправочний коефіцієнт,

де K_{M_p} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки, $K_{M_p} = 1$;

$K_{\varphi_p} = 0,89$ – коефіцієнт, що враховує вплив геометричних параметрів різальної частини інструмента (головний кут у плані);

$K_{\gamma_p} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив геометричних параметрів різальної частини інструмента (передній кут γ);

$K_{\lambda_p} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив геометричних параметрів різальної частини інструмента (кут нахилу λ);

$K_{r_p} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив геометричних параметрів різальної частини інструмента (радіус при вершині);

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 10^1 \cdot 1,5^{0,75} \cdot 51,72^{-0,15} \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 20023,1(H),$$

- потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot g}{1020 \cdot 60} = \frac{20023,1 \cdot 51,72}{1020 \cdot 60} = 16,9(\text{кВт}).$$

- частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot g}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 51,72}{\pi \cdot 2000} = 8,2(\text{об}^{-1}),$$

приймаємо $n = 16(\text{об}^{-1})$, тоді $g = \frac{n \pi L}{1000} = \frac{8,2 \cdot \pi \cdot 1350}{1000} = 34,76(\text{об}^{-1})$.

б) чистове точіння:

- глибина різання $t = 1$ мм.

- подача $S = 0,1 - 0,15$ мм/про, приймаємо $S = 0,15$ мм/об.

- знайдемо швидкість різання:

$$g = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 243,7(\text{м} / \text{хв}),$$

де $T = 60$ хв - середнє значення стійкості;

$C_g = 420$ – поправочний коефіцієнт;

$x = 0,15$, $y = 0,2$, $m = 0,20$ – показники ступеня;

$K_{M_g} = 1$, $K_{n_g} = 0,9$, $K_{u_g} = 1$; [6]

- знайдемо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 243,7^{-0,15} \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 282,2 (H),$$

де $C_p = 300$ – постійна величина;

$x_z = 1$, $y_z = 0,75$, $n_z = -0,15$ – показники ступеня;

$K_p = K_{M_p} K_{\varphi_p} K_{\gamma_p} K_{\lambda_p} K_{r_p} = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,89$ – поправочний

коефіцієнт.

- потужність різання:

$$N = \frac{P_z \vartheta}{1020 \cdot 60} = \frac{282,2 \cdot 243,7}{1020 \cdot 60} = 1,12 (кВт).$$

- частота обертання:

$$n = \frac{1000 \vartheta}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 243,7}{\pi \cdot 500} = 155,2 (об^{-1}),$$

приймаємо $n = 155,2 (об^{-1})$, тоді $\vartheta = \frac{n \pi L}{1000} = \frac{155,2 \cdot \pi \cdot 1350}{1000} = 657,89 (об^{-1})$.

в) відрізання:

- глибина різання $t = 15$ мм.

- подача $S = 0,1 - 0,36$ мм/про, приймаємо $S = 0,36$ мм/об

- знайдемо швидкість різання:

$$\vartheta = \frac{C_g}{T^m S^y} K_g = \frac{47}{60^{0,2} 0,36^{0,8}} 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 42,2 (м / хв),$$

де $T = 60$ хв - середнє значення стійкості;

$C_g = 47$ – поправочний коефіцієнт;

$y = 0,2$, $m = 0,8$ – показники ступеня;

$K_{M_g} = 1$, $K_{n_g} = 0,9$, $K_{u_g} = 1$;

- знайдемо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 15^{0,72} \cdot 0,36^{0,8} \cdot 42,2^0 \cdot 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 11268,8 (H),$$

де $C_p = 408$ – постійна величина;

$x_z = 0,72$, $y_z = 0,8$, $n_z = 0$ – показники ступеня;

$K_p = K_{M_p} K_{\varphi_p} K_{\gamma_p} K_{\lambda_p} K_{r_p} = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,89$ – поправочний коефіцієнт.

- потужність різання:

$$N = \frac{P_z \vartheta}{1020 \cdot 60} = \frac{11268,8 \cdot 42,2}{1020 \cdot 60} = 7,8 (\text{кВт}).$$

- частота обертання:

$$n = \frac{1000 \vartheta}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 42,2}{\pi \cdot 2000} = 6,72 (\text{об}^{-1}),$$

Зробимо розрахунок привода з безступінчастим регулюванням швидкостей, що повинен забезпечити на виході $n_{\text{ун}}^{\text{min}} = 6,72 \text{ об}^{-1}$; $n_{\text{ун}}^{\text{max}} = 155 \text{ об}^{-1}$.

Вибираємо двигун постійного струму серії 4ПФ200М с параметрами:

$$N = 27 \text{ кВт}; U_{\text{я}} = 440 \text{ В}; I_{\text{я}} = 27 \text{ А}; КПД = 0,762;$$

$$n_{\text{ном}} = 500 \text{ об}^{-1}; n_{\text{max}} = 3000 \text{ об}^{-1}.$$

Визначаємо діапазон регулювання шпинделя при постійній потужності:

$$D_{\text{ун}} = \frac{155,2}{6,72} = 23,07$$

1) Знаходимо діапазон регулювання електродвигуна:

$$D_{\text{еп}} = \frac{3000}{500} = 6.$$

Визначаємо знаменник коробки: $\varphi_k = D_{\text{еп}} = 6$.

$$\varphi_k = 1,26^7 = 5,04.$$

2) Визначаємо число ступенів коробки:

$$z_k = \frac{\lg D_{\text{ун}}}{\lg \varphi_k} = \frac{\lg 23,07}{\lg 5,04} = 1,989$$

приймаємо $z_k = 2$.

$$D_{\text{ун}}^p = \varphi_k^{z_k} = 5,04^2 = 25,4$$

Визначаємо максимальні і мінімальні значення частоти обертання шпинделя:

$$n_{\text{max}} = n_{\text{ном}} \cdot \varphi_k = 500 \cdot 5,04 = 2520 (\text{об}^{-1}),$$

Визначаємо структуру привода: $z = 1_1 \times 2_1$ і будуємо графік частот обертання (рисунок 1.2).

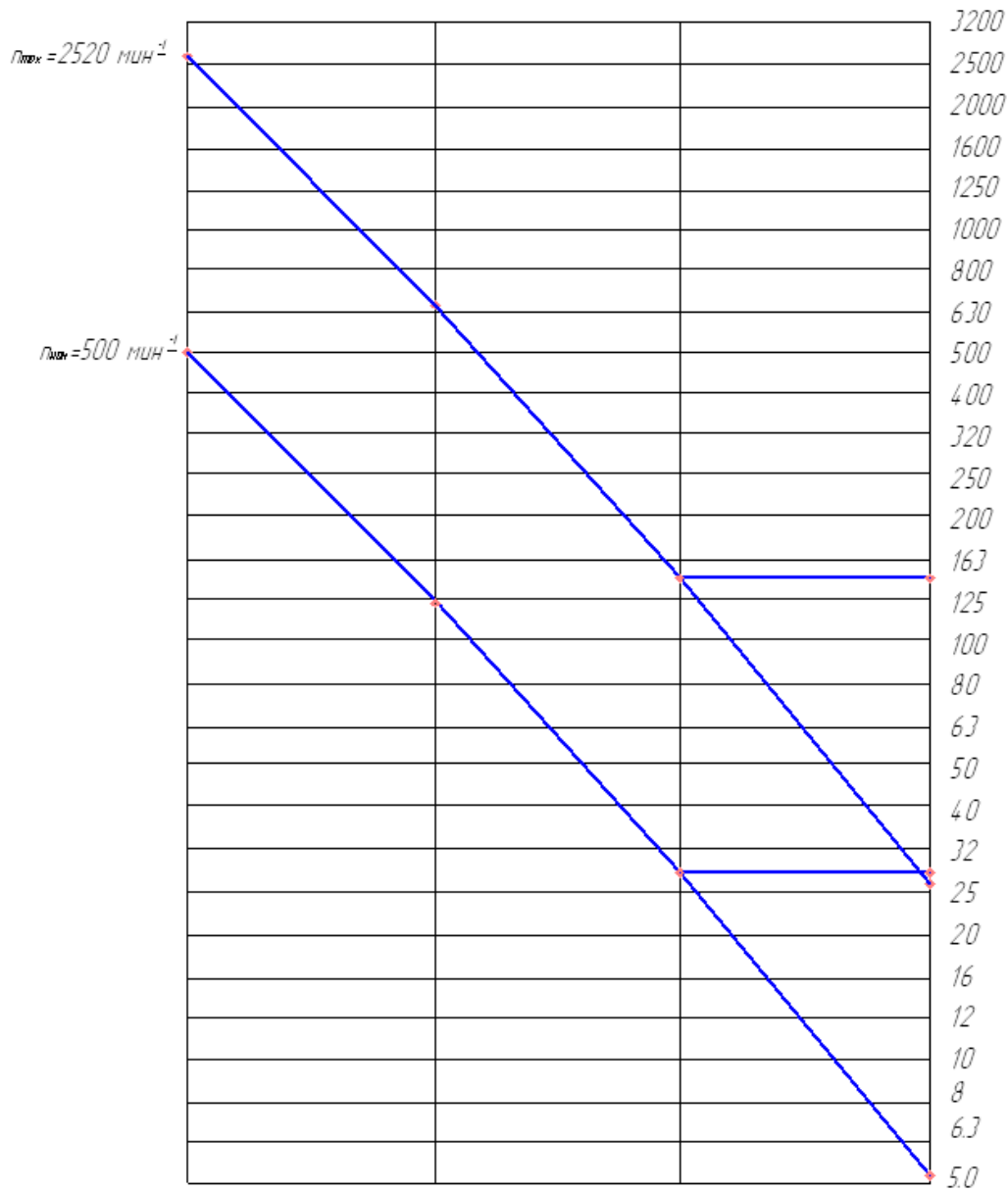


Рисунок 1.5 - Графік частот обертання

Будуємо діаграму зміни потужності двигуна на різних ступенях коробки швидкостей. У діапазоні регулювання при $T = \text{const}$ (рисунок 1.6).

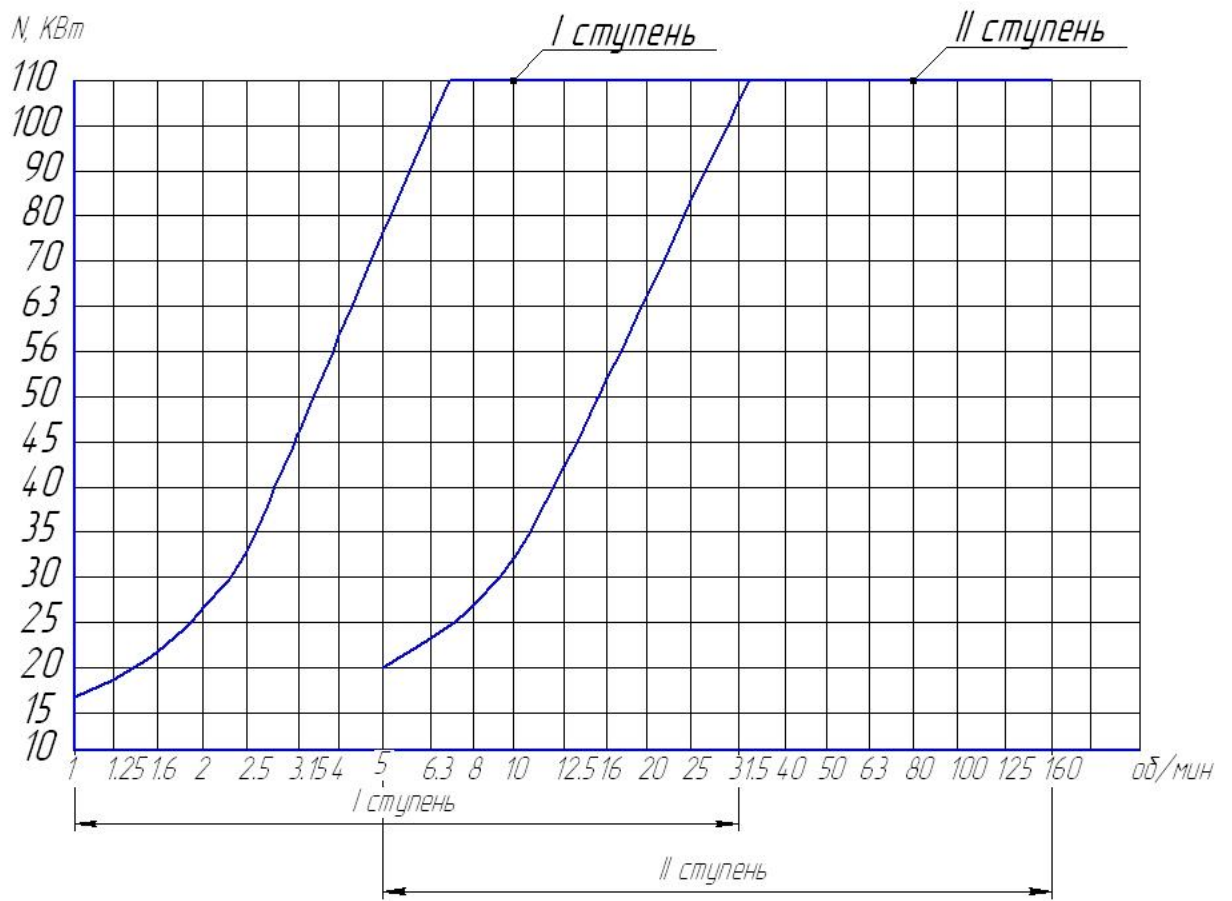


Рисунок 1.6 - Діаграма зміни потужності

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНО-РОЗРАХУНКОВИЙ

2.1 Призначення й технічна характеристика виробу

Габаритні розміри деталі - Вал-шестерня - $\varnothing 183,31 \times 631$, сталь 40Х, маса деталі - 62,13 кг.

Як деталь - представника для розробки технології виготовлення прийнята вал-шестерня. Вал-шестерня є деталлю редуктора, він призначений для передачі обертового моменту від шестерні до колеса за допомогою косозубого зачеплення. По класифікації вал-шестерня відноситься до ступінчастих валів, із центровими отворами, середніх розмірів, середньої точності, високої твердості $L/D 631/183,31=3,4$.

Розглянемо всі оброблювані поверхні вала із цілю встановлення точності розмірів, якість оброблюваних поверхонь.

На сходитці $\varnothing 100$ к6 мм, на довжині 130 мм, виготовляється по 6 класу точності й шорсткості $R_a = 0,8$ мкм. Щодо бази А радіальне биття – 0,015 мм, відхилення від прямолінійності 0,01 мм, відхилення від округлості 0,01 мм. На ньому розташовані шліци, висота шліца $10^{+0,2}$, ширина шліца 28P9 мм по бічних поверхнях виготовляється по 9 класу точності й шорсткості $R_a = 3,2$ мкм. На сходитці $\varnothing 110$ к6 мм, на довжині 120 мм, виготовляється по 6 класу точності й шорсткості $R_a = 0,8$ мкм. Щодо бази А радіальне биття – 0,02 мм. На ньому розташовані шліци, висота шліца $11^{+0,2}$, ширина шліца 32P9 мм по бічних поверхнях виготовляється по 9 класу точності й шорсткості $R_a = 3,2$ мкм. На сходитці $\varnothing 183,31$ мм розташований косозубий вінець виконаний з кутом нахилу зубів $\beta = 17^\circ$, число зубів $z = 20$, модуль $m = 8$, ступінь точності за ДСТ 1643 – 81 5 – В. Ширина зубчастого вінця 105 мм, шорсткість - $R_a 1,6$ мкм, радіальне биття щодо бази А – 0,01 мм. Ліворуч і праворуч від зубчастого вінця розташовані щаблі $\varnothing 130$ мм, довжиною 51 мм й 200 мм. На сходитці $\varnothing 110$ js5 мм, довжиною 45 мм, виготовляється по 5 класу точності й шорсткості $R_a = 0,08$ мкм.

Незазначені граничні відхилення виконуються по h14 і шорсткості по

Ra=6,3 мкм. Твердість деталі досягається термічною обробкою-загартуванням, 217...269НВ і зуби 40...50 HRC, здійснюється для того щоб підвищити як твердість так і збільшити зносостійкість і виконується перед шліфуванням.

Вал- шестерня виготовляється з легованої сталі 40Х, її хімічний склад і механічні властивості наведені в таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 40Х ДСТ 4543-71.

Матеріал	Вуглець, С,%	Кремній, Si,%	Марганець, Mn,%	Сірка, S,%	Фосфор, P,%	Хром, Cr,%
Сталь40	0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,035	0,04	0,8-1,1

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі 40Х ДСТ 4543-71.

НВ	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %
207.....250	1000	800	10	45

Робоче креслення деталі містить всі дані необхідні для її виготовлення: розміри, проекції, перетини, параметри шорсткості, припустимі відхилення від правильних геометричних форм; просторові відхилення, що допускають, у взаємному розташуванні елементарних поверхонь деталі; матеріал із вказівкою марки та інші механічні вимоги.

Конструкція деталі має просту стійку форму зі зручними технічними базами. Форма деталі дозволяє одержати заготовку дуже близьку за формою до основної конструкції. Прийнятий якісний спосіб одержання - штампування повинен забезпечити одержання сходів і виточення без більших припусків на обробку, що спрощує сам процес обробки деталі - трудомісткості.

Конструкція деталі дозволяє використати обробку багатоінструментальними налагодженнями (точіння зовнішнього діаметра й торців), однак в умовах дрібносерійного виробництва така обробка себе не

виправдає.

Точність деталі - середня, точними поверхнями є $\varnothing 100k6$ мм, Ra0,8 мкм; 28P9; $\varnothing 110k6$ мм, Ra0,8 мкм; 32P9; $\varnothing 110js5$ мм, Ra0,8 мкм; а також бічні й внутрішні поверхні зубів. Для досягнення високого класу точності й низкою шорсткості необхідно задіяти шліфування.

При обробці шліців можлива операція з попереднім настроюванням верстата на розмір. Умови для врізання й виходу різального інструменту забезпечені.

Досягнення необхідної точності розмірів, а також необхідної шорсткості й припустимих просторових відхилень і геометричних похибок не викликають труднощів при обробці деталі на стандартному устаткуванні.

Знайдемо коефіцієнт шорсткості даної деталі по формулі:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{ср}}$$

де $Ш_{ср}$ - середня шорсткість по варіантах технології.

$$Ш_{ср} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{m_i},$$

де $Ш_i$ - шорсткість поверхні;

n_i – кількість однакових параметрів шорсткості;

m_i – загальна кількість параметрів шорсткості.

Ra 0,8 - 4 поверхні.

Ra 1,6 -4 поверхні.

Ra 3,2 - 8 поверхні.

Ra 6,3 -6 поверхні.

$$Ш_{ср} = \frac{6,3 \cdot 6 + 3,2 \cdot 8 + 1,6 \cdot 4 + 0,8 \cdot 4}{22} = 3,32$$

Звідки

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{ср}} = 1 - \frac{1}{3,32} = 0,3 < 1$$

1. Знайдемо коефіцієнт квалітету даної деталі по формулі:

$$Km = 1 - \frac{1}{T_{cp}},$$

де T_{cp} - середній квалітет по варіантах технології .

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i * n_i}{m_i},$$

де T_i - квалітет поверхні;

n_i – кількість однакових розмірів з однаковим квалітетом точності;

m_i – загальна кількість розмірів.

5 квалітет - 1 поверхня.

6 квалітет - 2 поверхня.

9 квалітет - 2 поверхня.

11 квалітет - 1 поверхні. 14 квалітет - 3 поверхні.

$$T_{cp} = \frac{14 \cdot 3 + 11 \cdot 1 + 9 \cdot 2 + 6 \cdot 2 + 5 \cdot 1}{9} = 9,8$$

Звідки

$$Km = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{9,8} = 0,1 < 1$$

Рівні технологічності виробу по трудомісткості й технологічній собівартості остаточно визначають після розробки технологічного процесу й одержання необхідних для розрахунку даних з урахуванням зниження трудомісткості виробу і заготовки, матеріалу й методу одержання.

2.2 Вибір виду та способу одержання заготовки

Габаритні розміри: $L_{max} = 631$ мм, $D_{max} = 183,31$ мм. Вага деталі - 62,13 кг. Матеріал деталі Сталь 40Х ДСТ 4543 – 71.

Аналіз показує, що вартість заготовки штампованої менше, ніж кованої. Тому можна зробити висновок, що варіант із штампованої найбільш прийнятний.

Вибір припусків на заготовку за ДСТ 4543 - 71

1. Вихідні дані по деталі

1.1 Матеріал - сталь 40Х, (за ДСТ 4543 - 71): 0.36-0.44% С: 0,17-0.37% Si;

0.50-0,80% Mn: не більше 0.25% Cr.

$$K_{исп} = \frac{M_{дет}}{M_{заг}} ;$$

де $M_{дет}$ - маса готової деталі, кг.

$M_{заг}$ - маса заготовки, кг.

$$M_{заг} = K_{з} \cdot M_{дет} , кг$$

$$M_{заг} = 1,3 \cdot 62,13 = 80,77 ; кг$$

$$K_{исп} = \frac{62,13}{80,77} = 0,78 ;$$

Таблиця 2.3 - Розрахунок припусків

D/L	Розмір деталі	Розрахунок допуску	Припуск, мм	Розмір заготовки
D ₁	110js5	4.8+3.6+2.2	10.6·2	Ø135±6
D ₂	110k6	3.6+2.4+1.2	7.2·2	Ø125 ±5
D ₃	100k6	3.2+2.0+1.2	6.4·2	Ø 115 ±5
D ₄	183,31h11	4.8+3.6+1.2	9.6·2	Ø205±6
D ₅	130	3+6.4+1.2	10.6·2	Ø 155 ±4
L ₁	45	2.0+6.4+1.2	9.6	60±6
L ₂	120	3.2+5.4+1.2	10.6	135±9
L ₃	95	2.0+6.4+1.2	9.6	105±5
L ₄	105	3.4+2.2+1.2	6.8	120±9
L ₅	200	4.8+3.6+2.2	10.6	230±9
L ₆	51	2.0+6.4+1.2	9.6	65±6

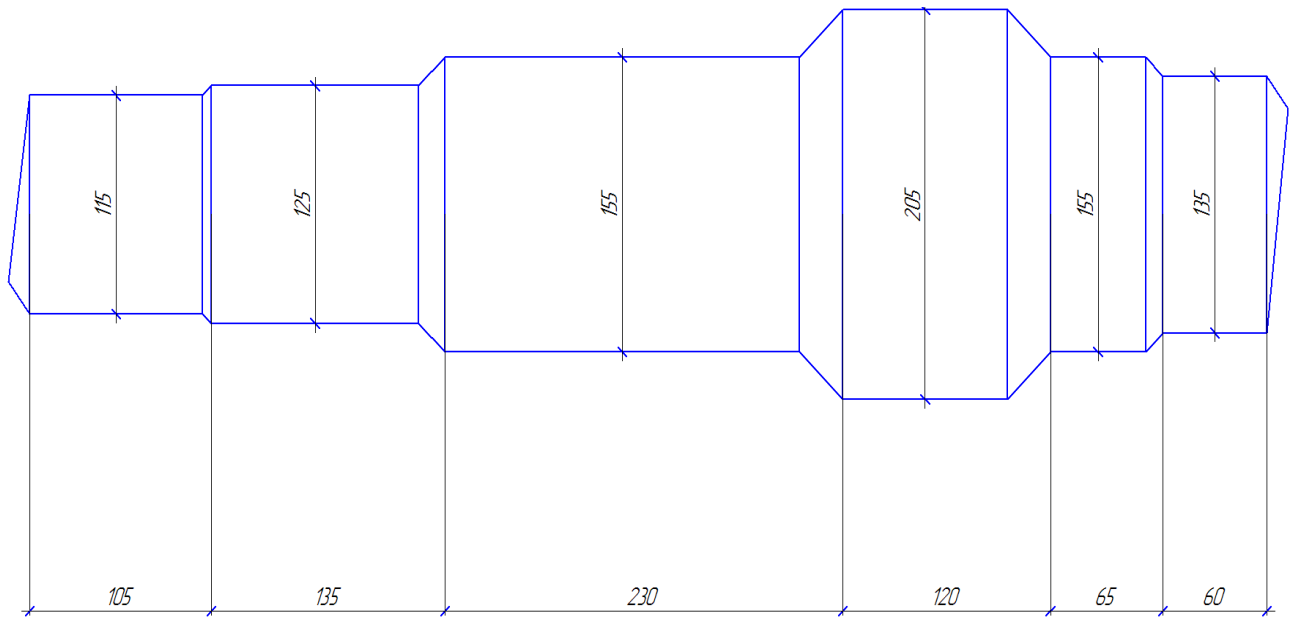


Рисунок 2.1 - Ескіз заготовки

2.3 Проектування маршрутного технологічного процесу

Базовий маршрутний технологічний процес виготовлення деталі був розроблений для умов одиничного виробництва. Тому ми розглядаємо виготовлення деталі в умовах серійного виробництва, де планований процес буде відрізнятися від базового. Для підвищення точності обробки маршрут ділять на чорнову й чистову обробку. На чорновій обробці знімають основну величину припуску. Після термообробки виправляють технологічні бази й роблять остаточну обробку. При складанні маршруту обробки по окремих операціях установимо тип верстатів. Для порівняння зведемо базовий і проєктований маршрути обробки в таблицю

При проєктуванні нового технологічного процесу були внесені наступні зміни:

- виключені такі операції як слюсарна й маркувальна,
- токарні, розточувальні операції, виконувані на універсальних верстатах, замінені операціями, виконуваними на верстатах з ЧПК,
- застосовані пристосування з механізованими приводами,

- застосовані револьверні головки і інструментальні магазини.

Вищевказані заходи дозволяють скоротити основний час, збільшити продуктивність, якість обробки, знизити собівартість виробу.

Таблиця 2.4 - Порівняльна таблиця маршрутів обробки вала - шестерні

№	Маршрут обробки	Обладнання
005	Фрезерно-центрувальна	MP 71M
010	Токарна з ЧПК	16K20Ф3
015	Токарна з ЧПК	16K20Ф3
020	Термообробка	
025	Токарна з ЧПК	16K20Ф3
030	Токарна з ЧПК	16K20Ф3
035	Кругла-шліфувальна	3M151
040	Зубофрезерна	5K324A
045	Термообробка	
050	Токарна з ЧПК	16K20Ф3
055	Зубошліфувальна	5A841
060	Горизонтально-розточувальна	2637M
065	Термообробка	
070	Центрошліфувальна	ME468C1
075	Круглошліфувальна	3M151
080	Зубошліфувальна	5A841
	Контроль	

2.4 Розрахунок припусків

Необхідне уточнення визначається по формулі:

$$\varepsilon_{\text{то}} = \frac{T_i}{T_j}.$$

Таблиця 2.5 - Розрахунок припусків сходитки $\varnothing 110js5(\pm 0,0075)\text{мм}$; $L = 45 \text{ мм}$.

Технологічний маршрут	Елементи припуску, мм				Розрахунковий припуск, мм		
	R_z	h	Δ	ε	z_{\min}	z_{\max}	z_i
Заготовка	0,2	0,25	1,66	146,7	---	---	---
Точіння чорнове	0,05	0,05	0,1	3,6	1,67	4,22	3,87
Точіння чистове	0,025	0,025	0,056	4,1	0,356	0,926	1,096
Шліфування чорнове	0,01	0,02	0,001 12	1,6	0,217	0,491	0,928
Шліфування чистове	0,002	0,005	0	6,3	0,017	0,086	0,051
Технологічний маршрут	Розміри, допуски та граничні відхилення на деталі, на операціях і на заготовці, мм						
	D_i	T_i	es_i	ei_i			
Заготовка	115,946	2,2	0,6	-1,6			
Точіння чорнове	112,074	0,35	0	-0,74			
Точіння чистове	110,98	0,22	0	-0,22			
Шліфування чорнове	110,05174	0,054	0,027	-0,027			
Шліфування чистове	110,015	0,015	0,0075	-0,0075			

Це гарантує досягнення необхідної точності деталі.

$$\varepsilon_{T0} = \frac{T_3}{T_\delta} = \frac{2,2}{0,015} = 146,7 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_4 = \frac{T_3}{T_\delta} = \frac{0,054}{0,015} = 3,6 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3} = \frac{0,22}{0,054} = 4,1 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,35}{0,22} = 1,6 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_1} = \frac{2,2}{0,35} = 6,3 \text{ мм}$$

Просторові відхилення:

$$\Delta_{00} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2} = \sqrt{0,8834^2 + 1,4^2} = 1,66 \text{ мм}$$

$$\Delta_{кор} = \Delta_{к} \cdot L = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 631 = 883,4 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

Де $\Delta_{к}$ – кривизна ,

$\Delta_{см}$ – відхилення співвісності ті

$\Delta_{к}$ – кривизна

$$\Delta_{05} = K_y \cdot \Delta_{00} = 0,06 \cdot 1,66 = 0,1 \text{ мм}$$

Де K_y – поправочний коефіцієнт

$$\Delta_{10} = (\Delta_{чист}^2 + \Delta_{терм}^2)^{0,5} = (0,004^2 + 0,056^2)^{0,5} = 0,056 \text{ мм}$$

$$\Delta_{терм} = \frac{0,001 \cdot n_{к} \cdot L}{0,1 \cdot d + 0,3} = \frac{0,001 \cdot 1 \cdot 631}{0,1 \cdot 110 + 0,3} = 0,056 \text{ мм}$$

$$\Delta_{чист} = \Delta_{05} \cdot K_y = 0,1 \cdot 0,04 = 0,004 \text{ мм}$$

$$\Delta_{15} = K_y \cdot \Delta_{10} = 0,02 \cdot 0,056 = 0,00112 \text{ мм}$$

$$\Delta_{20} = K_y \cdot \Delta_{15} = 0,02 \cdot 0,0028 = 0,0000224 \approx 0 \text{ мм}$$

Похибка установки:

$$\varepsilon_{05} = (\varepsilon_{рад}^2 + \varepsilon_{ос}^2)^{0,5} = (0,3^2 + 0,2^2)^{0,5} = 0,169 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{10} = 0,25 \cdot T_D = 0,25 \cdot 0,35 = 0,0875 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{15} = 0,25 \cdot 0,22 = 0,055 \text{ мм}$$

$\varepsilon_{20} = 0$, тому що чорнове і чистове шліфування виконується з однієї установки.

Мінімальні проміжні припуски визначаються по формулі:

$$2 \cdot z_{\min} = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right]$$

$$2 \cdot z_{20 \min} = 2 \cdot [(0,0025 + 0,005) + 0,00112] = 0,01724 \text{ MM}$$

$$2 \cdot z_{15 \min} = 2 \cdot [(0,01 + 0,02) + \sqrt{0,056^2 + 0,055^2}] = 0,217 \text{ MM}$$

$$2 \cdot z_{10 \min} = 2 \cdot [(0,025 + 0,025) + \sqrt{0,1^2 + 0,0875^2}] = 0,356 \text{ MM}$$

$$2 \cdot z_{05 \min} = 2 \cdot [(0,05 + 0,05) + \sqrt{1,66^2 + 0,169^2}] = 1,67 \text{ MM}$$

Максимальні проміжні припуски визначаються по формулі:

$$2 \cdot z_{\max} = 2 \cdot z_{i \min} + ITD_{i-1} + ITD_i$$

$$2 \cdot z_{20 \max} = 0,01724 + 0,054 + 0,015 = 0,08624 \text{ MM}$$

$$2 \cdot z_{15 \max} = 0,217 + 0,22 + 0,054 = 0,491 \text{ MM}$$

$$2 \cdot z_{10 \max} = 0,356 + 0,35 + 0,22 = 0,926 \text{ MM}$$

$$2 \cdot z_{05 \max} = 1,67 + 2,2 + 0,35 = 4,22 \text{ MM}$$

Номінальні міжопераційні припуски визначаються по формулі:

$$2 \cdot z_i = 2 \cdot z_{i \min} + es_i + ei_{i-1}$$

$$2 \cdot z_{20} = 2 \cdot z_{20 \min} + es_{20} + ei_{15} = 0,01724 + 0,0075 - 0,027 = 0,05174 \text{ MM}$$

$$2 \cdot z_{15} = 2 \cdot z_{15 \min} + es_{15} + ei_{10} = 0,217 + 0,027 + 0,22 = 0,928 \text{ MM}$$

$$2 \cdot z_{10} = 2 \cdot z_{10 \min} + es_{10} + ei_{05} = 0,356 + 0 + 0,74 = 1,096 \text{ MM}$$

$$2 \cdot z_{05} = 2 \cdot z_{05 \min} + es_{05} + ei_{00} = 1,67 + 0 + 2,2 = 3,87 \text{ MM}$$

Операційні розміри:

$$D_{20} = D_{\text{н}} = 110 \pm 0,0075 \text{ MM}$$

$$D_{15} = D_{\text{н}} + 2 \cdot z_{20} = 110 + 0,05174 = 110,05174 \text{ MM}$$

$$D_{10} = D_{15} + 2 \cdot z_{15} = 110,05174 + 0,928 = 110,98 \text{ MM}$$

$$D_{05} = D_{10} + 2 \cdot z_{10} = 110,98 + 1,096 = 112,076 \text{ MM}$$

$$D_{00} = D_{05} + 2 \cdot z_{05} = 112,076 + 3,87 = 115,946 \text{ MM}$$

$$D_3 = 115,946 \begin{matrix} +3,5 \\ -1,7 \end{matrix} \text{ MM}$$

Таблиця 2.6 – Розрахунок припусків сходитки $\varnothing 110k6^{+0,025}_{+0,003}$ мм; L = 45 мм.

Технологічний маршрут	Елементи припуску, мм				Розрахунковий припуск, мм			Розміри, допуски й граничні відхилення на деталі, на операціях і на заготовці, мм			
	R_z	h	Δ	ε	z_{\min}	z_{\max}	z_i	D_i	T_i	es_i	ei_i
Заготовка	0,2	0,2 5	1,6 6	100	---	---	---	115,9 733	2,2	0,6	-1,6
Точіння чорнове	0,0 5	0,0 5	0,1	24, 55	1,6 7	4,2 2	3,8 7	112,1 033	0,35	0	-0,74
Точіння чистове	0,0 25	0,0 25	0,0 56	4,1	0,3 56	0,9 26	1,0 96	111,0 0724	0,22	0	-0,22
Шліфування чорнове	0,0 1	0,0 2	0,0 011 2	1,6	0,2 17	0,4 91	0,9 28	110,0 7924	0,05 4	0,027	- 0,027
Шліфування чистове	0,0 05	0,0 05	0	6,3	0,0 272 4	0,1 032 4	0,0 792 4	115,9 733	0,02 2	0,025	0,003

Що гарантує досягнення необхідної точності деталі.

Необхідне уточнення:

$$\varepsilon_{T0} = \frac{T_3}{T_0} = \frac{2,2}{0,022} = 100 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_4 = \frac{T_3}{T_0} = \frac{0,54}{0,022} = 24,55 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3} = \frac{0,22}{0,054} = 4,1 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2} = \frac{0,35}{0,22} = 1,6 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_1} = \frac{2,2}{0,35} = 6,3 \text{ мм}$$

Просторові відхилення:

$$\Delta_{00} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2} = \sqrt{0,8834^2 + 1,4^2} = 1,66 \text{ мм}$$

$$\Delta_{кор} = \Delta_k \cdot L = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 631 = 883,4 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

Де Δ_k – кривизна ,

$\Delta_{см}$ – відхилення співвісності ті

Δ_k – кривизна

$$\Delta_{05} = K_y \cdot \Delta_{00} = 0,06 \cdot 1,66 = 0,1 \text{ мм}$$

Де K_y – поправочний коефіцієнт

$$\Delta_{10} = (\Delta_{чист}^2 + \Delta_{терм}^2)^{0,5} = (0,004^2 + 0,056^2)^{0,5} = 0,056 \text{ мм}$$

$$\Delta_{терм} = \frac{0,001 \cdot n_k \cdot L}{0,1 \cdot d + 0,3} = \frac{0,001 \cdot 1 \cdot 631}{0,1 \cdot 110 + 0,3} = 0,056 \text{ мм}$$

$$\Delta_{чист} = \Delta_{05} \cdot K_y = 0,1 \cdot 0,04 = 0,004 \text{ мм}$$

$$\Delta_{15} = K_y \cdot \Delta_{10} = 0,02 \cdot 0,056 = 0,00112 \text{ мм}$$

$$\Delta_{20} = K_y \cdot \Delta_{15} = 0,02 \cdot 0,0028 = 0,0000224 \approx 0 \text{ мм}$$

Похибка установки

$$\varepsilon_{05} = (\varepsilon_{рад}^2 + \varepsilon_{ос}^2)^{0,5} = (0,3^2 + 0,2^2)^{0,5} = 0,169 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{10} = 0,25 \cdot T_D = 0,25 \cdot 0,35 = 0,0875 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{15} = 0,25 \cdot 0,22 = 0,055 \text{ мм}$$

$\varepsilon_{20} = 0$, тому що чорнове і чистове шліфування виконується з однієї установки.

Мінімальні проміжні припуски:

$$2 \cdot z_{20 \text{ min}} = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right] = 2 \cdot \left[(0,005 + 0,005) + 0,00112 \right] = 0,02724 \text{ мм}$$

$$2 \cdot z_{15 \text{ min}} = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right] = 2 \cdot \left[(0,01 + 0,02) + \sqrt{0,056^2 + 0,055^2} \right] = 0,217 \text{ мм}$$

$$2 \cdot z_{10 \text{ min}} = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right] = 2 \cdot \left[(0,025 + 0,025) + \sqrt{0,1^2 + 0,0875^2} \right] = 0,356 \text{ мм}$$

$$2 \cdot z_{05 \text{ min}} = 2 \cdot \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right] = 2 \cdot \left[(0,05 + 0,05) + \sqrt{1,66^2 + 0,169^2} \right] = 1,67 \text{ мм}$$

Максимальні проміжні припуски:

$$2 \cdot z_{20 \max} = 2 \cdot z_{20 \min} + ITD_{15} + ITD_{20} = 0,02724 + 0,054 + 0,022 = 0,10324 \text{ мм}$$

$$2 \cdot z_{15 \max} = 2 \cdot z_{15 \min} + ITD_{10} + ITD_{15} = 0,217 + 0,22 + 0,054 = 0,491 \text{ мм}$$

$$2 \cdot z_{10 \max} = 2 \cdot z_{10 \min} + ITD_{05} + ITD_{10} = 0,356 + 0,35 + 0,22 = 0,926 \text{ мм}$$

$$2 \cdot z_{05 \max} = 2 \cdot z_{05 \min} + ITD_{00} + ITD_{05} = 1,67 + 2,2 + 0,35 = 4,22 \text{ мм}$$

Номінальні міжопераційні припуски:

$$2 \cdot z_{20} = 2 \cdot z_{20 \min} + es_{20} + ei_{15} = 0,02724 + 0,025 + 0,027 = 0,07924 \text{ мм}$$

$$2 \cdot z_{15} = 2 \cdot z_{15 \min} + es_{15} + ei_{10} = 0,217 + 0,027 + 0,22 = 0,928 \text{ мм}$$

$$2 \cdot z_{10} = 2 \cdot z_{10 \min} + es_{10} + ei_{05} = 0,356 + 0 + 0,74 = 1,096 \text{ мм}$$

$$2 \cdot z_{05} = 2 \cdot z_{05 \min} + es_{05} + ei_{00} = 1,67 + 0 + 2,2 = 3,87 \text{ мм}$$

Операційні розміри:

$$D_{20} = D_{\text{д}} = 110 \text{к}6 \begin{matrix} +0,025 \\ +0,003 \end{matrix} \text{ мм}$$

$$D_{15} = D_{\text{д}} + 2 \cdot z_{20} = 110 + 0,07924 = 110,07924 \text{ мм}$$

$$D_{10} = D_{15} + 2 \cdot z_{15} = 110,07924 + 0,928 = 111,00724 \text{ мм}$$

$$D_{05} = D_{10} + 2 \cdot z_{10} = 111,00724 + 1,096 = 112,1033 \text{ мм}$$

$$D_{00} = D_{05} + 2 \cdot z_{05} = 112,1033 + 3,87 = 115,9733 \text{ мм}$$

$$D_3 = 115,946 \begin{matrix} +3,5 \\ -1,7 \end{matrix} \text{ мм}$$

2.5 Розрахунок режимів різання

Токарна чорнова обробка $\varnothing 110 \text{к}6.(010)$

Матеріал деталі 40Х, металорізальний інструмент – різець із пластинами із твердого сплаву перетином $B \times H 40 \times 25$, $L = 130$ мм, марка матеріалу Т15К6, мінімальний припуск на чорнове точіння $z_{\min}^{\text{чорн}} = 3500$ мкм=3,5мм. Допуск на заготовку $\delta_3 = 7,2$ мм.

1. Визначимо глибину різання по формулі:

$$t = \frac{z_{\min}^{\text{чорн}}}{2} + \frac{\delta_3}{2} = \frac{3,5}{2} + \frac{7,2}{2} = 5,35 \text{ мм} .$$

Подача при чорновому точінні приймається максимально припустимою по потужності устаткування, міцності різальної пластини й міцності державки або глибині різання $t=5,35$, перетин різця 25×40 і діаметрі деталі $d=135$ мм $S=1$ мм/об.

2. Визначимо швидкість різання по формулі:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v = \frac{340 \cdot 0,76}{60^{0,2} 5,35^{0,15} 1^{0,45}} = 93,9 \text{ м / хв} ,$$

де C_v , m , x_v , y_v - показники ступеня залежно від виду обробки, виду матеріалу деталі і різальної частини різця, подачі інструмента.

При $S=1$ мм/об зовнішнє поздовжнє точіння прохідним різцем, матеріалу деталі Сталь 40Х і різальної пластини різця Т15К6

$$C_v=340, m=0,2, x_v=0,15, y_v=0,45$$

K_v - поправочний коефіцієнт;

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{nv} = 0,95 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,76 ,$$

де K_{mv} - коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv} = 0,95 \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 0,95$$

де σ_B - тимчасовий опір розриву, $\sigma_B=750$ МПа;

K_r - коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності. Для сталі 40Х – $K_r=0,95$

K_v - показник ступеня, при обробці різцями із твердого сплаву, $K_v=1$

K_{nv} - коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовки, $K_{nv}=0,8$

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента, для оброблюваного матеріалу і марки інструментального матеріалу Т15К6 -

$K_{nv}=1$.

3. Визначимо частоту обертання по формулі:

$$n = \frac{1000 V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 93,9}{3,14 \cdot 135} = 221,52 \text{ об/хв}$$

4. Визначимо головну складову сили різання P_z по формулі:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 5,35^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 93,9^{-0,15} \cdot 0,94 = 5931 \text{ Н},$$

де C_p, x, y, n - коефіцієнти залежні від матеріалу заготовки, матеріалу різального інструменту, виду обробки і її характеру.

$$C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$$

K_p - поправочний коефіцієнт.

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{jp} K_{rp} K_{lp} = 1 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,94,$$

де K_{mp} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності для легованої сталі $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$.

5. Визначимо силу різання обмежену міцністю різця по формулі:

$$[P_{zp}] = \frac{[Gu] \cdot W}{l} = \frac{240 \cdot 10666}{25} = 102393 \text{ Н},$$

де $[Gu] = 240 \text{ МПа}$ – допустиме напруження згинальної міцності для сталі 40Х;

W - момент опору перетину державки різця, мм^3 ;

l - 25мм – виліт різця.

$$W = \frac{H^3}{6} = \frac{40^3}{6} = 10666 \text{ мм}^3$$

6. Визначимо силу різання виходячи із жорсткості різця по формулі:

$$[P_{zж}] = \frac{3EJ[f]}{l^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10666 \cdot 0,1}{25^3} = 40957 \text{ Н}$$

де $E = 2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ – модуль пружності сталі 40Х (матеріал державки різця)

J – момент інерції перетину державки різця, мм^4 $J = H^4/12 = 20^4/12 = 13333 \text{ мм}^4$;

$f = 0,1$ – допустима величина прогину різця, мм ;

$l = 25$ виліт різця.

Оскільки $[P_{zж}] > P_{zрас}$, то призначені режими задовільні.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1$$

де n - показник ступеня, $n = 0,75$;

$K_{\varphi p}, K_{j p}, K_{r p}, K_{\lambda p}$ - поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструмента на складову сили різання;

$K_{\varphi p} = 0,94$ – при головному куті в плані $\varphi = 75^\circ$;

$K_{j p} = 1$ – при передньому куті $j = 10^\circ$;

$K_{r p} = K_{\lambda p} = 1$ - для різальної частини із твердого сплаву.

7. Визначимо потужність різання по формулі:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{93,883 \cdot 5931}{1020 \cdot 60} = 9,099 \text{ кВт}$$

8. Визначимо необхідну потужність різання на приводі верстата по формулі:

$$N_{np} = \frac{N}{\eta} = \frac{9,099}{0,85} = 10,7 \text{ кВт},$$

де η - ККД верстата

За умовою $N_{ст} > N_{np}$ вибираємо верстат з $N_{ст} = 11$ кВт.

9. Визначимо коефіцієнт використання верстата по потужності по формулі:

$$\eta_{м} = \frac{N_{np}}{N_{ст}} = \frac{10,7}{11} = 0,97.$$

10. Визначимо обертовий момент по формулі:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{5931 \cdot 137,92}{2 \cdot 1000} = 409 \text{ Нм}$$

11. Визначимо обертовий момент допустимий жорсткістю верстата по формулі:

$$M_{крст} = 9750 \cdot \frac{N_{ст} \cdot n}{n_{ст}} = \frac{9750 \cdot 11 \cdot 0,97}{216,66} = 480,165$$

Умова достатньої потужності виконується

12. Визначаємо основний технологічний час на обробку заданої поверхні по формулі:

$$T_0 = \frac{L}{nS} = \frac{135 \cdot 2}{216,66 \cdot 1} = 1,25 \text{ хв},$$

де $L = 135$ довжина оброблюваної поверхні, що враховує врізання й перебіг

інструмента:

$i = 2$ число проходів

Розрахунок режимів різання на операцію шліфування $\varnothing 183,31h11$.

Вибираємо верстат 3М151 Розміри шліфувального кола 500x40x203, $n = 1590 \text{ хв}^{-1}$, потужність головного привода 10 кВт.

Вибираємо шліфувальний круг ПП500x40x203 22А40 - ПСМ1ДО6 35м/с

Абразивний матеріал - електрокорунд білий 22А

Зернистість круга 40П

Твердість - середня СМ - 1

Зв'язка - керамічна К6

Форма - пряма ПП

Глибина різання при круглому шліфуванні визначається величиною поперечної подачі (S_p) мм/хв. Приймаємо $S_p = 0,5 \text{ мм/хв}$.

1. Визначимо поздовжню подачу по формулі:

$$S_{\text{прод}} = - (0,2-0,4) B = 0,3 \cdot 40 = 12 \text{ мм/об}$$

де $S_{\text{прод}}$ - величина поздовжньої подачі, мм/об;

B – товщина круга, мм.

2. Визначимо швидкість різання по формулі:

$$V_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 183,31 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 15,3 \text{ м/с}$$

Приймаємо $V_{\text{кр}} = 30 \text{ м/с}$

3. Визначимо частоту обертання заготовки по формулі:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 55}{3,14 \cdot 183,31} = 95 \text{ хв}^{-1}$$

$S_t = 0,5/95 = 0,005 \text{ мм/дв.хід}$;

де V_3 - швидкість обертання заготовки, $V_3 = 55 \text{ м/хв}$.

4. Визначимо потужність по формулі:

$$N = C_N \cdot V^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 30^{0,75} \cdot 0,005^{0,85} \cdot 12^{0,7} \cdot 183,31^0 = 1,05 \text{ кВт}$$

де C_N, x, y, q, r - коефіцієнти й показники ступеня;

d - діаметр шліфування.

$$C_N = 1,3; r = 0,75; x = 0,85; y = 0,7; q = 0;$$

5. Перевіримо процес різання на достатню потужність привода по формулі:

$$N_{ст} = N_{дв} \cdot \eta = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ кВт}$$

де $N_{дв}$ - потужність двигуна верстата

η - КПД

6. Визначимо основний час по формулі:

$$T_o = \frac{L \cdot h}{n_s \cdot S \cdot t} K = \frac{110 \cdot 0,151}{95 \cdot 12 \cdot 0,05} \cdot 1,4 = 3,3 \text{ хв}$$

де L - довжина ходу стола, мм.

h - припуск на сторону, мм.

K - коефіцієнт виходу $K = 1,4$.

Основні режими технологічного процесу наведено в табл.2.7.

Таблиця 2.7- Режими проектованого технологічного процесу

№	Найменування операції	L мм	V м/хв	n об/хв	Tосн мін.	Tвсп мін.	Tшт хв.	\sum Tшт хв.
5	Фрезерно-центрувальна	110	145,6	354,6	2,85	0,86	3,4	1,75
		43	13,7	437,5	1,2	0,23	0,23	
10	Токарна ЧПК	50,00	93,9	221,52	1,07	0,19	1,4	4,23
		51,00	85	208,23	0,61	0,11	0,9	
		105,00	85,95	133,5	1,57	0,282	1,93	
15	Токарна ЧПК	110,00	89,6	285,4	2,5	0,45	3,03	10,37
		130,00	93,9	221,52	1,25	0,23	1,54	
		200,00	85	208,23	4,71	0,85	5,8	
25	Токарна ЧПК	50,00	102,3	278,4	0,74	0,13	0,91	2,78
		51,00	91,6	248,8	0,46	0,08	0,6	
		105,00	94,5	173,3	1,03	0,19	1,27	
30	Токарна ЧПК	110,00	97,6	345,7	1,97	0,36	2,43	7,98
		130,00	102,3	278,4	1,06	0,19	1,3	
		200,00	91,6	248,8	3,46	0,62	4,25	
35	Круглошліфувальна	105	55	95	3,3	3,2	9,7	9,7
40	Зубо фрезерна	105	164,2	871,6	36,7	10,7	52,2	52,2
55	Зубошліфувальна	105	45	125	2,5	0,73	8,7	8,7
60	Горизонтально-розточувальна	120	70	629	4,04	0,60	5,85	8,45
		95	54,8	623,3	2,1	0,32	2,6	

70	Круглошліфувальна	95	55	175	1,6	0,48	2,5	16,12
		120	55	159,2	2,1	0,65	3,4	
		105	55	95	2,9	0,73	9,3	
		45	55	159,2	0,7	0,18	0,92	
75	Зубошліфувальна	105	45	125	2,5	0,73	8,7	8,7
	Σ				80,71	19,62		130,98

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКО-ПРОЕКТНИЙ

3.1. Опис основних частин привода подач

Каретка

Каретка в комплексі з редукторами подач забезпечують подачу різального інструменту по осі X (поперек осі шпинделя) і по осі Z (уздовж осі шпинделя).

Для забезпечення плавності й точності переміщення каретки, особливо на малих обертах, напрямні армовані антифрикційним матеріалом - стрічкою з наповненого фторопласта. Напрямні виконані на роликівих опорах кочення, а кінцевою ланкою переміщення по осі X служить передача гвинт-гайка кочення.

На осі гвинта змонтований датчик зворотного зв'язку осі X, на корпусі каретки встановлений датчик зворотного зв'язку осі Z.

Вузол призначений для установки супорта із плоским різцетримачем. Вузол каретки призначений для установки револьверної головки.

Головка різцева

Головка різцева призначена для установки чотирьох різцетримачів і виконання повороту в необхідну позицію. Привод різцевої головки - електродвигун змінного струму.

Головка різцева складається з основи і поворотного корпусу. У основу головки вмонтований механізм повороту кінцевих вимикачів, що здійснюють контроль позиції при повороті. У поворотному корпусі встановлені чотири підпружинені фіксатори з роликами, кулачки кінцевих вимикачів і чотири гнізда для базування і закріплення різцетримачів.

На поворотному корпусі та основі закріплені плоскі зубчасті колеса, призначені для з'єднання й фіксації вищезазначених частин головки.

Головка різцева працює в наступній послідовності. По команді на зміну інструмента включається електродвигун. За допомогою черв'ячної і гвинтової передачі поворотний корпус піднімається, і утримується від повороту чотирьома підпружиненими фіксаторами, до жорсткого упору.

Після досягнення на упорі моменту, що перевищує момент, створений фіксаторами, головка повертається до необхідної позиції, тобто до спрацьовування одного з кінцевих вимикачів (визначників інструмента), що дає команду на реверс двигуна головки. За рахунок наявного в упорі моменту поворотний корпус почне повертатися у зворотному напрямку доти, поки собачка не зайде в западину храпового диска, після чого утримуваний від повороту цією собачкою корпус почне опускатися. Зуби плоских коліс увійдуть у зачеплення, і при досягненні необхідного зусилля затискача реле максимального струму в ланцюзі керування відключить електродвигун. Так здійснюється зміна інструмента і затиск головки.

Настроювання різцевих блоків на розмір здійснюється шляхом почергового базування кожного із чотирьох різальних інструмент по осях X і Z з наступним уведенням корекції на кожен інструмент.

Супорт із плоским різцетримачем

Супорт із плоским різцетримачем призначений для установки різцетримачів шириною 80 мм і 35 мм і фіксування їх у необхідній позиції. Затиск різцетримачів здійснюється пакетами тарілчастих пружин. Відтиск - клиноплужерним механізмом з роликами із приводом від електромеханічної головки. Переміщення різцетримача здійснюються від електромеханічної головки через черв'ячний редуктор з виходом на рейку переміщуваного різцетримача. Зупинка різцетримача в необхідній позиції виконується по сигналі перемикача положення з наступним точним фіксуванням за допомогою введення в різцетримач твердого фіксатора.

Процес відтиску різцетримача, переміщення, фіксування і затиску здійснюється в циклі по програмі роботи верстата. Крок переміщення різцетримача дорівнює 100 мм. Номер позиції різцетримача визначається по показнику на зовнішній стороні супорта. Переміщення будь-якого різцетримача можливо тільки в тому випадку, коли інший повністю всунутий в корпус супорта. На різцетримачі встановлюються різцеві блоки (з різальними пластинками) спеціальної конструкції.

3.2. Розрахунок на міцність плоского різцетримача

Розрахунок плоского різцетримача зроблений за допомогою SolidWorks SimulationXpress.

Результати аналізу проектування базуються на лінійному статичному аналізі, і передбачається ізотропний матеріал. Лінійний статичний аналіз припускає, що:

- 1) поведіння матеріалу є лінійним відповідно до закону Гука,
- 2) навантаженням зсуву є досить невеликими, щоб не враховувати зміни жорсткості в результаті навантаження,
- 3) навантаження прикладаються повільно, щоб не враховувати динамічні ефекти

Характеристики дослідження

Характеристики	Значення	Одиниці виміру
Модуль пружності	2.1e+011	N/m ²
Коефіцієнт Пуассона	0.28	NA
Модуль зрушення	7.9e+010	N/m ²
Масова щільність	7700	kg/m ³
Межа міцності при розтяганні	7. 2383e+008	N/m ²
Границя текучості	6. 2042e+008	N/m ²
Коефіцієнт теплового розширення	1.3e-005	/Kelvin
Теплопровідність	50	W/(m.K)
Питома теплоємність	460	J/(kg.K)
Тип сітки:	Сітка на твердому тілі	
Використовувана розбивка:	Стандартна сітка	
Автоматичне ущільнення сітки:	Викл	
Згладжування поверхні:	Вкл	
Перевірка Якобіана:	4 Points	
Розмір елемента:	37. 131 mm	
Допуск:	1. 8566 mm	
Якість:	Висока	
Кількість елементів:	7652	
Кількість вузлів:	13363	
Час для завершення сітки (годинники;хвилини;секунди):	00:00:02	
Якість:	Висока	
Тип вирішальної програми:	FFEPlus	

Результати Напруження

Ім'я	Тип	Мін	Місце	Макс	Місце
Stress	VON: Напруження Von Mises	8. 51402 N/m ²	(-0. 00165114 mm, 217. 833 mm, 35 mm)	6. 21692e+006 N/m ²	(1457.57 mm, 278.002 mm, 34.8294 mm)

Имя модели: Деталь2
 Имя исследования: SimulationXpress Study
 Тип эпоры: Запас прочности Factor of Safety
 Критерий : Максимальное напряжение von Mises
 Красный < Коэффициент запаса прочности = 1 < Синий

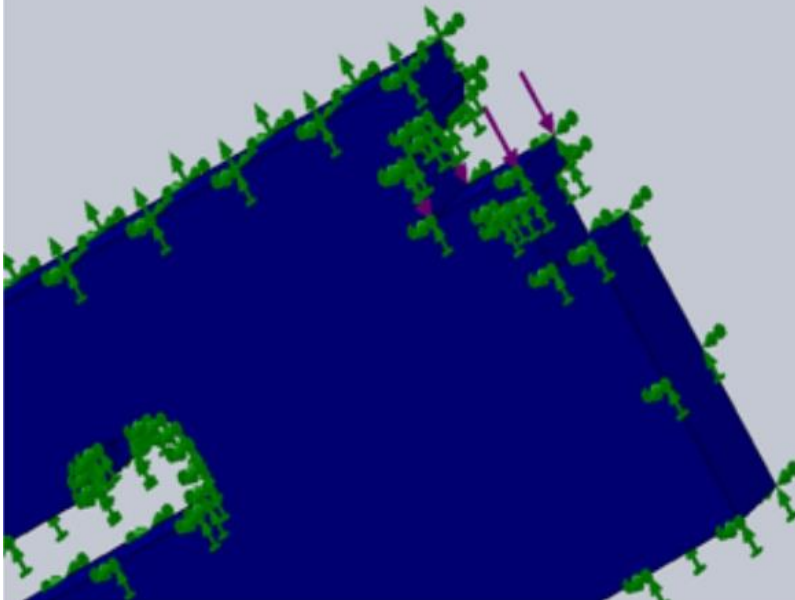


Рисунок 3.1. – Результати моделювання максимального напруження плоского різцетримача

Переміщення

Ім'я	Тип	Мін	Місце	Макс	Місце
Displacement	URES: Результуюче переміщення	0 mm	(650 mm, 338. 101 mm, 0 mm)	0. 00588988 mm	(1529.56 mm, 253.5 mm, 35. 0171 mm)

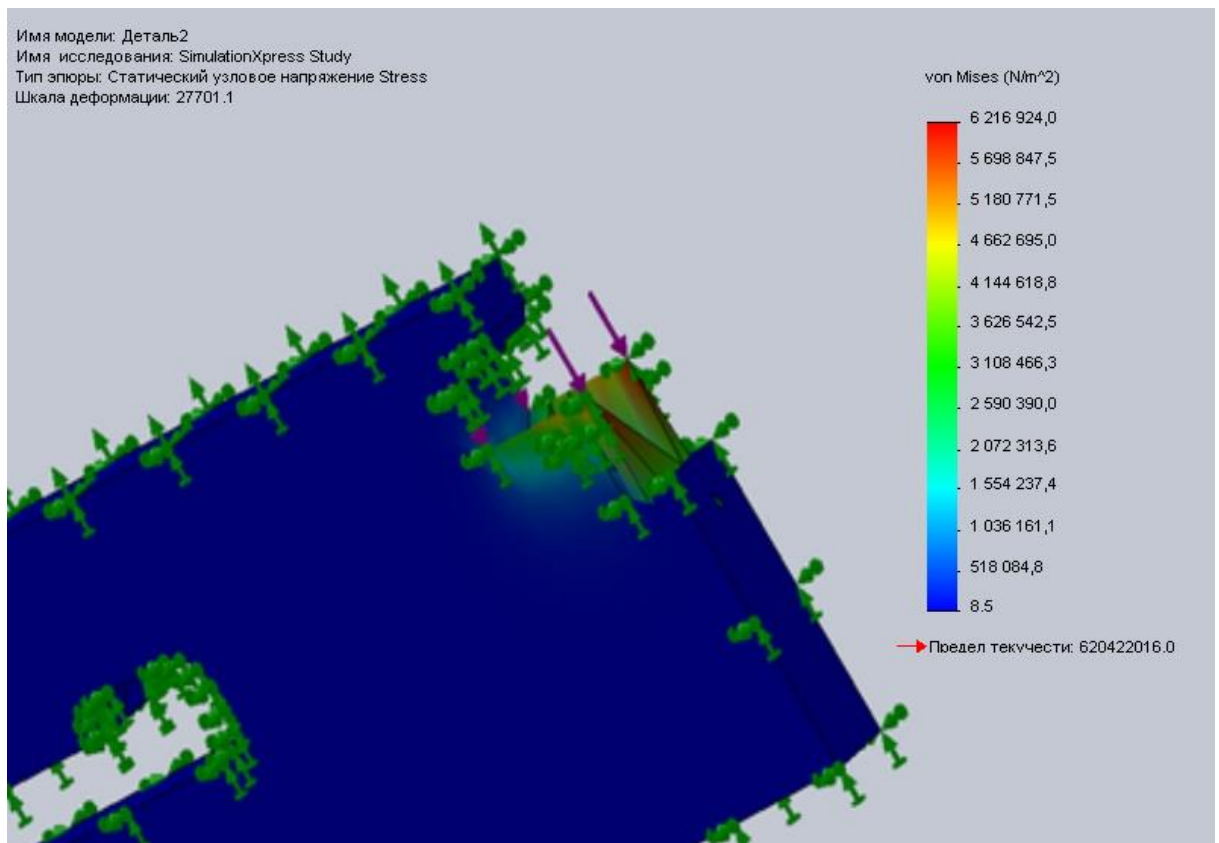


Рисунок 3.2. – Результаты моделирования перемещения плоского рiзцетримача.

Деформація

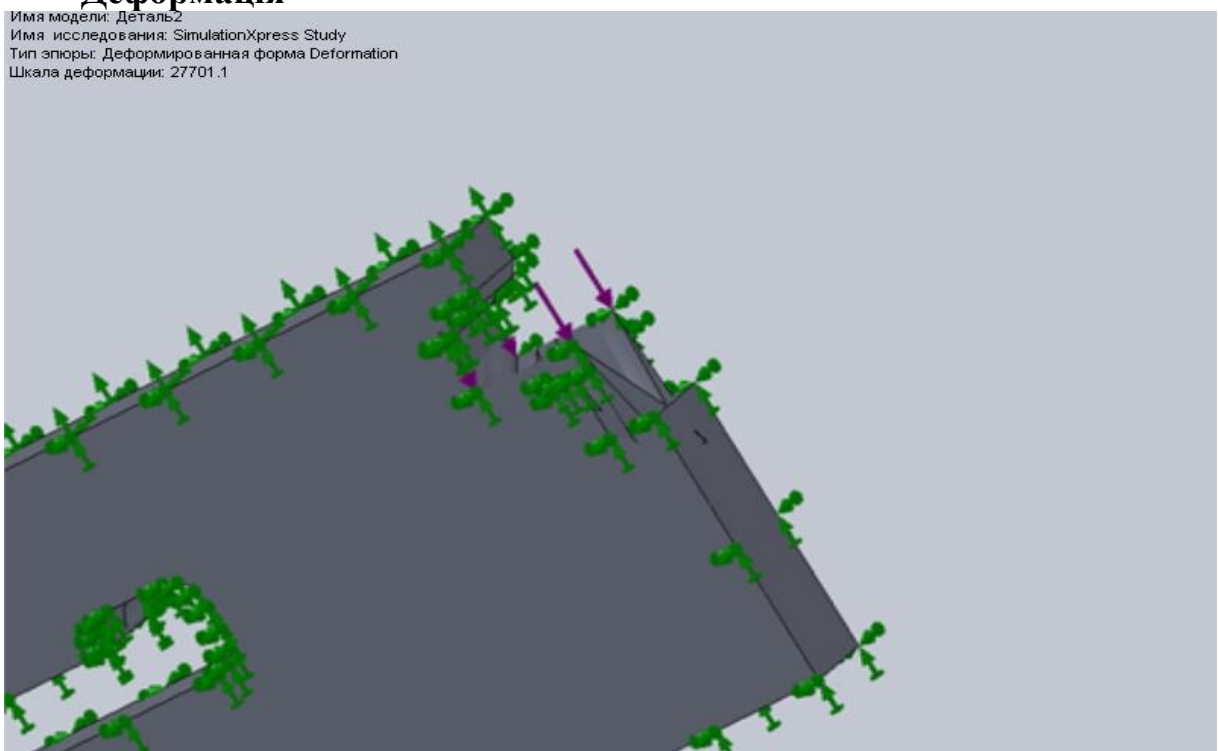


Рисунок 3.3. – Результаты моделирования максимальной деформации плоского рiзцетримача

Запас міцності

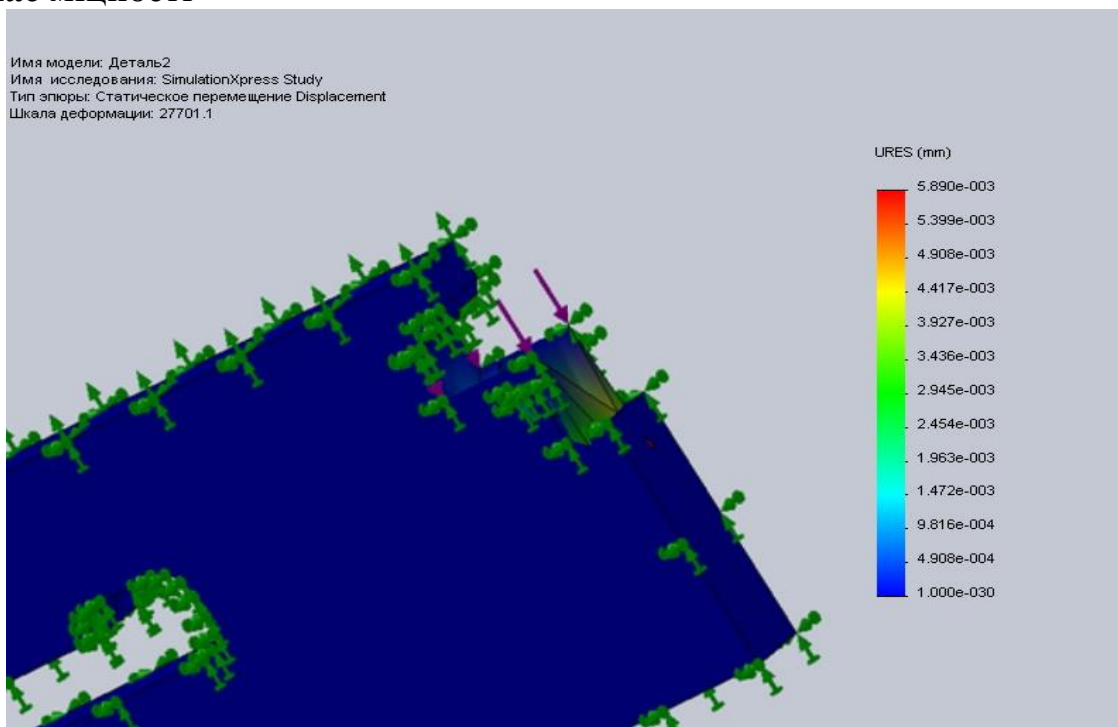


Рисунок 3.4. – Результати моделювання запасу міцності плоского різцетримача

3.3. Вибір і розрахунок передачі гвинт-гайка кочення

Передача гвинт - гайка кочення має властивості, що дозволяють застосовувати її як у приводах подач без відліку переміщень (універсальних верстатів, силових столів агрегатних верстатів), так й у приводах подач і позиціонування верстатів з ЧПК. Для передачі характерний високий коефіцієнт корисної дії (0,8-0,9), невелике розходження між силами тертя руху й спокою, незначний вплив частоти обертання гвинта на силу тертя в механізмі, повна відсутність осьового зазору. Недоліками є висока вартість, знижене демпфірування, відсутність самогальмування.

. Передача складається із гвинта 1 (рис. 3.5), гайки 2, кульок 3 і пристроїв для повернення кульок. Звичайно застосовують передачі з найбільше технологічним напівкруглим профілем різьбою. Попередній натяг, що підвищує точність і жорсткість передачі, створюють осьовими проставками між гайками, гвинтами, здвоєною диференціальною гайкою.

Пристрої для повернення кульок 3 виконані у вигляді вкладишів, вставлених у три вікна кожної гайки. Вкладиші з'єднують два сусідніх витки

гвинтової канавки, зміщені один відносно одного в осьовому напрямку на один її крок і розділяють кульки в кожній гайці на три циркулюючі групи. Для точного регулювання натягу гайки виконані з зубчастими вінцями на фланцях, які входять у внутрішні зубчасті вінці корпусу. На одному фланці число зубів на одиницю більше, ніж на іншому. Якщо вінці обох фланців вивести з корпусу, повернути гайки в одну сторону на однакове число зубів (на нерівні кути) і знову з'єднати зубчасті вінці, можна завдяки невеликому осьовому зближенню профілів різьблення гайок створити заданий натяг. Способи змазування кульково-гвинтового механізму й захисту від забруднень.

Для запобігання гвинтів від забруднення застосовують захисні пристрої в сукупності із пристроями ущільнення і очищення. Захисні телескопічні трубки з ущільненнями, маючи значні габарити, можуть бути використані тільки при збільшенні довжини гвинта.

Добре очищає гвинт фетрова або войлочна втулка з різьбою по внутрішній поверхні (рис. 3.5 а), однак при зношуванні вона гірше виконує свої функції. При використанні втулки з нейлону виникає менша сила тертя в контакті із гвинтом і втулка менше шаржується твердими частинками.

Шкребки-щітки - призначені для очищення гвинта (рис. 3.5 б, в), їх варто встановлювати так, щоб можна було замінити без розбирання вузла в цілому.

Різьбові кільця із синтетичного матеріалу, жорстко з'єднані з гайкою, ущільнюють кульково-гвинтовий механізм у протилежних її торців і добре очищають гвинт, однак ці властивості погіршуються при зношуванні кілець. У пристрої, зображеному на рис. 3.6 а), у кожного торця гайки розташовано по двох кільця (рис. 3.6 б, в), виготовлених із фторопласта, що мають на внутрішній поверхні гвинтовий профіль (рис. 3.6 г). Кільце 3 нерухоме і за допомогою упору 1, що входить у наявний на ньому паз, утримується від повороту щодо гайки 4. Кільце 2 захоплюється обертовим гвинтом передачі доти, поки воно не ввійде в контакт із нерухомим кільцем. Завдяки цьому в

торці гайки, де гвинт входить в неї, виникає контакт із натягом між гвинтовими профілями кілець і гвинта. При зміні напрямку його обертання такий же контакт виникає в протилежному торці гайки. Зношування кілець не впливає на якість роботи пристрою. Для відводу забруднень у кільцях передбачені похилі пази.

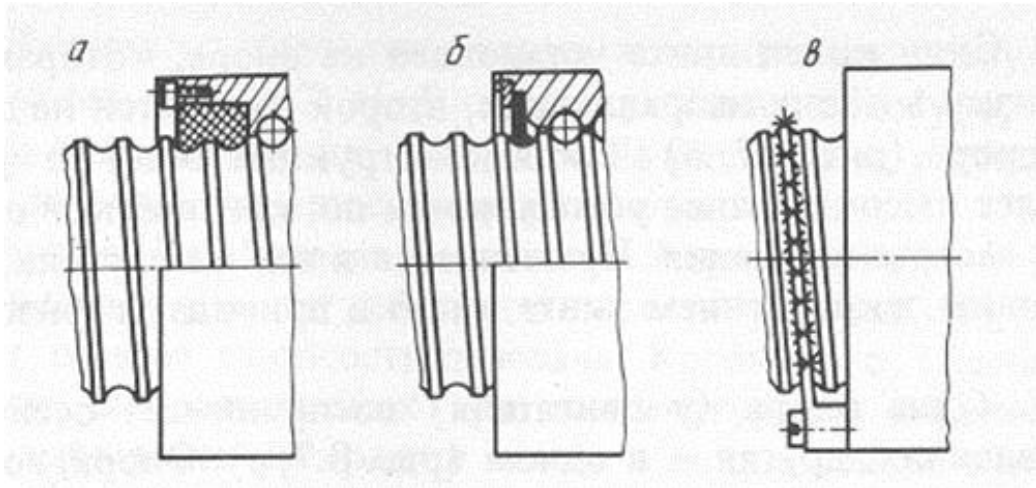


Рисунок. 3.5 Пристрої для запобігання кульково-гвинтового механізму від забруднення.

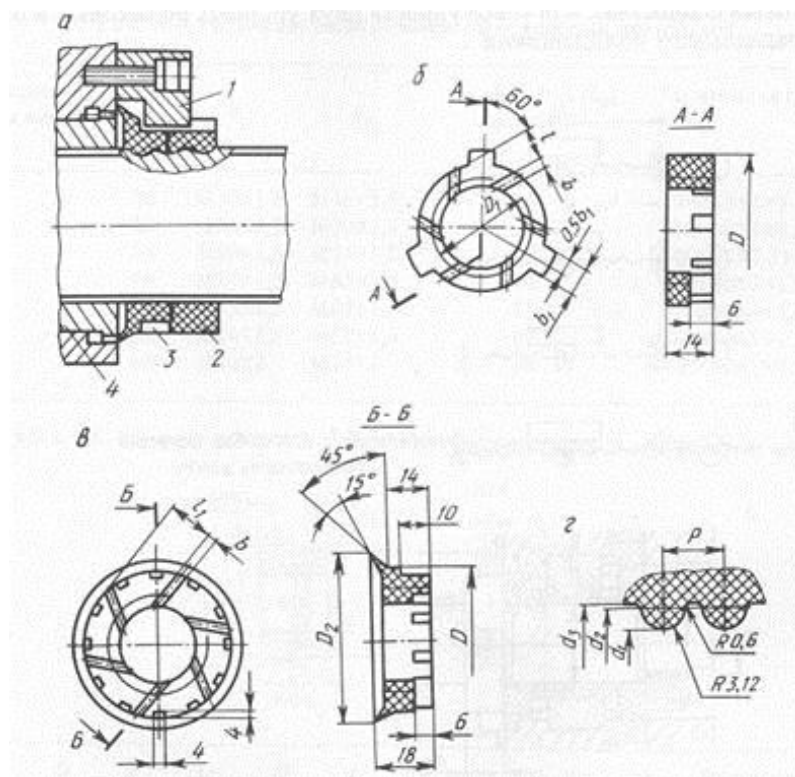


Рис. 3.6 Різьбові кільця із синтетичного матеріалу для запобігання кульково-гвинтового механізму від забруднення.

Розрахунок передачі гвинт-гайка кочення

Передача гвинт - гайка кочення виходить із ладу в результаті втоми поверхневих шарів кульок, гайки і гвинта, втрати жорсткості гвинта, зношування елементів передачі і зниження точності. Можливими причинами виходу її з ладу є: занадто велике навантаження на гвинт, низька розрахункова довговічність, значний відносний перекис гвинта й гайки, незадовільний захист від забруднень. Мета розрахунку передачі складається у визначенні номінального діаметра гвинта d_0 й у підборі такої передачі, що задовольняла б всім вимогам до працездатності.

Розрахуємо передачу, призначену для привода поперечних подач (вісь Х) токарного верстата 1К670Ф3. Гвинт розташований на опорах кочення.

Параметри передачі:

Маса рухомого вузла - $m_{\text{мвв}} = 600$ кг ;

Довжина гвинта - $L_{\text{гвв}} = 1200$ мм ;

Робоча довжина гвинта - $L_1 = 1000$ мм ;

Осьова сила - $Q_{\text{гв}} = 1250$ Н;

Частота обертання - $n_{\text{гв}} = 60$ об/хв ;

Швидкість холостого ходу - $v_{\text{гв}} = 4$ м/хв.

1. Визначаємо діаметр гвинта

$$d_0 = \frac{L}{30} = 40 \text{ мм}$$

Приймаємо:

$$d_0 = 50 \text{ мм} \quad d_1 = 7 \text{ мм} \quad d_{\text{кв}} = 45.05 \text{ мм} \quad d_{\text{кз}} = 54.95 \text{ мм}$$

$$P = 12 \text{ мм} \quad r_1 = \frac{d_1}{2} = 3.5 \text{ мм} \quad d_{\text{нв}} = 47.9 \text{ мм}$$

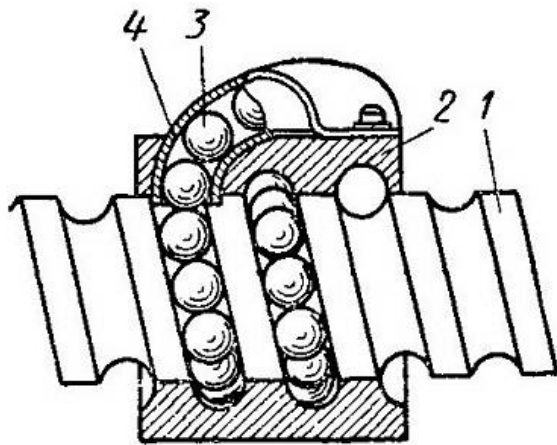


Рисунок 3.7 - Передача гвинт-гайка кочення

1 - гвинт; 2 - гайка; 3 - канал повернення; 4 - кулька

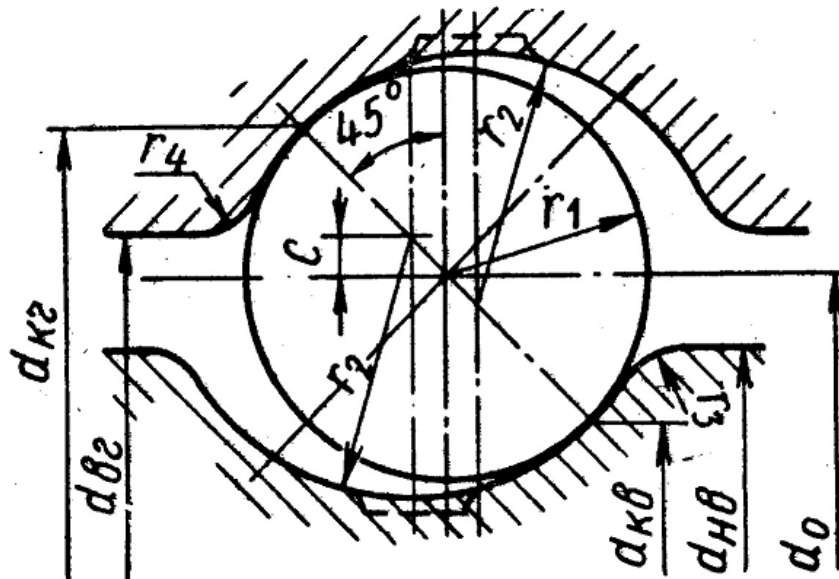


Рисунок 3.8 - Схема контакту передачі гвинт - гайка кочення

2. Перевірка гвинта на стійкість.

Діаметр гвинта d_0 розраховують по формулі Ейлера:

$$d_0 \geq \sqrt[4]{\frac{64 \cdot Q \cdot \tilde{m} \cdot (\mu \cdot L_1)^2}{\pi^3 E}}$$

де Q - максимальна поздовжня стискаюча сила, H ;

μ - коефіцієнт, що враховує характер навантаження, $\mu = 0.7$;

E - модуль пружності першого роду, $E = 2 \cdot 10^5$ Н/мм;

$$d_0 = 50 > \sqrt[4]{\frac{64 \cdot Q_{oc} \cdot (\mu \cdot L_1)^2}{\pi^3 E}} = 9$$

3. Перевірка гвинта по критичній частоті обертання.

Розрахунок здійснюється по максимальній швидкості V_{xx} :

$$d_0 = 10^{-7} \cdot \mu \cdot L_1^2 \cdot n_{\theta}$$

$$n_{\theta} = k V_{x.x} \cdot \left(\frac{1000}{t} \right)$$

де n_{θ} - частота обертання гвинта, хв^{-1} ;

k - коефіцієнт розбіжності, $k = 1.2$;

t - крок гвинта, $t = P = 12$ мм;

$V_{x.x}$ - максимальна швидкість холостого ходу нерухомого вузла;

$$n_{\theta} = k V_{x.x} \cdot \left(\frac{1000}{t} \right) = 400$$

тоді $d_0 = 10^{-7} \cdot \mu \cdot L_1^2 \cdot n_{\theta} = 28$ мм, приймаємо $d_0 = 50$ мм.

4. Визначаємо число кульок у кожному витку різьби гвинта:

$$z_i = \frac{\pi \cdot d_0}{d_1} - 5 = 17.44$$

5. Обчислюємо число кульок у гайці:

$$z = n \cdot z_i,$$

де n - число витків;

Т. к. $z_i = 17.44$ тобто < 20 , тоді $n = 5$.

$$z = n \cdot z_i = 87.2$$

6. Визначаємо припустиме статичне навантаження:

на одну кульку:

$$(F_{\tilde{n}\delta}) = 20 \cdot d_1^2 = 980 \text{ , Н ;}$$

на ГВИНТ:

$$(Q) = z_p \cdot (F_{\tilde{n}\delta}) \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta),$$

де $\alpha = 45 \cdot \text{deg}$;

β - кут підйому витка різьби гвинта,; $\tan(\beta) = \frac{t}{\pi \cdot d_0}$

z_p - число робочих кульок у передачі, $z_p = 0.7 \cdot z = 61.04$;

t - крок гвинта, $t = 12$ мм.

$$\beta = \text{atan} \left(\frac{t}{\pi \cdot d_0} \right) = 0.076 \text{ рад.}$$

$$Q = z_p \cdot (F_{\tilde{n}\delta}) \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) = 42175.543 \text{ Н.}$$

7. Розрахунок на довговічність по втомі поверхневих шарів контактуючих тіл:

$$K = K_Q \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot T \cdot n \cdot c_i}{10^7}}$$

де K_Q - коефіцієнт змінності навантаження;

якщо $Q_{min} = Q_{i\tilde{n}} = 1250$ Н, а $Q_{max} = Q = 42175.543$ Н, тоді

$$K_Q = 0.6 + 0.4 \cdot \frac{Q_{min}}{Q_{max}} = 0.612 \text{ .}$$

Т. к. $r_0 = r_1 = 3.5$ мм, отже

$$C_i = 0.5 \cdot z_i \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r_0 \cdot \cos(\alpha)} \right) = 21.052 \text{ .}$$

Приймаємо $T = 10000$ год.

$$K_{\tilde{n}\delta} = K_Q \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot T \cdot n \cdot \hat{\alpha} \cdot C_i}{10^7}} = 2.589$$

$$(Q_g) = \frac{(Q)}{K} = 16288.493 \quad \text{Н.}$$

Робимо перерахування $[Q_g]$:

$$(Q_g) = \begin{cases} Q_{oc.} & \text{if } Q_g < Q_{oc.} \\ (Q_g) & \text{otherwise} \end{cases} = 16288$$

Робимо перерахування коефіцієнта K :

$$K = \begin{cases} \frac{Q_g}{Q} & \text{if } Q_g \leq Q_{in.} \\ K & \text{otherwise} \end{cases} = 2.589$$

$$(F_g) = \frac{(F_{in.})}{K} = 378.483 \quad \text{Н.}$$

8. Розраховуємо сили попереднього натягу в передачі:

$$F_{Hmin} = \frac{0.5 \cdot Q_{in.}}{z_p \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)} = 14.523 \quad \text{Н.}$$

$$F_{Hmax} = (F_g) \cdot \left[1 - 0.55 \cdot \frac{Q_{in.}}{(Q_g)} \right] = 362.508 \quad \text{Н.}$$

9. Визначаємо припустиму осьову силу з урахуванням величини натягу:

$$(Q_H) = (Q_g) \cdot \frac{(F_g) - F_{Hmax}}{0.55 \cdot (F_g)} = 1250 \quad \text{Н.}$$

10. Розрахунок відносного осьового зближення двох гайок необхідного для створення натягу:

$$\delta_H = 6 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_{Hmax}}{100 \cdot d_1}} = 4.818 \quad \text{МКМ.}$$

11. Розраховуємо передачу на жорсткість.

Діаметр гвинта залежить від жорсткості привода і його елементів.

Податливість привода визначається при максимальній і мінімальній силі

попереднього натягу.

$$\frac{1}{j} = \frac{1}{j_{\hat{a}}} + \frac{1}{j_i} + \frac{1}{j_n}$$

де j - жорсткість привода, Н/мкм;

$j_{\hat{a}}$ - жорсткість гвинта при відповідному стані його кінців:

один кінець гвинта затиснений, а інший шарнірний;

$$j_{\hat{a}} = \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot E}{L} = 1308997 \quad ;$$

j_M - жорсткість гвинтового механізму.

$$j_i = 6 \cdot K_n \cdot i_r \cdot \left(\frac{d_0}{t} - 1 \right) \cdot \left(\frac{F_H \cdot d_1}{10} \right)^{\frac{1}{3}}$$

де K_n - коефіцієнт, що враховує похибки виготовлення і пружні деформації

$$K_n = 0.4 \quad ;$$

i_r - кількість витків гайки, лінійні розміри, $i_r = n \cdot t = 60$ мм;

F_H - сила попереднього натягу, що діє на одну кульку,

$$F_H = F_{Hmax} = 362.508 \quad \text{Н};$$

$$j_i = 6 \cdot K_n \cdot i_r \cdot \left(\frac{d_0}{t} - 1 \right) \cdot \left(\frac{F_H \cdot d_1}{10} \right)^{\frac{1}{3}} = 2887 \quad .$$

j_n - жорсткість опор гвинта, визначається залежно від типу підшипників опор.

$$j_n = l_0 \cdot d_0,$$

де l_0 - коефіцієнт, що враховує тип підшипників: для упорних кулькових -

$$l_0 = 10 \quad ;$$

$$j_n = l_0 \cdot d_0 = 500 \quad .$$

$$\frac{1}{j_{\hat{a}}} + \frac{1}{j_i} + \frac{1}{j_n} = 0.002 \quad ,$$

$$j = \frac{1}{\frac{1}{j_{\hat{a}}} + \frac{1}{j_{\hat{i}}} + \frac{1}{j_n}} = 426.048 \quad \text{Н/мкм.}$$

12. Визначаємо осьове зближення гайки щодо гвинта в результаті контактної деформації при навантаженні Q:

$$\delta = \frac{1.4}{\sqrt[3]{d_1 \cdot P}} \cdot \frac{Q}{z_{\delta \hat{a} \hat{n} \hat{z}}},$$

де $z_{расч}$ - розрахункове число робочих кульок;

$$z_{\delta \hat{a} \hat{n} \hat{z}} = 0.7 \cdot z \cdot \sqrt{\frac{Q_{\hat{n}}}{(Q_H)}} = 61.04 \quad .$$

$$\delta_{\hat{a} \hat{n} \hat{z}} = \frac{1.4}{\sqrt[3]{d_1 \cdot P}} \cdot \frac{Q}{z_{\delta \hat{a} \hat{n} \hat{z}}} = 220.876 \quad .$$

13. Розраховуємо коефіцієнт корисної дії передачі.

13.1 При відсутності попереднього натягу визначається по формулі:

$$\eta_{\hat{a}} = \frac{\tan(\beta)}{\tan(\beta + \rho)},$$

де ρ - кут тертя;

$$\tan(\rho) = \frac{f_k}{r_1 \cdot \sin(\alpha)},$$

де f_k - коефіцієнт тертя катання, $f_k = 0.01$;

$$\rho = \operatorname{atan} \left(\frac{f_k}{r_1 \cdot \sin(\alpha)} \right) = 0.004 \quad \text{рад.}$$

$$\eta_{\hat{a}} = \frac{\frac{\sin(\beta)}{\cos(\beta)}}{\frac{\sin(\beta + \rho)}{\cos(\beta + \rho)}} = 0.949 \quad .$$

13.2 При наявності натягу η_H визначається як:

$$\eta_H = \frac{K_{\eta} \cdot \operatorname{tg}(\beta)}{\operatorname{tg}(\beta + \rho)},$$

де K_η - коефіцієнт, дорівнює відношенню:

$$K_\eta = \frac{\frac{F_1}{F_H} \cdot \cos(\beta + \rho) - \frac{F_2}{F_H} \cdot \cos(\beta - \rho)}{\frac{F_1}{F_H} \cdot \sin(\beta + \rho) - \frac{F_2}{F_H} \cdot \sin(\beta - \rho)} \cdot \tan(\beta + \rho)$$

де $F_1/F_H, F_2/F_H$ - визначаються залежно від

$$Q_1/F_H; Q_1 = \frac{Q_{\hat{m}}}{z_{\hat{\alpha}} \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)} = 29, \quad \frac{Q_1}{F_H} = 0.1,$$

$$A = 1.2, B = 0.6,$$

$$K_\eta = \frac{A \cdot \cos(\beta + \rho) - B \cdot \cos(\beta - \rho)}{A \cdot \sin(\beta + \rho) - B \cdot \sin(\beta - \rho)} \cdot \frac{\sin(\beta + \rho)}{\cos(\beta + \rho)} = 0.908$$

$$\eta_H = K_\eta \cdot \eta_{\hat{\alpha}} = 0.862$$

14. Момент холостого ходу визначається:

$$M_x = z_p \cdot F_H \cdot \sin(\alpha) \cdot (\sin(\beta + \rho) - \sin(\beta - \rho)) \cdot \frac{d_{\hat{\alpha}}}{2} = 2840 \quad \text{í} \cdot \text{i}$$

3.4 Вибір опор ходового гвинта (вісь X)

Для фіксації ходового гвинта застосовуємо комбіновані підшипники двосторонньої дії з короткими циліндричними роликами ZARN, які забезпечать фіксацію в осьовому й радіальному напрямках.

По каталозі вибираємо підшипник з необхідними основними характеристиками.

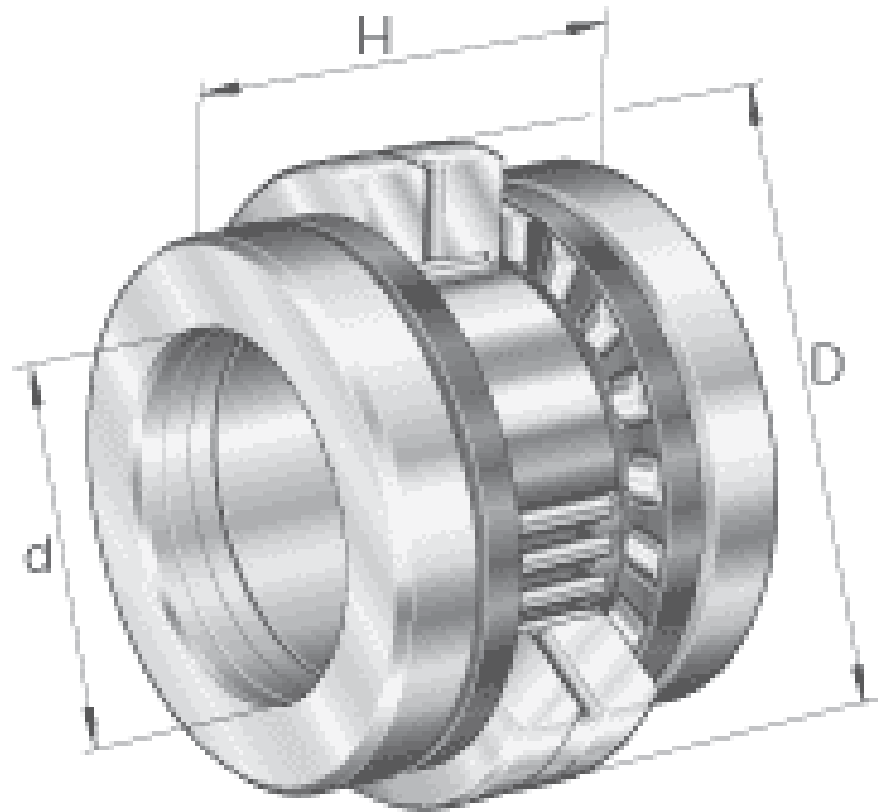


Рисунок 3.9 - Комбіновані підшипники двосторонньої дії з короткими циліндричними роликами.

Таблиця 3.1 - Каталог комбінованих підшипників двосторонньої дії з короткими циліндричними роликами.

	d mm	D mm	H mm
ZARN1545-TV	15	45	40
ZARN1747-TV	17	47	43
ZARN2052-TV	20	52	46
ZARN2062-TV	20	62	60
ZARN2557-TV	25	57	50
ZARN2572-TV	25	72	60
ZARN3062-TV	30	62	50
ZARN3080-TV	30	80	66
ZARN3570-TV	35	70	54
ZARN3585-TV	35	85	66
ZARN4075-TV	40	75	54
ZARN4090-TV	40	90	75

ZARN4580-TV	45	80	60
ZARN45105-TV	45	105	82
ZARN5090-TV	50	90	60
ZARN50110-TV	50	110	82
ZARN55115-TV	55	115	82
ZARN60120-TV	60	120	82
ZARN65125-TV	65	125	82
ZARN70130-TV	70	130	82
ZARN75155-TV	75	155	100
ZARN90180-TV	90	180	110

Вибираємо підшипник серії ZARN55115TV.

Таблиця 3.2 - Основні параметри комбінованого підшипника.

d	55 mm	
D	115 mm	
H	82 mm	
B	17,5 mm	
C	25 mm	
D1	100 mm	
Da max	101 mm	Приєднувальні розміри При використанні радіальних ущільнень вала варто враховувати зовнішній діаметр ущільнення.
da min	85 mm	Приєднувальні розміри При використанні радіальних ущільнень вала варто враховувати зовнішній діаметр ущільнення.
H1	53,5 mm	
r1 min	0,6 mm	
rmin	0,3 mm	
m	3,5 kg	Вага
Ca	177000 N	Динамічна вантажопідйомність, осьова
COa	500000 N	Статична вантажопідйомність, осьова
Cr	44000 N	Динамічна вантажопідйомність, радіальна
COr	98000 N	Статична вантажопідйомність, радіальна
n Ol	2900 1/min	Гранична частота обертання при змазуванні маслом (дійсна тільки при достатнім охолодженні масла)
n Fett	1000 1/min	Гранична частота обертання при консистентному змащенні
MRL	4 Nm	Момент тертя підшипника
ca	4900 N/μm	Осьова жорсткість
ck	3600 Nm/mrad	
Mm	36,1 kg x cm ²	Момент інерції мас обертового внутрішнього кільця
MA	220 Nm	Момент затягування Дійсний тільки в сполученні із прецизійними шліцевими гайками INA
MZ	40772 N	Зусилля попереднього осьового натягу

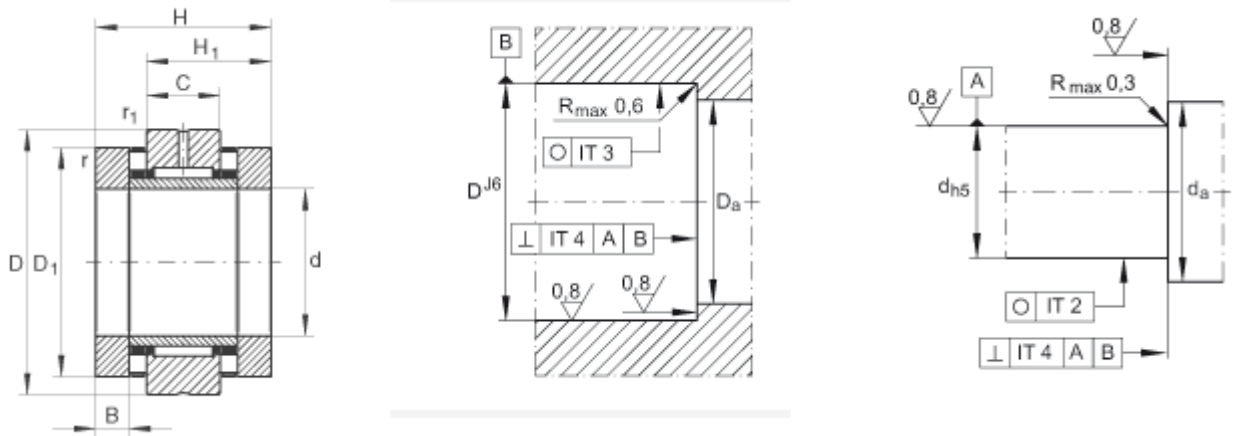


Рисунок 3.10 - Основні приєднувальні параметри комбінованого підшипника.

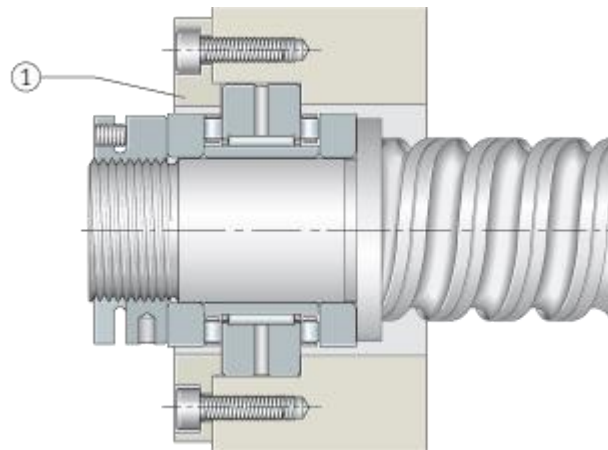


Рисунок 3.11 - Схема установки комбінованого підшипника на ходовому гвинту

Автоматизований розрахунок й аналіз комбінованих підшипників двосторонньої дії з короткими циліндричними роликами:

Геометричні розміри і характеристики

Зовнішній діаметр	115.000	мм
Внутрішній діаметр	55.000	мм
Діаметр тіла кочення	10.000	мм
Число тіл кочення	26.000	
Довжина ролика	11.000	мм
Кут контакту	0.000	град

Точність

Радіальні биття зовнішнього кільця	0.010	мм
Радіальні биття внутрішнього кільця	0.010	мм

Умови роботи

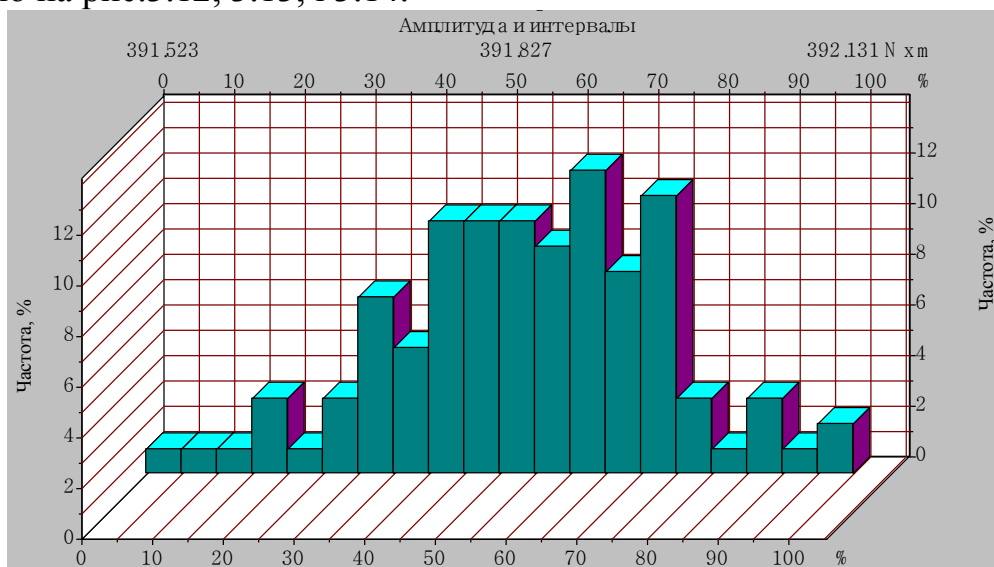
Радіальна сила	20024.000	Н
Осьова сила	20024.000	Н
Радіальний зсув	1.000	мм
Швидкість обертання	500.000	об/хв
Коефіцієнт динамічності	1.000	

Тип вантаження	Змінний
----------------	---------

Результати:

Середня довговічність	21083.500	годин
Максимальне контактне напруження	23201.930	Н/ мм ²
Виділення тепла	147713743.755	Дж/годин
Динамічна вантажопідйомність	128455.556	Н
Осьові биття	20240.400	мкм
Радіальні биття	20.525	мкм
Бічні биття	0.000	мкм
Момент тертя	391.852	Н м
Втрати потужності	20515.798	Вт

Результати статистичного аналізу параметрів комбінованих підшипників двосторонньої дії з короткими циліндричними роликками наведено на рис.3.12, 3.13, і 3.14.



а)

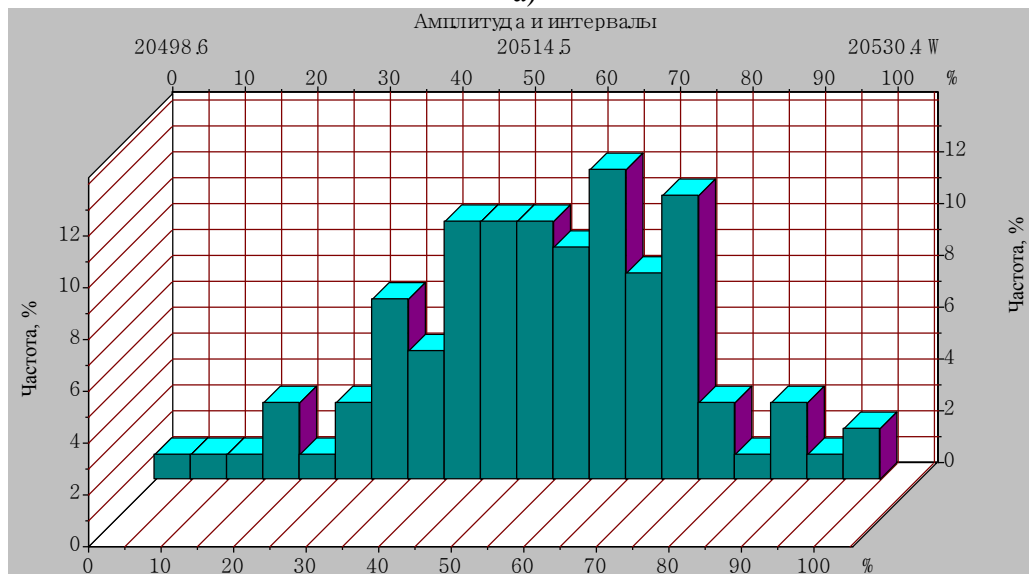
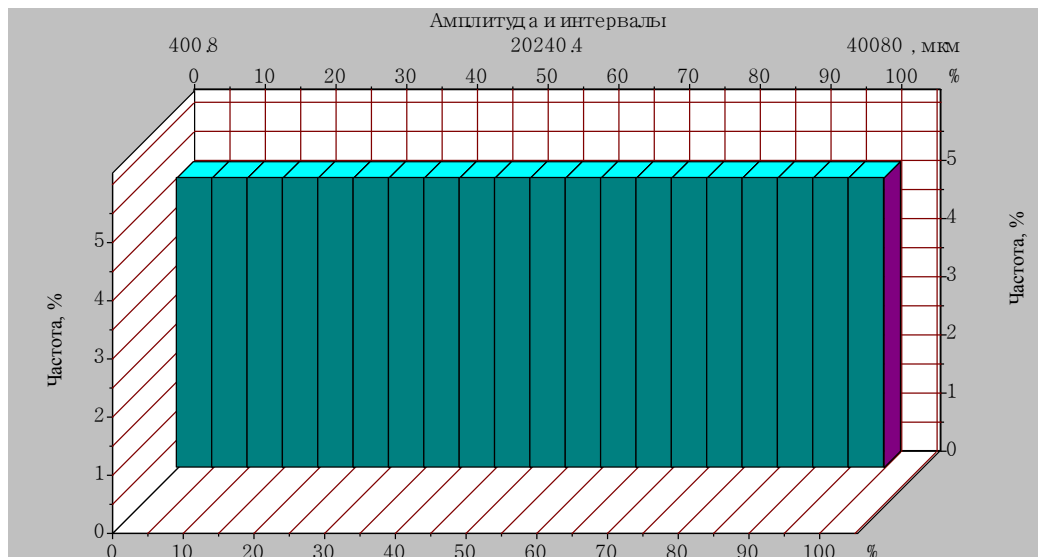
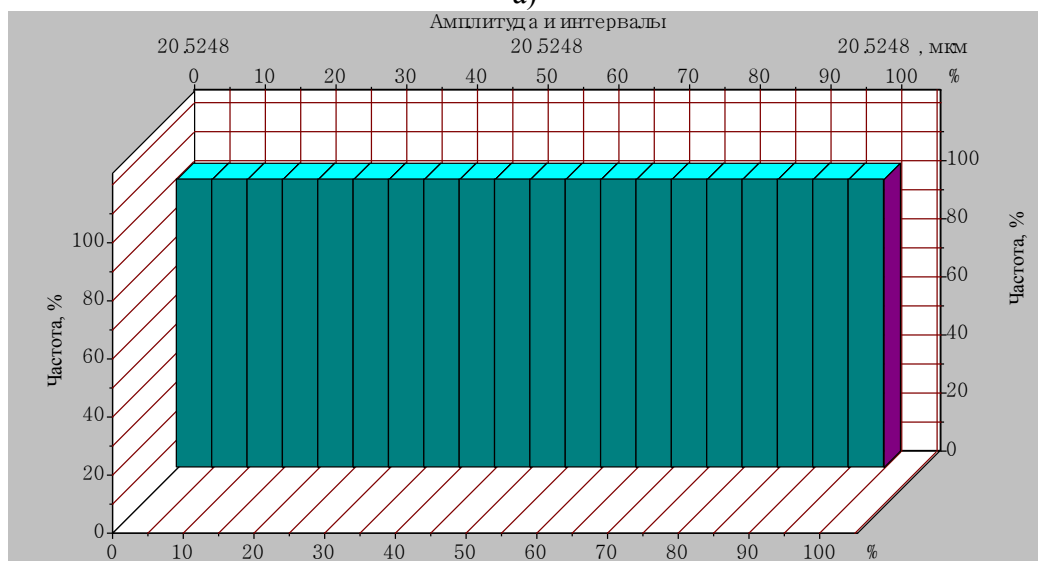


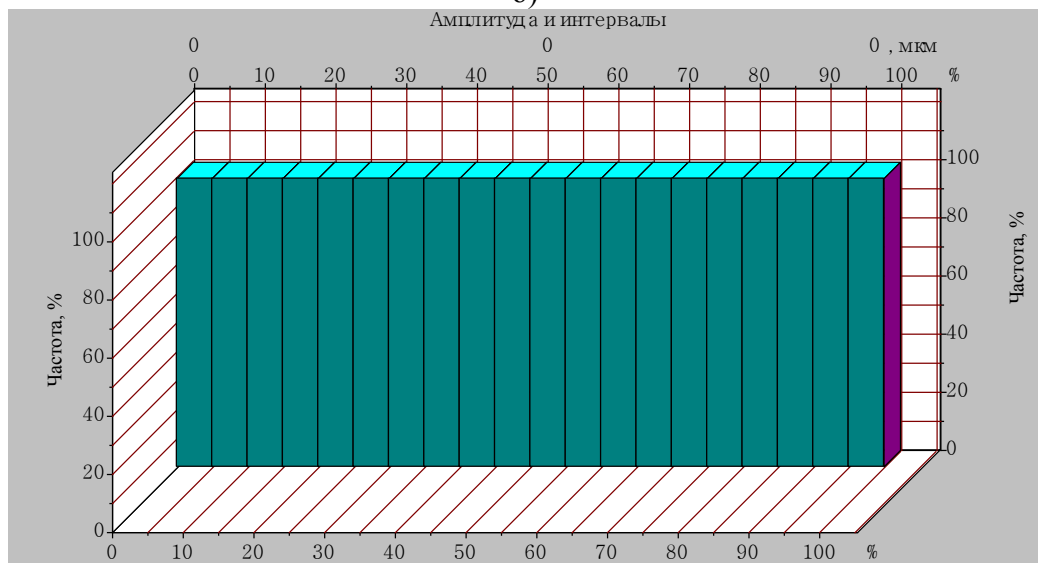
Рисунок 3.12 – Результати статистичного аналізу дослідження параметрів комбінованих підшипників двосторонньої дії з короткими циліндричними роликками: а) момент тертя, б) втрата потужності



а)



б)



в)

Рисунок 3.13 – Результати статистичного аналізу дослідження параметрів комбінованих підшипників двосторонньої дії з короткими циліндричними роликami: а) осьове биття, б) радіальне биття, в) бічне биття

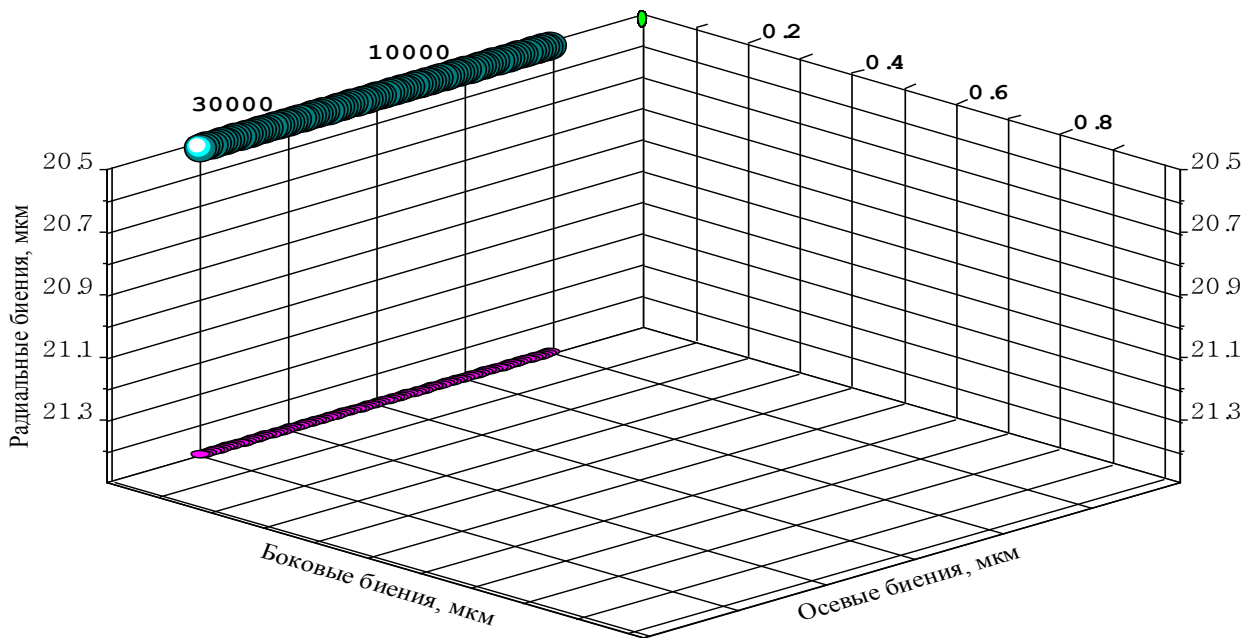


Рисунок 3.14 – Результати дослідження розподілення биття комбінованих підшипників двосторонньої дії з короткими циліндричними роликами

3.5 Вибір муфти для передачі обертового моменту від двигуна до ходового гвинта осі X

По виконанню муфти можуть бути різного виду. Розрізняють безззорні муфти, компенсуючі сильфонні муфти, ізолюючі муфти, лінійні й віброгасні.

Для передачі обертового моменту від двигуна до ходового гвинта осі X вибираємо сильфону муфту.

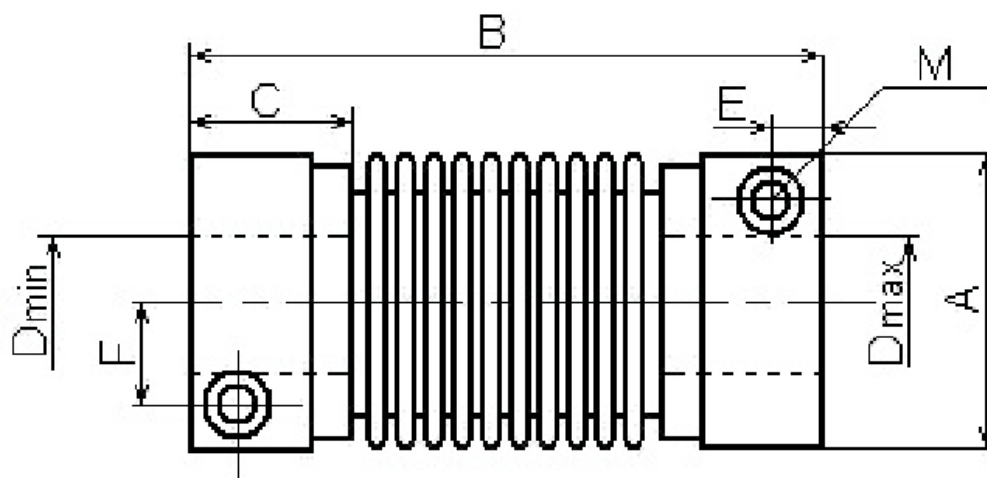


Рисунок 3.15 - Сильфону муфта

Металева сильфоновая муфта - метод беззazorного з'єднання із силовим замиканням алюмінієвих маточин з багат шаровим сильфоном з нержавіючої сталі. Металевий сильфон оптимально компенсує осьовий, радіальний і кутовий зсув.

Призначені для з'єднання валів діаметром від 5 до 190 мм і передачі обертового моменту в діапазоні від 10 до 10000 Нм.

Можливі виконання для високошвидкісного режиму (до 50000 об/хв) та для роботи при високих температурах до 200 °С. Завдяки геометричній формі, муфта має високу жорсткість при крученні та низький момент інерції мас. Крім того, вона стійка проти впливів агресивних середовищ і при критичних умовах експлуатації.

Сильфонні муфти збільшують термін служби підшипників за рахунок компенсації неузгодженостей.

Муфта вибирається таким чином, щоб обертовий момент при її роботі не перевищував номінальний обертовий момент, зазначений у таблиці характеристик, та момент інерції.

Вибираємо сильфонну муфту 500-NKS, що відповідає необхідним характеристикам.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Розрахунок захисного заземлюючого пристрою

Мета розрахунку – визначення кількості і розмірів заземлювачів і складання плану розташування заземлювачів і заземлюючих провідників. Вихідними даними для розрахунку заземлюючого пристрою є: величина опору заземлюючого пристрою, що нормується правилами, питомий опір ґрунту, що визначається вимірюванням або із таблиць нормативів, тип, розміри і умови розташування в ґрунті одиничних заземлювачів.

Визначимо нормативне значення опору заземлювача R_H .

Нормативне значення опору заземлюючого пристрою R_H до якого приєднані нейтралі металевих частин електрообладнання у будь-яку пору року має бути не більше 2, 4 і 8 Ом, відповідно при лінійній напрузі 680, 380 і 220 В в джерелах однофазного струму.

Отже, згідно поставлених умов приймаємо $R_H = 4$ Ом для установок напругою до 1000 В.

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту ρ в якому будемо розміщувати електроди заземлювача:

$$\rho = \rho_{\text{tabl}} \cdot \psi \text{ Ом м}$$

де ρ_{tabl} – табличне значення питомого опору ґрунту, Ом м.

Приймаємо $\rho_{\text{tabl}} = 40$ Ом м – для глинистих ґрунтів при вологості 10..20 % до маси ґрунту.

ψ - кліматичний коефіцієнт, питомого опору ґрунту. Приймаємо $\psi = 1.3$ – при середній вологості ґрунту.

$$\rho = 40 \cdot 1.3 = 52 \text{ Ом.}$$

Визначимо тип заземлюючого пристрою.

Приймаємо вертикальний стержневий заземлювач, круглого перерізу, розташований біля поверхні ґрунту. Схематично вертикальний заземлювач показано на рисунку 4.1.

Розрахунковий опір розтікання струму з одного вертикального стержневого заземлювача:

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{4 \cdot l}{d}$$

де l – довжина заземлювача, м; приймаємо $l = 1.5$ м;

d – діаметр заземлювача, м; приймаємо $d = 0.03$ м.

$$R_1 = \frac{52}{2 \cdot 3.14 \cdot 1.5} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1.5}{0.03} = 29.15 \text{ Ом.}$$

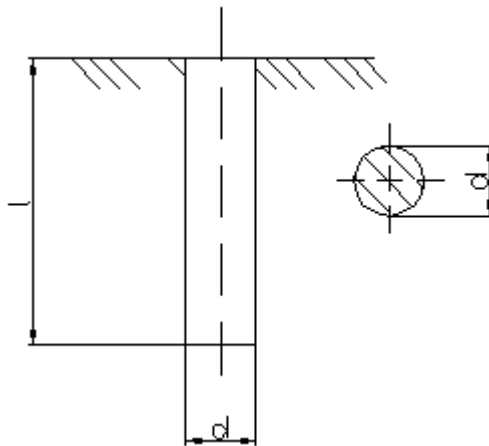


Рис. 4.1. Схема вертикального заземлювача

Визначимо необхідну кількість одиничних заземлювачів, однакових по розмірах і симетрично розміщених в однорідному ґрунті:

$$n' = \frac{R_1}{R_H \cdot \eta'_b}$$

де η'_b – коефіцієнт використання вертикальних стержнів.

Цей коефіцієнт залежить від типу заземлювачів, орієнтації і їхньої кількості, відношення відстані між заземлювачами a до їхньої довжини l .

Попередньо приймаємо виносне захисне заземлення відносно заземлюючого обладнання, так як воно дає можливість вибору розташування електродів із найменшим опором ґрунту. Відповідно і заземлювачі приймаємо виносні, із розташуванням по контуру, з відстанню між

електродами $a = 3$ м, відношення $\frac{a}{l} = \frac{3}{1.5} = 2$, і при попередній кількості

заземлювачів до 20 шт. приймаємо $\eta'_b = 0.73$.

$$n' = \frac{29.15}{4 \cdot 0.73} = 9.98$$

Приймаємо кількість електродів, рівною $n' = 10$. Уточнимо коефіцієнт використання стержневих електродів.

$$\eta'_b = \frac{R_1}{R_H \cdot n'_b} = \frac{29.15}{4 \cdot 10} = 0.73$$

Визначимо опір з'єднувальних горизонтальних електродів.

Для з'єднання вертикальних електродів приймаємо круглий провідник з діаметром $d = 0.02$ м, розміщений на поверхні ґрунту. Схематично горизонтальний електрод представлено на рисунку 4.2.

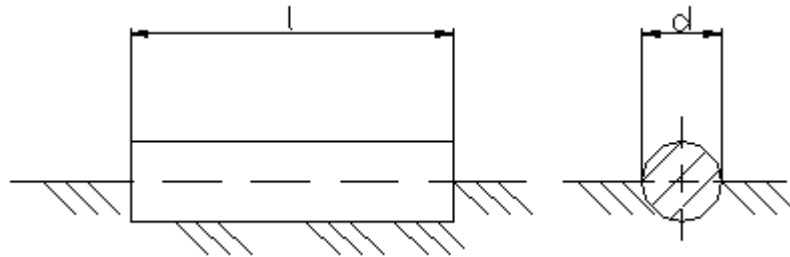


Рис. 4.2. Схема горизонтального заземлювача

Довжина горизонтального провідника, при розміщенні заземлювачів по контуру визначимо по формулі:

$$l = a \cdot n = 3 \cdot 10 = 30 \text{ м.}$$

В ґрунті опір розтікання струму горизонтального електрода (стрічки) без врахування ефекту екранування:

$$R_2 = \frac{\rho}{\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l}{d}$$

$$R_2 = \frac{52}{3.14 \cdot 30} \cdot \ln \frac{2 \cdot 30}{0.02} = 2.9 \text{ Ом}$$

Загальний опір заземлюючого пристрою R_{GR} , складається з опору n вертикальних стержнів-електродів та опору горизонтального електрода.

$$R_{GR} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 \cdot \eta_G + R_2 \cdot \eta'_b}$$

де η_G – коефіцієнт використання горизонтального електрода.

При кількості вертикальних електродів $n = 10$ та відношенні $\frac{a}{l} = \frac{3}{1.5} = 2$

$\eta_G = 0.8$.

$$R_{GR} = \frac{29.15 \cdot 2.9}{29.15 \cdot 0.8 + 2.9 \cdot 0.73} = 3.3 \text{ Ом}$$

Природні заземлювачі не використовуємо, тому розрахункове значення опору ґрунтового заземлювача не повинна перевищувати допустимого опору для електроустановок напругою до 1000 В ($R_H = 4 \text{ Ом}$), тому умова $R_{GR} < R_H$, тобто $3.3 < 4$ виконується.

На основі розрахунків приведемо схему виносного заземлюючого пристрою для даної ділянки, яка представлена на рисунку 4.3.

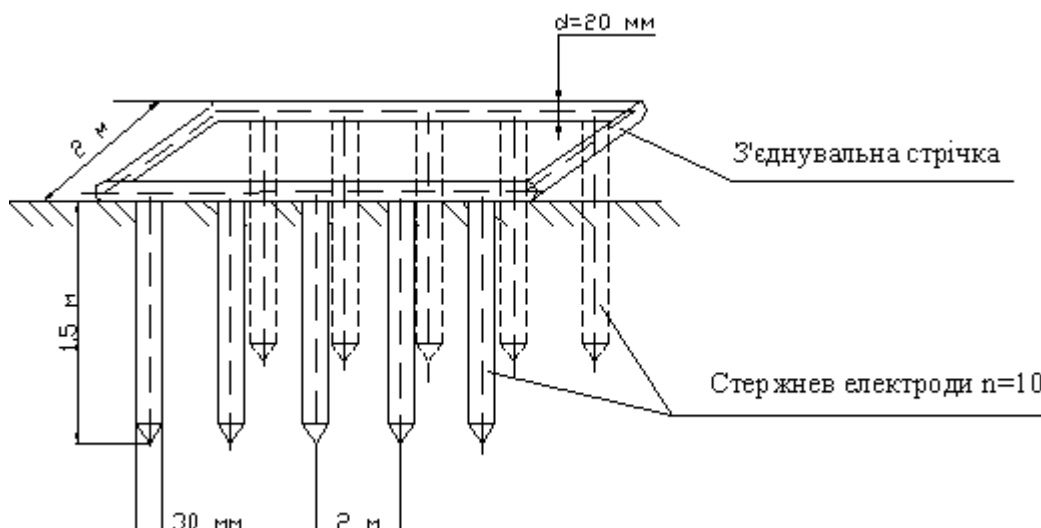


Рис. 4.3. Схема виносного заземлюючого пристрою.

4.2. Застосування основних способів ведення рятувальних робіт на промислових підприємствах

Проблема запобігання виникнення надзвичайних ситуацій техногенного походження та ліквідація їх наслідків для України є однією з найактуальніших.

Не випадково у статті 8 Закону України “Про Цивільну оборону України” наголошено, що “Керівництво підприємства, установ і організацій

незалежно від форм власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального і колективного захисту, організовує здійснення евакозаходів, створює сили для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та забезпечує їх готовність до практичних дій, виконує інші заходи з ЦО і несе пов'язані з цим матеріальні та фінансові витрати в порядку та обсягах, передбачених законодавством". (Частина перша статті 8 в редакції Закону № 555-14 від 24.03.99).

Радіаційні, хімічні і вибухонебезпечні підприємства додатково створюють локальні системи виявлення загрози виникнення надзвичайної ситуації та оповіщення персоналу і населення, що проживає в зонах можливого ураження.

Суть рятувальних та інших невідкладних робіт – це усунення безпосередньої загрози життю та здоров'ю людей, відновлення життєзабезпечення населення, запобігання або значне зменшення матеріальних збитків. Рятувальні та інші невідкладні роботи включають також усунення пошкоджень, які заважають проведенню рятувальних робіт, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт. РІНР поділяють на рятувальні роботи і невідкладні роботи.

До рятувальних робіт відносяться:

- розвідка маршруту руху сил, визначення обсягу та ступеня руйнувань, розмірів зон зараження, швидкості і напрямку розповсюдження зараженої хмари чи пожежі;
- локалізація та гасіння пожеж на маршруті руху сил та ділянках робіт;
- визначення об'єктів і населених пунктів, яким безпосередньо загрожує небезпека;
- визначення потрібного угруповання сил і засобів запобігання і локалізації небезпеки;
- пошук уражених та звільнених їх з-під завалів, пошкоджених та палаючих будинків, із загазованих та задимлених приміщень;
- розкриття завалених захисних споруд та рятування з них людей;

- надання потерпілим першої допомоги та евакуації їх (при необхідності) у лікувальні заклади;
- вивіз або вивід населення із небезпечних місць у безпечні райони;
- організація комендантської служби, охорона матеріальних цінностей і громадського порядку;
- відновлення життєздатності населених пунктів і об'єктів;
- пошук, розпізнання і поховання загиблих;
- санітарна обробка уражених;
- знезараження одягу, взуття, засобів індивідуального захисту, територій, споруд, а також техніки;
- соціально-психологічна реабілітація населення.

До невідкладних робіт відноситься:

- прокладання колонних шляхів та улаштування проїздів (проходів) у завалах та зараженій території;
- локалізація аварій на водопровідних, енергетичних, газових і технологічних мережах;
- ремонт та тимчасове відновлення роботи комунально-енергетичних систем і мереж зв'язку для забезпечення рятувальних робіт;
- зміцнення або руйнування конструкцій, які загрожують обвалам і безпечному веденню робіт.

Рятувальні та інші невідкладні роботи здійснюються в три етапи.

На першому етапі вирішується завдання:

- щодо екстреного захисту населення;
- запобігання розвитку чи зменшення впливу наслідків;
- з підготовки до виконання РІНР.

Основними заходами щодо екстреного захисту населення є:

- оповіщення про небезпеку;
- використання засобів захисту;
- додержання режимів поведінки;
- евакуація з небезпечних у безпечні райони;

- здійснення санітарної, гігієнічної, протиепідемічної профілактики і надання медичної допомоги;
- локалізація аварій;
- зупинка чи зміна технологічного процесу виробництва;
- попередження (запобігання) і гасіння пожежі.

На другому етапі проводяться:

- пошук потерпілих;
- витягання потерпілих з-під завалів, з палаючих будинків, пошкоджених транспортних засобів;
- евакуація людей із зони лиха, аварій, осередку ураження;
- надання медичної допомоги;
- санітарна обробка людей;
- знезараження одягу, майна, техніки, території;
- проведення інших невідкладних робіт, що сприяють і забезпечують здійснення рятувальних робіт.

На третьому етапі вирішуються завдання щодо забезпечення життєдіяльності населення у районах, які потерпіли від наслідків НС:

- відновлення чи будівництво житла;
- відновлення енерго-, тепло-, водо-, газопостачання, ліній зв'язку;
- організація медичного обслуговування;
- забезпечення продовольством і предметами першої необхідності;
- знезараження харчів, води, фуражу, техніки, майна, території;
- відшкодування збитків;
- знезараження майна, території, техніки.

Відновлювальні роботи ЦО не виконує, їх здійснюють спеціально створені підрозділи (бригади). Залежно від рівня надзвичайної ситуації (загальнодержавного, регіонального, місцевого чи об'єктового) для проведення РІНР залучаються сили і засоби ЦО центрального, регіонального або об'єктового підпорядкування.

"Стаття 12. Для забезпечення заходів з цивільної оборони, захисту

населення і місцевостей від наслідків надзвичайних ситуацій та проведення спеціальних робіт у міністерствах, інших центральних органах виконавчої влади, місцевих державних адміністраціях, на підприємствах, в установах і організаціях незалежно від форм власності і підпорядкування створюються спеціалізовані служби цивільної оборони: енергетики, захисту сільськогосподарських тварин і рослин, інженерні, комунально-технічні, матеріального забезпечення, медичні, оповіщення і зв'язку, протипожежні, торгівлі і харчування, технічні, транспортного забезпечення та інші. Для проведення евакуаційних заходів в умовах надзвичайних ситуацій на базі місцевих державних адміністрацій створюються евакуаційні комісії.

У разі коли підприємством, установою, організацією не здійснюються ці заходи або допускаються порушення в технологічному процесі, не дотримуються правила зберігання, транспортування, використання, знешкодження та захоронення сильнодіючих отруйних, радіоактивних і вибухових речовин, що може призвести до надзвичайної ситуації, штаби цивільної оборони вносять відповідним органам пропозиції щодо застосування до цього підприємства (установи, організації) відповідних санкцій, а також притягнення посадових осіб, винних у порушеннях, до відповідальності згідно з чинним законодавством.

Для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у разі надзвичайних ситуацій застосовуються сили цивільної оборони: війська, спеціалізовані і невоєнізовані формування. Порядок повсякденного функціонування військ цивільної оборони та дії їх у надзвичайних ситуаціях визначаються Статутом військ Цивільної оборони України.

Локалізація і гасіння пожеж. Щоб проводити рятувальні роботи в будинках, необхідно в першу чергу забезпечити доступ формувань у вогнище поразки, локалізувати, а потім і згасити пожежі. Тому рятувальні роботи включають також активні дії по боротьбі з пожежами.

Роботи з локалізації і ліквідації вогнищ пожеж організуються протипожежною службою і проводяться протипожежними формуваннями

(командами пожежегасіння і добровільних пожежних дружин) одночасно з іншими видами рятувальних робіт.

Надання першої медичної і першої лікарської допомоги ураженим.

Надання медичної допомоги ураженим є одним з головних видів рятувальних робіт. Від своєчасного проведення цих робіт залежить життя багатьох людей.

Надання першої медичної і першої лікарської допомоги ураженим організується медичною службою і проводиться силами медичних формувань, що діють у тісній взаємодії з рятувальними й другими формуваннями ЦО.

Перша медична допомога у вогнищі ядерної поразки виявляється ураженим безпосередньо на місці їхнього виявлення. Порядок і способи надання медичної допомоги визначаються в залежності від їхнього стану. В міру надання першої медичної допомоги уражені евакуюються на медичний пункт.

Евакуація уражених на медичні пункти організується командиром формування і здійснюється вантажним і санітарним автотранспортом, що мається у формуванні, і транспортом, виділеним старшим начальником для цих цілей.

Локалізація аварій на електромережах. Руйнування електромереж може привести до короткого замикання, виникненню пожеж і поразці людей електричним струмом.

Локалізація аварій на електромережах високої напруги являє собою роботи, виконання яких може бути доручено головним чином фахівцям-електрикам. Ця робота складається: у знеструмленні мереж і пристроїв найпростіших заземлень при дерев'яних опорах і при металевих опорах у районі ведення рятувальних робіт, у розбиранні металевих і дерев'яних опор (щогл) для найшвидшого відновлення тимчасових ліній електропередач до найбільш відповідальних об'єктів (якщо збереглися електростанції). На мережах низької напруги ця робота складається: у відключенні від мережі ушкодженої ділянки рубильником, роз'єднанні чи запобіжників у відрізку проводів від мережі, у збиранні проводів із землі і підвіску їхній до

тимчасових опор.

Для усунення аварій електроосвітлювальних мереж залучаються фахівці-електрики, що повинні бути забезпечені гумовими рукавичками, взуттям і іншими спеціальними засобами, а також спеціальним інструментом. Крім того, електрики повинні вміти робити допомога потерпілим від електричного струму.

Укріплення або обвалення конструкцій, які загрожують обвалом і безпеці руху, веденню рятувальних робіт. У процесі робіт необхідно попередити можливу небезпеку обвалення ушкоджених будинків на проїзну частину вулиць, або на укриття, що розкриваються. Для цього тимчасово чи зміцнюють обрушають конструкції будинків, що грозять обвалом.

Після огляду аварійного будинку й окремих конструкцій кріплення їх у залежності від висоти виробляється в такий спосіб: стіни висотою до 6 м зміцнюють установкою простих дерев'яних чи металевих підкосів під кутом 45—60° до обрію.

Стіни будинку висотою 12 м і більш зміцнюються подвійними підкосами. В обох випадках кількість підкосів визначається стійкістю будинку, що закріплюється. Звичайно підкоси встановлюються в кожному простінку будинку.

Для кріплення можуть використовуватися елементи зруйнованих будинків і конструкції (металеві і дерев'яні балки, бруси, диски п колоди). Стіни будинку й окремих конструкцій можуть зміцнюватися за допомогою розпірок на тросах. У випадках, коли можливе обвалення хитких частин будинку, їх обрушають за допомогою лебідки чи троса трактором. Для цього обстежують конструкцію, що грозить обвалом, і вибирають спосіб робіт. У район робіт сторонні не допускаються. Лебідку встановлюють на відстані не менш двох висот конструкції, що обрушується, і закріплюють трос на конструкції. Тимчасове відновлення і ремонт ушкоджених ліній зв'язку. Зв'язок має важливе значення для керування силами ЦО в ході проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відбудовних робіт. Тому поряд із

проведенням рятувальних і невідкладних аварійно – відновлювальних робіт здійснюється відновлення ушкоджених ядерним вибухом ліній зв'язку. Відбудовні роботи організуються начальником служби зв'язку, що використовує для цієї мети наявні формування зв'язку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконаний аналіз існуючих верстатів-аналогів; наведені призначення та область застосування верстата мод. 1К670Ф3; основні технічні дані, технічна характеристика, опис роботи основних частин даного верстата. Зроблено кінематичний розрахунок привода головного руху.

У технологічному розділі розроблений новий технологічний процес, що дозволив скоротити штучний час, що привело до зниження собівартості. Дана зміна відбулися за рахунок застосування: токарних верстатів з ЧПК, які дозволили відмовитися від слюсарних операцій; збірних різців з механічним кріпленням твердосплавних пластин замість напайного інструмента.

У конструкторському розділі були описані основні частини привода подач. Розрахована на міцність плоский різцетримач. Було проаналізовано і розраховано передача гвинт-гайка кочення. Для неї були обрані опори - комбіновані підшипники двосторонньої дії з короткими циліндричними роликами. Обрано муфту для передачі обертового моменту від двигуна до ходового гвинта. Вдосконалені та розраховані напрямні кочення з метою підвищення технологічних можливостей.

Розглянуто питання охорони праці, техніки безпеки та безпеки життєдіяльності на підприємстві.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Viktor D. Kovalev Evaluation of a level of quality of manufacturing process on heavy engineering enterprises / Viktor D. Kovalev, Yana V. Vasilchenko, Dejan T. Riznić // Annals of The University of Oradea Fascicle of Management and Technological Engineering ISSUE #2, August 2014, <http://www.imtuoradea.ro/auo.fmte/> p.1-7.
2. Kovalev V. Adaptive optimal control of a heavy lathe operation / Kovalev V., Vasilchenko Y. // 12th International Conference RaDMI 2012 from 13-17. September 2012, Sokobanja (Serbia). 2012. – p.210-215.
3. Kovalev V. Operation modeling of adaptive spindle blocks of heavy lathers / Kovalev V., Vasilchenko Y., Kosovskaya T. // 12th International Conference RaDMI 2012 from 13-17. September 2012, Sokobanja (Serbia). 2012. – p.221-229.
4. Substantiation of parameters for three-cutter boring head with allowance and feed distribution and asymmetric cutter position / Petro Kryvyi, Volodymyr Krupa, Volodymyr Kobelnyk, Yaroslav Kosiv. // Scientific Journal of TNTU. — Ternopil : TNTU, 2019. — Vol 96. — No 4. — P. 57–69.
5. V. Krupa, N. Tymoshenko, V. Kobelnyk, I. Petrechko, Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 114/1 (2022) 22-31.
6. Васильченко Я.В. Визначення раціональних технічних та конструктивних параметрів верстатів для обробки крупногабаритних деталей / Васильченко Я.В., Сукова Т.О., Шаповалов М.В. // Збірник наукових праць III-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні» 2-6 лютого 2015р. С.26-28.
7. Васильченко Я.В. Оперативна оптимізація процесу різання для систем адаптивного управління важкими верстатами нового покоління / Васильченко Я.В. // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов X международной научно-технической конференции, г.Севастополь 16-21 сентября 2013г. – Донецк: ДонНТУ, 2013 Т.1 С. 113-116.

8. Васильченко Я.В. Підвищення ефективності важкого металорізального обладнання на основі визначення його раціональних технічних та конструктивних параметрів / Васильченко Я.В., Сукова Т.О., Григор'єв В.К. // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали дванадцятої Міжнародної науково-технічної конференції 23 — 24 вересня 2014 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2014.-С.23.

9. Васильченко Я.В. Розробка технологій модифікації інструментальних матеріалів для важкого машинобудування, оптимізованих за параметрами міцності і працездатності / Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Кирєєва А.Є. // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали дванадцятої Міжнародної науково-технічної конференції 23 — 24 вересня 2014 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2014.-С.24.

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. Ковальов В.Д. Підвищення ефективності важкого металорізального обладнання на основі визначення його раціональних технічних та конструктивних параметрів / Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Сукова Т.А., Буренок К.К. // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції 30 травня — 1 червня 2017 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова, д-ра техн. наук — Краматорськ : ДДМА, 2017. С 47.

13. Ковальов В.Д. Технології високопродуктивної автоматизованої обробки деталей на важких багатоцільових верстатах / Ковальов В.Д.,

Васильченко Я.В. // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо и энергосбережении. Одесса – Киев АТН Украины, 2014 г. 63-65.

14. Луців І.В. Динамічні характеристики підсистем верстатного оснащення адаптивного типу / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2009, Том 14, №4. С.144-149.

15. Математична модель впливу стохастичності подачі на величину сили різання в імовірнісному аспекті / Володимир Крупа, Володимир Кобельник, Надія Тимошенко, Ігор Петречко // МММТЕС, 22-23 листопада 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. — С. 41–42.

16. 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.

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

18. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

19. Сукова Т.О. Розробка інформаційної системи прогнозування параметрів важких верстатів як засобу підвищення ефективності автоматизованого виробництва / Сукова Т.О., Васильченко Я.В. // Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: тези доповідей XIV Всеукраїнської молодіжної науковотехнічної конференції. 27-31 жовтня 2014 р., м. Суми 2014 р. С.91-92.

20. Технологія обробки на верстатах з ЧПК / Б. М. Гевко, А. В. Матвійчук, А. М.Артюхов, А. І. Пік, А. В. Гагалюк, Р. І. Лотоцький. Тернопіль : Крок, 2014. 131 с.

21. Кухарський О. М., Кушак І .В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.
22. Кухарський О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль: видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
23. Боженко Л. І. Технологія машинобудування: проектування та виробництво. Львів: Світ, 1996. 368 с.
24. Ревнівцев М.П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.
25. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
26. Кочергін І. А. Конструювання і розрахунок металорізальних верстатів і верстатних комплексів. Курсове проектування: Посібник для вузів. - Мн .: Виш. шк., 1991. - 382 с.
27. Кузнецов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст] - К.: - Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.
28. О. С. Кобельник. Розрахунок комбінованих підшипників двосторонньої дії в ходових гвинтах металорізальних верстатів / О. С. Кобельник, Р. Я. Лещук, М. В. Підгайний, О. С. Ласкевич // АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів 6-7 грудня 2023 року- Тернопіль, ТНТУ, 2023 с. 121-122
29. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці: навчальний посібник.Львів: Афіша, 2000 – 352 с.
30. Безпека виробничих процесів : довідник / під ред. С. В. Бєлова. – М : Машинобудування, 1985. – 448 с.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кілк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			KPM MBM 22-516.05.00.000	Привід подач верстата 1K670Ф3		
				<u>Складальне креслення</u>		
		1	KPM MBM 22-516.05.01.000	Планшайба	1	
		2	KPM MBM 22-516.05.02.000	Супорт	1	
		3	KPM MBM 22-516.05.03.000	Редуктор подач (вісь X)	1	
		4	KPM MBM 22-516.05.04.000	Каретка	1	
		5	KPM MBM 22-516.05.05.000	Станина	1	
		6	KPM MBM 22-516.05.06.000	Давач (вісь Z)	1	
		7	KPM MBM 22-516.05.07.000	Різцетримач	1	
				<u>Деталі</u>		
		8	KPM MBM 22-516.05.00.001	Кулачок	1	
		9	KPM MBM 22-516.05.00.002	Секція станини супорта	1	
		10	KPM MBM 22-516.05.00.003	Давач ЗОР	1	
		11	KPM MBM 22-516.05.00.004	Компенсатор	1	
		12	KPM MBM 22-516.05.00.005	Ходовий гвинт	1	
		13	KPM MBM 22-516.05.00.006	Гайка	1	
		14	KPM MBM 22-516.05.00.007	Корпус	1	
				KPM MBM 22-516.05.00.000 СК		
Зм	Арк	№ документа	Підп.	Дата		
Разроб.	Підгайний				Літ	Аркуш
Перевір.	Лещук					Аркушів
Т.контр.						1
Н.контр.	Кобельник				3	
Затверд.	Крупа				<i>ТНТУ, МВМ-61</i>	
					<i>Привід подач</i>	

