

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки **6.050503 «Машинобудування»**
(код і назва)

на тему **Покращення технологічних характеристик вертикально -
фрезерного верстату**

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-51

Коноваленко Юлія Олегівна

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Київ - 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

До захисту допущено

Завідувач кафедри

О.В.Шевченко

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.050503 «Машинобудування»

(код і назва)

на тему Покращення технологічних характеристик вертикально -
фрезерного верстата

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-51

Коноваленко Юлія Олегівна

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Керівник проекту

Ковальов Віктор Андрійович

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

РЕЦЕНЗЕНТ:

(посада, наукова ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2019 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект		
2	A4	ДП ХХХХ. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
3	A1	ДП ХХХХ. 01.000 ТК	Загальний вигляд	1	
4	A1	ДП ХХХХ. 02.000 ТК	Кінематична схема	1	
5	A1	ДП ХХХХ. 03.000 ТК	Шпиндельний вузол	1	
6	A1	ДП ХХХХ. 04.000 ТК	Маніпулятор і магазин	1	
7	A1	ДП ХХХХ. 05.000 ТК	HEIDENHAIN	1	
8	A1	ДП ХХХХ. 06.000 ТК	Autodesk Inventor	1	
9	A1	ДП ХХХХ. 07.000 ТК			

				ДП ХХХХ 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту		
Розробн.	Коноваленко					
Керівн.	Ковальов					
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						
					Лист	Листів
					1	1
				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ХХХХ Гр. ХХ-ХХ		

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: **Покращення технологічних характеристик вертикально-фрезерного верстату**

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання верстатів та машин

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Напрямок підготовки _____ **6.050503 «Машинобудування»** _____
(код і назва)

Назва програми професійного
спрямування _____ **«Металорізальні верстати та системи»** _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ **О.В.Шевченко**

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2018 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

_____ **Коноваленко Юлії Олегівни** _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Покращення технологічних характеристик вертикально – фрезерного верстата

керівник проекту _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від **“22” травня 2019 року № 1326-с**

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту технічна документація на вертикально – фрезерному верстаті

4. Зміст пояснювальної записки Конструкційна частина, розрахункова частина, використання лінійних датчиків фірми HEIDENHAIN, аналіз напружень шпинделя верстата з використанням модулю Autodesk Inventor.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Загальний вигляд, кінематична схема, шпиндельний вузол, маніпулятор та магазин, розробка програми в системі HEIDENHAIN, розрахунок в Autodesk Inventor.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 20 березня 2019р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Точність обробки на фрезерних верстатах	квітень	
2	Розробка кінематики	квітень	
3	Проектування головного приводу	квітень	
4	Розрахунок чисел зубчастих коліс	квітень	
5	Розрахунок приводу поздовжньої подачі	квітень	
6	Розрахунок і проектування шпиндельного вузла	квітень	
7	Розрахунок зусилля пружини	травень	
8	Розрахунок в програмі HEIDENHAIN	травень	
9	Аналіз напружень шпинделя	травень	
10	Виконання креслень та плакатів	червень	
11	Оформлення розрахунково пояснювальної записки	червень	

Студент _____
(підпис)

Коноваленко Ю.О
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____

Зміст

Конструкційна частина.

1. Основні типи фрезерних верстатів з ЧПК та їх особливості.

1.1Точність фрезерних верстатів з ЧПК.

1.2Точність обробки на фрезерних верстатах.

1.3Різальний і допоміжний інструмент для обробки на верстатах з ЧПК.

1.4Пристосування для закріплення заготовок.

1.5Особливості, структура і склад систем ЧПК.

1.6Напівавтомат вертикально-фрезерний з хрестовим столом, ЧПК і автоматичною зміною інструментів мод.ЛФ260МФЗ

Розрахункова частина.

2.Розробка кінематики і розрахунок приводу головного руху з безступінчастим регулюванням швидкостей.

2.1Проектування приводу головного руху з безступінчастим регулюванням

2.2Розрахунок чисел зубчастих коліс приводу головного руху.

2.3Розрахунок приводу поздовжньої подачі. Гвинт,гайка кочення.

2.4Розрахунок і проектування шпиндельного вузла.

2.5Розрахунок зусилля розвиваючого затискної пружиною маніпулятора.

2.6Використання лінійних датчиків фірми HEIDENHAIN для підвищення точності позиціонування.

2.7 Аналіз напружень шпинделя верстата з використанням модулю AutodeskInventor для оцінки податливості шпиндельного вузла.

3.Висновок.

4.Список літератури.

5.Додаток.

Підп. дата	
Инв. № дубл.	
Взам. Инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб..		Коноваленко							
Перевір.		Ковальов							
Н. контр.									
Затвер.		Ковальов							

Літер.	Лист	Листів
	1	

Вступ

Першорядна роль в підвищенні технічного рівня виробництва належить машинобудуванню, яке повинно розвиватися динамічно як в якісному, так і в кількісному відношенні. Сучасному машинобудівному виробництві властиве безперервне розширення номенклатури оброблюваних деталей і збільшенням випуску деталей меншими серіями, що вимагає частого переналагодження виробничого процесу в мінімально короткі терміни. При цьому поряд з вимогою високої надійності, точності, продуктивності обладнання необхідно забезпечити високу гнучкість, переналагодження виробництва.

До недавнього часу в машинобудуванні, в основному застосовувалися спеціалізовані автомати та автоматичні лінії, незамінні в масовому виробництві, але нерентабельні в умовах серійного і дрібносерійного виробництва, як із-за високої вартості, так і в зв'язку з тривалим циклом розробки, впровадження та переналагодження в процесі експлуатації.

Для рішення основної задачі підвищення продуктивності праці і якості випущеної продукції при мінімальних витратах, необхідно широке впровадження машин і обладнання з вбудованими пристроями мікропроцесорної техніки, і багатоопераційних верстатів з ЧПК.

У 50-60 роках верстати з ЧПК застосовувалися в основному в авіаційній і суднобудівній промисловості. З 70-х років верстати з ЧПК працювали практично у всіх галузях промисловості.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

Настільки бурхливий розвиток виробництва і впровадження верстатів з ЧПК обумовлено їх істотними перевагами в порівнянні з універсальними верстатами, а саме: можливість обробки об'ємних деталей складної форми; сталість якості обробки; відносно короткий цикл розробки впровадження та переналагодження в процесі виробництва і експлуатації; економія кваліфікованої робочої сили і т.д.

Однак, традиційною сферою з відносно низьким рівнем автоматизації залишилися допоміжні операції, пов'язані з транспортуванням і складуванням об'єктів виробництва, розвантаженням і завантаженням технологічного обладнання, що суттєво стримує темпи підвищення продуктивності праці. Вкрай низьким рівнем автоматизації характеризуються складальні, зварювальні та ряд інших галузей. Все це призвело до гострих суперечностей між рівнем розвитку техніки і характером праці при її використанні, потребами в трудових ресурсах і їх фактичною наявністю, вимогами виробничих процесів і обмеженими психофізіологічними можливостями людини.

Висока ефективність застосування обладнання з ЧПК досягається в результаті вирішення всього комплексу питань, пов'язаних з його промисловою експлуатацією: автоматизованого розрахунку і записи керуючих програм. Технологічної підготовки ріжучого, вимірювального і кріпильного інструменту, оснащення, а також оптимальної організації експлуатації та ремонту верстатів з ЧПК. Особливостями спеціалізованих верстатів з ЧПК пояснюється особлива увага до питань автоматизованої підготовки керуючих

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	
Инов. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

програм для багатокоординатної контурної обробки і забезпечення техніко – економічної ефективності використання парку верстатів з ЧПК.

Метою дипломного проектування є підвищення продуктивності верстата базової моделі напівавтомата вертикально – фрезерного з хрестовим столом числовим програмним управлінням і автоматичною зміною інструменту мод. ЛФ260МФЗ і спеціалізації його для обробки корпусних деталей з легких сплавів.

Останнім часом розроблена технологія надшвидкісного різання і відповідні інструментальні матеріали, у відповідність з цією технологією при обробці алюмінієвих сплавів передбачені швидкості порядку 7000м/хв. Традиційний твердосплавний інструмент на основі карбідів може забезпечити 4000м/хв.

Базовий верстат, маючи привід головного руху з безступінчатим регулюванням, що забезпечує діапазон частот обертання 31,5...1600 об/хв, тобто діапазон частот, становить $R_n=51$ і забезпечує швидкість при max діаметрі торцевої фрези 100мм – $D=500\text{м/хв}$.

Покращений верстат має максимальну частоту обертання 4000 об/хв, тобто діапазон регулювання $R_n=127$ і забезпечує швидкість 1250 м/хв. Подальше підвищення швидкості різання зажадало б більш істотних змін в конструкції базового верстата. При зазначеному підвищенні швидкості різання час, що йде на чистову операцію, зменшиться в 2,5 рази. Тим самим досягається підвищення продуктивності, чистова операція виконується з максимальною швидкістю різання, на 40%. При обробці корпусних

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

деталей кількість таких операцій може становити 5...10%. Тоді підвищення продуктивності обробки деталей в цілому становить 2...5%.

Таким чином, при спеціалізації верстата на обробку корпусних деталей з легких сплавів одночасно забезпечиться підвищення продуктивності за рахунок систематизації режимів різання. При розрахунку економічної ефективності запропонованої конструкції покращеного верстата прийняти підвищення продуктивності умовної деталі -2%.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Лист

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Конструкційна частина

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

1.Основні типи фрезерних верстатів з ЧПК і їх особливості

Фрезерні верстати з ЧПК призначені для обробки плоских і просторових деталей складної форми.

Властивість УЧПК здійснювати і багаторазово повторювати точне позиціонування рухомого органу верстата в заданій координаті дозволяє крім фрезерування виробляти свердління, зенкерування, розгортання і розточування отворів, а також нарізання різьби в отворах, що значно розширює технологічні можливості фрезерних верстатів з ЧПК.

Конструкції фрезерних верстатів з ЧПК розрізняються по розташуванню шпинделя (горизонтальне або вертикальне), за кількістю координатних переміщень столу або фрезерної бабки, за кількістю використовуваних інструментів і спосіб їх установки на верстаті (вручну або автоматично).

Фрезерних верстатів з ЧПК в порівнянні з традиційними верстатами мають наступні переваги: більш ніж в 3 рази підвищується продуктивність обробки, скорочується виробничий цикл обробки і час на підготовку виробництва, відпадає необхідність у виготовленні

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист
-----	------	----------	-------	------	------

спеціального дорогого оснащення (шаблонів, копіїв, спеціальних пристосувань і інструментів); відпадає необхідність в трудомісткою ручної доопрацюванні деталей, а в окремих випадках їх доведенні. Конструкції фрезерних верстатів з ЧПК аналогічні конструкціям традиційних фрезерних верстатів, але відрізняються від останніх тим, що всі рухи формоутворення в верстатах з ЧПК автоматизовані і виконуються по керуючим програмам. За компоновкою фрезерні верстати діляться на чотири групи:

- Вертикально – фрезерні з хрестовим столом;
- Консольно – фрезерні;
- Поздовжньо – фрезерні;
- Широкоінструментальні універсальні.

У вертикально – фрезерних верстатах з хрестовим столом (рис.1.1.а) стіл переміщується в поздовжньому (вісь X) і поперечному (вісь Y) горизонтальних напрямках, а фрезерна бабка – в вертикальному напрямку (вісь Z).

У консольно – фрезерних верстатах стіл переміщується по трьом координатним вісям (X,Y,Z), а бабка нерухома. (рис.б)

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

У поздовжньо – фрезерних верстатах з рухомою поперечною(рис.в) стіл переміщується по осі X, шпиндельна бабка – по осі Y. А поперечна по осі Z. У поздовжньо – фрезерних верстатах з нерухомою поперечною (рис.г) стіл переміщується по осі X, а шпиндельна бабка по осях Y і Z.

У широко інструментальних універсальних фрезерних верстатах стіл переміщується по осях X і Y, а шпиндельна бабка – по осі Z.(рис.д)

Фрезерні верстати в основному оснащуються прямокутними і контурними УЧПК.

При прямокутному управлінні (Ф2) стіл верстата здійснює рухи лише в напрямку паралельному одній із координат осей, що робить неможливим обробку складних поверхонь. УП в таких верстатах задають з пульта (оперативні системи ЧПК). Верстати з прямокутним управлінням застосовують для фрезерування площин, скосів, уступів, пазів і т.д.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

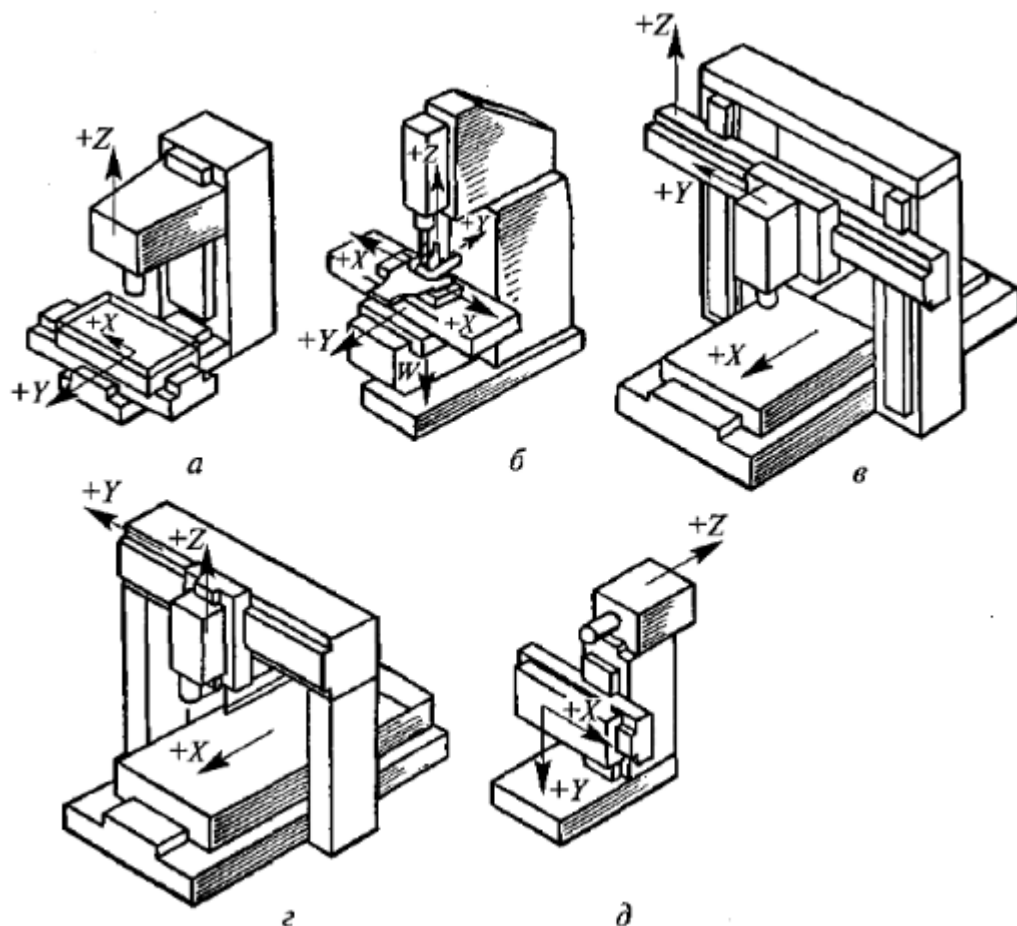


Рис.1. Компонування фрезерних верстатів з ЧПК з позначенням осей координат:

а – вертикально – фрезерні з хрестовим столом; б-консольно-фрезерний;
в-поздовжньо – фрезерні з рухомою поперечиною; г – поздовжньо – фрезерні
з нерухомою поперечиною; д- широко універсальні інструменти.

При контурному керуванні (Ф3 і Ф4) траєкторія руху столу може бути найрізноманітнішою і залежить від оброблюваного виробу. Верстати з контурним керуванням використовують для фрезерування різних кулачків, штамків, прес-форм і т.д.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Число керованих координат, як правило, три, а в деяких випадках чотири і п'ять.

При контурному управлінні рухом формоутворення проводиться не менше ніж за двома координатними осями одночасно; вся інформація для управління задається з пульта ЧПК.

Крім систем ЧПК на фрезерних верстатах, в окремих випадках, застосовують системи ЦПК (циклового програмного керування).

При числовому управлінні до складу заданої УП включається інформація про цикл і режимах обробки, а також про величинах переміщень робочих органів верстата.

При цикловому УП містить тільки інформацію про цикл і режимах обробки, а величини переміщень робочих органів верстата задають налаштуванням упорів.

Верстати з ЦПК використовуються для обробки деталей простої форми в умовах серійного і великосерійного виробництва. Фрезерні верстати з ЧПК бувають як одноінструментальні (інструмент встановлюється вручну), так і багатоінструментальні (оснащені магазином інструментів і механізмом їх автоматичної зміни).

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

В якості приводу головного руху використовують асинхронні електродвигуни (в цих випадках лінійна коробка швидкостей) і електродвигуни постійного струму. На малих фрезерних верстатах з прямокутним управлінням застосовують один приводний двигун постійного струму і коробку передач з автоматичними перемикаючими електромагнітними муфтами, а на важких верстатах з контурним управлінням кожне управління координатне переміщення здійснюється від автоматичного електроприводу постійного струму.

Фрезерні верстати з ЧПК повинні забезпечувати високу точність позиціонування (1-3мкм при прямокутній обробці і 5-10мкм при контурній обробці), що обумовлює підвищення вимоги до жорсткості верстатів.

Тому приводи подач фрезерних верстатів з ЧПК мають короткі кінематичні ланцюги, що передають рух від двигуна безпосередньо виконавчому органу, а всі деталі і вузли (особливо напрямні, координатні деталі) повинні виготовлятися і збиратися з високою точністю.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

Для зменшення тертя в передачах, які передають рух безпосередньо виконавчим органам, у верстатах з контурним управлінням встановлюються кулькові гвинтові пари; механічні передачі приводу подач виконують безззорний, а на важких верстатах застосовують напрямні кочення. Змащення напрямних проводиться автоматично. У верстатах, призначених для контурної обробки деталей, використовують приводи, що стежать за подачею – електрогідравлічні шківів, гідравлічні і електромеханічні.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата					Лист

1.1 Точність фрезерних верстатів з ЧПК

Фрезерні верстати виконуються нормальної (Н), підвищеної (П) і високої (В) точності.

Відношення величин похибок обробки, що характеризують точність верстатів класу Н, П і В становить 1:0,6:0,4.

Геометричні похибки верстатів, пов'язані з неточністю виготовлення і збірки його базових деталей і їх зносом, носять відносно стабільний характер в часі і зумовлюють виникнення систематичних похибок форми і взаємного розташування поверхонь, що сполучаються оброблюваних виробів, а також їх розмірів.

Щоб зберегти точність верстата протягом тривалого часу по жорсткості, норми геометричної точності при його виготовленні встановлюють на 40% створюючи цим резерв по точності.

Основні впливи цих похибок надають на: точність розташування оброблюваних деталей (наприклад, похибка міжосьових відстаней оброблюваних отворів); точність повернення робочих органів у вихідне положення; точність обробки кола в режимі кругової інтерполяції; стабільність положення інструментів в шпинделі після автоматичної зміни.

Похибка позиціонування є систематичною і складається з: накопиченої (зростає пропорційно величині переміщення) і періодичної складових. Вказану похибку компенсують введенням відповідних корекцій в УЧПК. Нестабільність позиціонування є випадковою похибкою і не компенсується.

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

Зону нечутливості, яка визначається зазорами в кінематичному ланцюгу приводу і в кульковій гвинтовій порі, зменшуються регулюванням механізмів.

1.2 Точність обробки на фрезерних верстатах

На точність фрезерної обробки впливають наступні фактори: геометрична точність верстата; жорсткість і вібростійкість верстата; теплові деформації верстата; похибки інтерполятора і інтерполяції; похибка апроксимації; чутливість і стабільність роботи проводів; похибка установки базування і закріплення заготовки; похибка обробки, викликані неточністю інструменту і його зносом; умови обробки деталі (точність і жорсткість пристосування і інструмента, режими різання, стан заготовки, зовнішнє середовище і т.д.).

Точність обробки в більшій мірі залежить від стану системи верстату-пристосування-інструмент-деталь, основні похибки, які обумовлюються пружними деформаціями вузлів верстата в процесі обробки; зносом окремих елементів і вузлів; похибками установки і закріплення заготовки; похибками, що виникають внаслідок теплових деформацій, деталі та інструменту.

Із-за пружних деформацій, що виникають в системі технологічна система під дією сили тертя і недостатньою жорсткістю вузлів верстата, контур обробленої деталі може істотно відрізнитися від заданого. Точністю обробки в верстатах з ЧПК в певній мірі можна керувати. Спотворення контуру оброблюваної деталі можна зменшувати в процесі підготовки програми наступним чином: зменшенням швидкості переміщення інструмента уздовж контуру

Підп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. Инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

(тобто подачі на зуб фрези); зменшенням припуску на передній ділянці; зменшенням розміру інструменту.

Знос деяких елементів і вузлів (наприклад, кулькових гвинтових пар, направляючих, різних передач і з'єднань) викликає появу зазорів, що безпосередньо впливає на точність обробки. Для зменшення зносу кулькових пар і направляючих необхідне симетричне розташування пристосування на столі верстата відносно осі Y і рівномірна розкладка заготовок на столі верстата (по його довжині). Щоб усунути вплив зазорів на форму оброблюваної деталі при чистовому фрезеруванні, реверсування слід виробляти в той момент, коли фреза не торкається поверхності заготовки.

Похибки установки інструменту у вихідну точку обробки мають істотний вплив, якщо вони перевищують 0,01-0,02мм (для верстатів класу точності Н); в цьому випадку необхідне введення корекції в УЧПК.

Похибки обробки, що вносяться інструментом, викликаються неточністю його виготовлення і зносом в процесі роботи. Точність виготовлення інструмента регламентується ГОСТ 17025-71.

Перед установкою інструмента на верстаті, необхідно строго контролювати його розміри і виконання технічних вимог на його виготовлення і заточку.

Похибки установки і закріплення заготовки включають в себе похибки установки пристосування на столі верстата, похибки установки заготовки в пристосуванні і похибки, виникаючі при закріпленні заготовки.

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

На фрезерних верстатах з ЧПК в більшості випадків застосовують пристосування, маючі установчі елементи (циліндричні штирі, штоки і шпоночні пази). Ці елементи не повинні мати забоїн та інших пошкоджень, знижуючих точність установки.

Тому рекомендується використовувати пробки, дерев`яні підкладки, оберігаючи робочу поверхню від пошкоджень.

Способи базування заготовки, виникаючі при цьому похибки і рекомендації по їх зменшенню такі, як і при обробці на традиційних фрезерних верстатах. Похибка закріплення заготовки виникає внаслідок непостійності зусиль зажима. Для їх стабілізації рекомендується використовувати пристосування з пневмо- і гідропривідом, а також застосовувати тарувані гайкові ключі. При стабільних зусиллях зажима закріплення є постійною величиною, яку можна врахувати і корегувати.

Для зменшення теплових деформацій технологічно системи верстата необхідно:

- в цілях зменшення впливу на верстат навколишнього середовища підтримувати в приміщенні нормальний температурний режим (+20 С), раціонально розташовувати опалювальні прилади, правильно розташовувати верстати (щоб виключити взаємний нагрів), застосовувати припливно – витяжну вентиляцію і т.д.
- зменшити виділення тепла при різанні, охолоджувати і своєчасно прибирати стружку.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

1.3 Різальний і допоміжний інструмент для верстатів з ЧПК

Необхідна точність обробки і надійності верстата в роботі, в більшій мірі визначається правильним вибором ріжучого інструмента і допоміжного оснащення для його закріплення.

До ріжучого інструменту для верстатів з ЧПК, номенклатура якого практично не відрізняється від номенклатури інструменту для звичайний верстатів, пред`являються підвищені вимоги по точності розмірів і геометричної форми, якості заточки ріжучих кромок, стійкості.

Досвід експлуатація показав, що точність обробки на верстатах з ЧПК головним чином залежить від точності ріжучого інструмента. Стандартний ріжучий інструмент, застосований на цих верстатах, повинен мати наступні параметри точності: нецентричність серцевини спіральних свердл не більше 0.1 мкм; радіальне биття не більше 0,03-0,01мкм; осьове биття ріжучих кромок не більше 0,04-0,08мм. Хвостовики свердл, для більш точного і жорсткого їх кріплення в цангових патронах, доцільно виконувати без відпрацювання конусності. При обробці отворів з точними координатами ефективно використання коротких свердл. Перед свердлінням точних по формі і розташуванню отворів рекомендується виробляти центрування укороченими свердлами з кутом при вершині 90°; діаметри цих свердл повинні бути більше або рівні діаметру оброблюваних отворів.

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Пристосування, використовувані для закріплення заготовок, оброблюючи на верстатах з ЧПК, повинні відрізнятися високою точністю, жорсткістю і вібростійкістю. Конструкція пристосування повинна дозволяти швидко корегувати його по відношенню до системи координат верстата, а також швидко переналагодити його для обробки іншої заготовки. Пристосування повинно забезпечувати мінімальний час установки і знаття заготовки. Деталі пристосування не повинні перешкоджати підходу ріжучого інструмента до поверхності заготовки.

Вказаним вимогам в значній мірі відповідають пристосування збірно-розбірні (ЗРП) і універсально-збірні (УЗП). При обробці великих партій деталей крім ЗРП і УЗП використовують спеціальні пристосування.

При обробці деталей на верстатах з ЧПК дуже важливо правильно орієнтувати контур оброблюваної деталі відносно нульової точки верстата і його координатних осей.

						<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

1.5 Особливості, структура і склад систем ЧПК

Система ЧПК складається із керованого пристрою, забезпечуючого заданий закон змін швидкості подач і цикла роботи верстата в цілому, і допоміжних органів у вигляді подач і різних електромагнітних мезанізмів. Необхідними елементами системи ЧПК є датчики зворотнього зв'язку різних типів як для безперервного виміру фактичного положення керованих органів верстата і їх швидкості, так і для визначення стану різних дискретних елементів за допомогою різних типів кінцевих вимикачів, реле струму, реле тиску і т.д.

Тривалий час верстати з ЧПК поділяли на позиційні і контурні. В даний час цей поділ втратило сенс в зв'язку з тим, що верстати для позиційної обробки це, як правило, багатоопераційні верстати з інструментальними магазинами. В зв'язку з цим необхідно мати: автоматичні маніпулятори для зміни інструментів, керуючим пристроєм ЧПК; автоматично змінювати частоту обертання шпинделя; мати індикацію положення робочих органів верстата; спрощувати програмування шляхом введення стандартних циклів, переходу на наступний режим позиціонування для забезпечення високої точності. Все це призвело до різкого ускладненню позиційних систем ЧПК. Введення в такий пристрій ЧПК інтерполятора набагато ускладнює його і збільшує вартість, але робить його універсальним.

Блок запам'ятовування зчитаної інформації необхідний перш за все тому, що інформація з програмизчитується рядок за рядком і в той же час використовується вся відразу в межах одного кадру. Крім запам'ятовування однієї вхідної інформації в цьому блоці виконується контроль і формування відповідного сигналу на момент вияву помилки при запам'ятовуванні або зчитуванні програми.

У сучасних пристроях ЧПК запам'ятовує інформацію відразу на всю деталь і навіть на кілька, що позбавляє від введення окремих кадрів, а також робить можливим і корегувати керуючу програму

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

безпосередньо на верстаті, що необхідно при об'єднанні верстатів в ГПС.

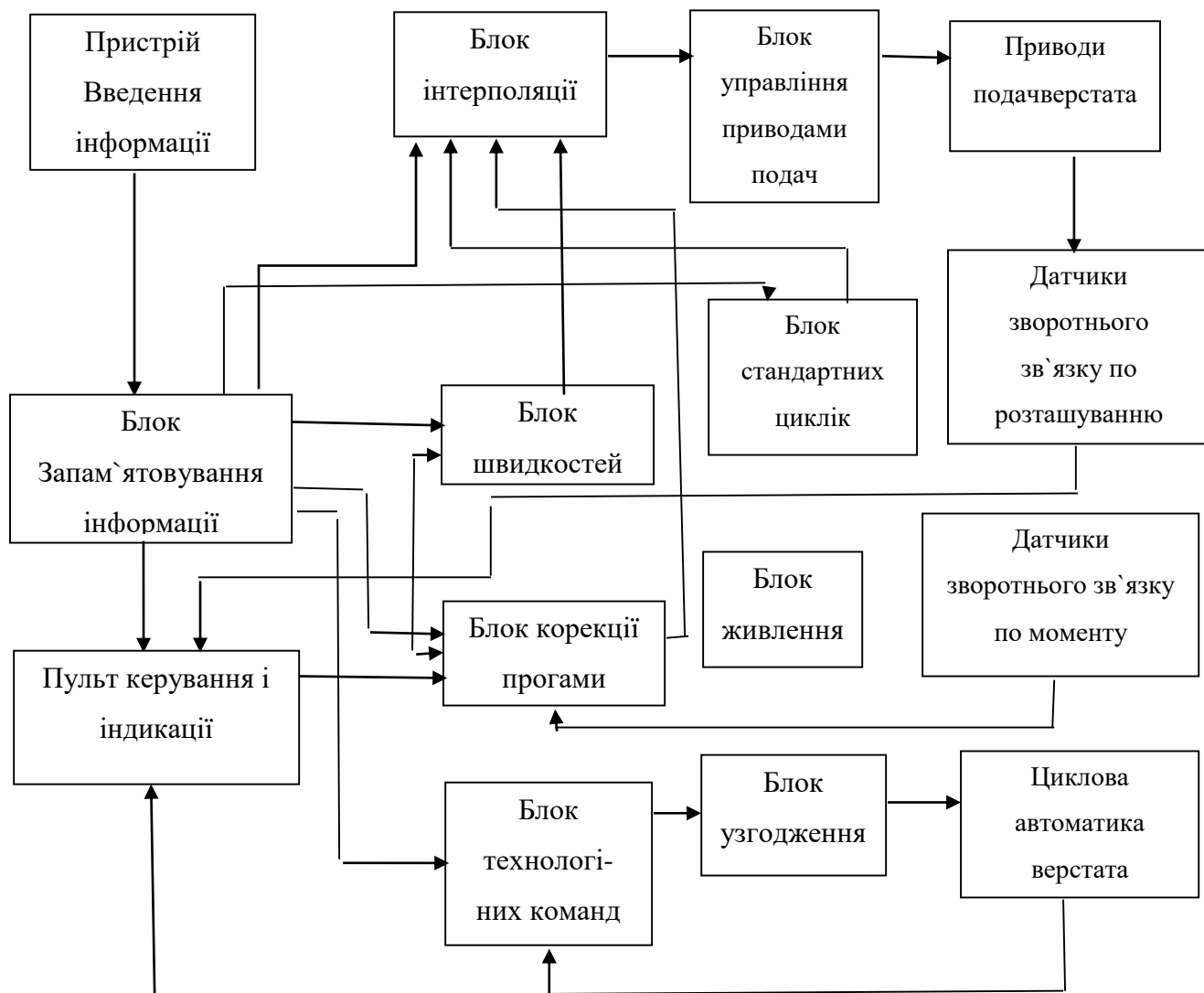


Рис. 1.5 Структурна схема системи програмного керування

Пристрій числового
Програмного керування

виконавчі пристрої
верстата

В сучасних пристроях ЧПК запам'ятовує інформацію відразу на всю деталь і навіть на кілька, що позбавляє від введення окремих кадрів,

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

а також робить можливим і корегувати керуючу програму безпосередньо на верстаті, що необхідно при об'єднанні верстатів в ГПС.

Пульт керування і індикації призначений для зв'язку оператора з системою ЧПК. З допомогою цього пульта здійснюється пуск системи і його зупинка, перемикання режимів роботи (ручний-автомат) і т.д., а також корекція режимів різання. На цьому пульту знаходиться світлова сигналізація і цифрова індикація стану системи. В сучасних ЧПК індикація зазвичай здійснюється з допомогою вбудованого дисплею, що дозволяє корегувати значне число параметрів, а також проводити обробку програм безпосередньо на верстаті.

Блок інтерполяції інформує частичну траєкторію руху інструмента між заданими в програмі точками. В більшості випадків використовують лінійну або курсову інтерполяцію, хоча іноді застосовують винтову або циліндричну. Цей блок представляє собою спеціалізований цифровий обчислювальний пристрій, призначений для вирішення однієї-двох задач з точністю 6-8 десяткових розрядів. Для цього часто використовують цифрові диференційні поляризатори (ЦДП), які складаються із декількох цифрових інтерполяторів, відповідним чином з'єднаних між собою. В останній час в якості інтерполюючого пристрою використовують ЄВМ, що значно підвищує універсальність всього пристрою програмного керування завдяки більш легкій перебудові його на інший алгоритм роботи. В зв'язку з цим застосовують інший метод введення інформації – кодовий, при якому частота видачі кодів

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист
-----	------	----------	-------	------	------

постійна, але при зменшенні швидкості значення кодів зміняться. Це дозволяє підвищити роздільну здатність системи без змінення швидкості подачі.

Приводи подач, частіше всього служать для забезпечення переміщення керуючих елементів верстата з необхідною швидкістю і точністю при заданому моменті. Під наступним приводом будемо розуміти систему, що складається із двигуна, підсилювача потужності, що постачає цей двигун необхідною енергією, датчики зворотнього зв'язку по положенню, потрібні для виміру фактичного переміщення (положення) керуючого об'єкта, і порівнюючого пристрою, порівнюючого фактичне положення об'єкта з заданим і видає сигнал відмітки, що надходить на вхід підсилювача потужності, в результаті чого кутова швидкість вала двигуна виявляється пропорційно помилці системи. Якщо помилка по яким-небудь признакам перевищує заздалегідь встановлену допустиму межу, то система ЧПК автоматично вимикається за допомогою допоміжних пристроїв захисту.

Блоки керування приводами подач служать для перетворення інформації, одержаної з входу інтерполятора, в форму, необхідну для управління приводами подач, так, щоб при надходженні кожного імпульсу керуючий об'єкт переміщувався на певну відстань, зване ціною імпульса, який зазвичай становить 0,01мм або 0,001мм. В залежності від типу приводів (замкнуті або розімкнуті, фазові або амплітудні), застосованих на верстатах, блоки істотно відрізняються.

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

Іноді використовують замкнутий привід імпульсного типу, де застосована ОС у вигляді датчиків імпульсів, число яких визначає значення переміщення. В цьому випадку блок управління представляє собою реверсивний лічильник, на один вхід якого подається імпульс безпосередньо від інтерполятора, а на другий - від датчика імпульсів. На вихід ввімкнутий дешифратор, який перетворює вміст лічильника в сигнал помилки, який подається на привід. Перевагою такого приводу, не дивлячись на його відносну складність, являється простота цифрової індикації фактичного положення керуючого об'єкта, яка заключається в підключенні відповідного датчика імпульсів до приводу датчика зворонього зв'язку.

						Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Датчик зворотнього зв'язку – являється вимірювальними пристроями, які служать для визначення положення (абсолютного значення координат) або переміщення (відносного значення координат) керуючого об'єкта в межах кроку системи, який зазвичай складає 1-2мм. При цьому підсумовування кроків виробляє система ЧПК. Переміщення об'єкта визначають як безпосередньо за допомогою будь-яких лінійних вимірювальних пристроїв, так і вимірюючи кут повороту вала двигуна подач за допомогою будь-яких вимірювальних пристроїв.

Блок швидкості подач забезпечує задану швидкість подачі, а також розгон і гальмування в початку і в кінці обробки по заданому закону, найчастіше – лінійному. Швидкість подач задається або номером швидкості відповідного ряду швидкостей, або безпосередньо в мм/хв з кроком 0,1мм/хв. Крім робочих швидкостей подач, які складають зазвичай 5-200 мм/хв, цей блок допоміжний як правило, і установчий рух з підвищеною швидкістю, на який здійснюється установка координат, при позиційній обробці, або перехід інструменту із одної ділянки заготовки в іншу, при контурній обробці.

Блок корекції програми разом з пультом керування (п.к.) служить для змінення запрограмованих параметрів обробки: швидкості подачі і розмірів інструмента. Зміна швидкості руху зводиться до ручної зміни частоти заданого генератора в блоці подач. Зміна довжини інструмента зводиться до зміни заданого значення переміщення вздовж осі інструмента без зміни його початкового положення. Зміна діаметра інструмента здійснюється в

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. Ив. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

загальному випадку шляхом виокремлення функцій $\Delta R \sin \alpha$ і $\cos \alpha$ (ΔR —зміна радіуса фрези, α -кут кожного контуру одної з осей координат верстата) і додавання (або віднімання) цих величин.

Блок технологічних команд призначений для управління цикловою автоматикою верстата, що включає пошук і зміну достатньо великого числа інструментів (до 100), зміну частоти обертання шпинделя, затиск направляючих при позиціюванні і розтиск при їх русі, різне балансування, яке забезпечує збереження верстата. Циклова автоматика верстата складається переважно із елементів типу пускателя, електромагнітних муфт, соленоїдів та інших електромагнітних механізмів, а також дискретних елементів зворотнього зв'язку також кінцевих і колійних вимикачів, реле струму, реле тиску та інших елементів, контактних або біконтактних, сигналізуючих про стан виконавчих органів. Сучасні пристрої ЧПК, як правило здійснюють ці цикли всередині, які видають сигнал на несистемні елементи верстата – підсилюючі пристрої, які є як у верстатів, так і в пристрої ЧПК.

Блок стандартних циклів служить для забезпечення програмування, наприклад свердління однакових отворів, зовнішньої різьби та інших операцій.

Блок живлення забезпечує живлення, необхідною постійною напругою і струмом всіх блоків системи ЧПК від звичайної мережі. Особливістю цього блоку є наявність стабілізаторів напруги і фільтрів, захищаючих електронні схеми від перешкод в промисловій мережі.

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

Крім цих блоків, застосовуються блоки адаптації, які служать для збільшення точності і продуктивності обробки при зміненні за випадковим законом умов. Основними елементами будь-якої системи адаптації є вимірюючі пристрої: датчики моменту, вібрації, температури і т.д.

Крім адаптації в верстатах, призначених для роботи в складі ГПС систем, широко застосовуються сигналізуючі пристрої різного типу. До них відносяться: пристрої, сигналізуючі про положення інструмента в процесі обробки; які визначають стан ріжучої кромки інструмента; які визначають наявність інструмента в шпинделі верстата; сигналізуючи про те, що крутний момент шпинделя перевищує задані межі, та ряд інших пристроїв, підвищуючих надійність роботи обладнання.

Крім цього, в системах ЧПК повинні бути передбачені: примусове переривання обробки (при цьому гальмування повинно відбуватися вздовж оброблюючого контуру); вивід інструмента із зони обробки і повернення і неї без втрати інформації по бажанню оператора при перериванні обробки; індикація фактичного абсолютного значення координати керуючого об'єкта, який вимірюється датчиком зворотнього зв'язку; ручне введення інформації з панелі управління.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

1.6 Напіваавтомат вертикально – фрезерний з хрестовим столом ЧПК і автоматичною зміною інструмента мод. ЛФ 260МФ3

Вертикально – фрезерний напіваавтомат з хрестовим столом ЧПК і автоматичною зміною інструмента моделі ЛФ260МФ3 призначений для багатоопераційної обробки деталей із різних матеріалів в дрібносерійному виробництві.

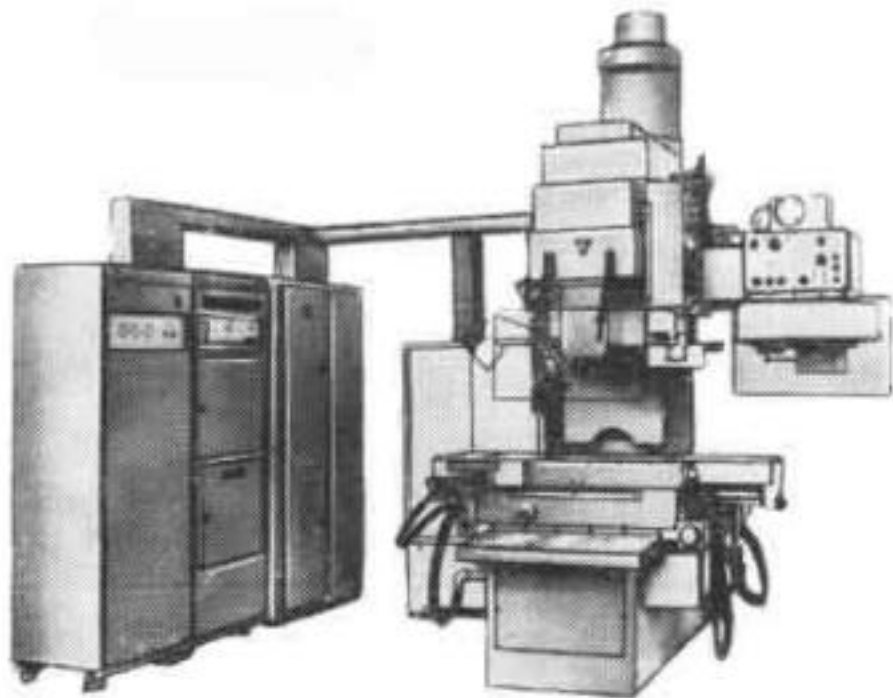


Рис. 1.6 Загальний вигляд вертикально – фрезерного верстату

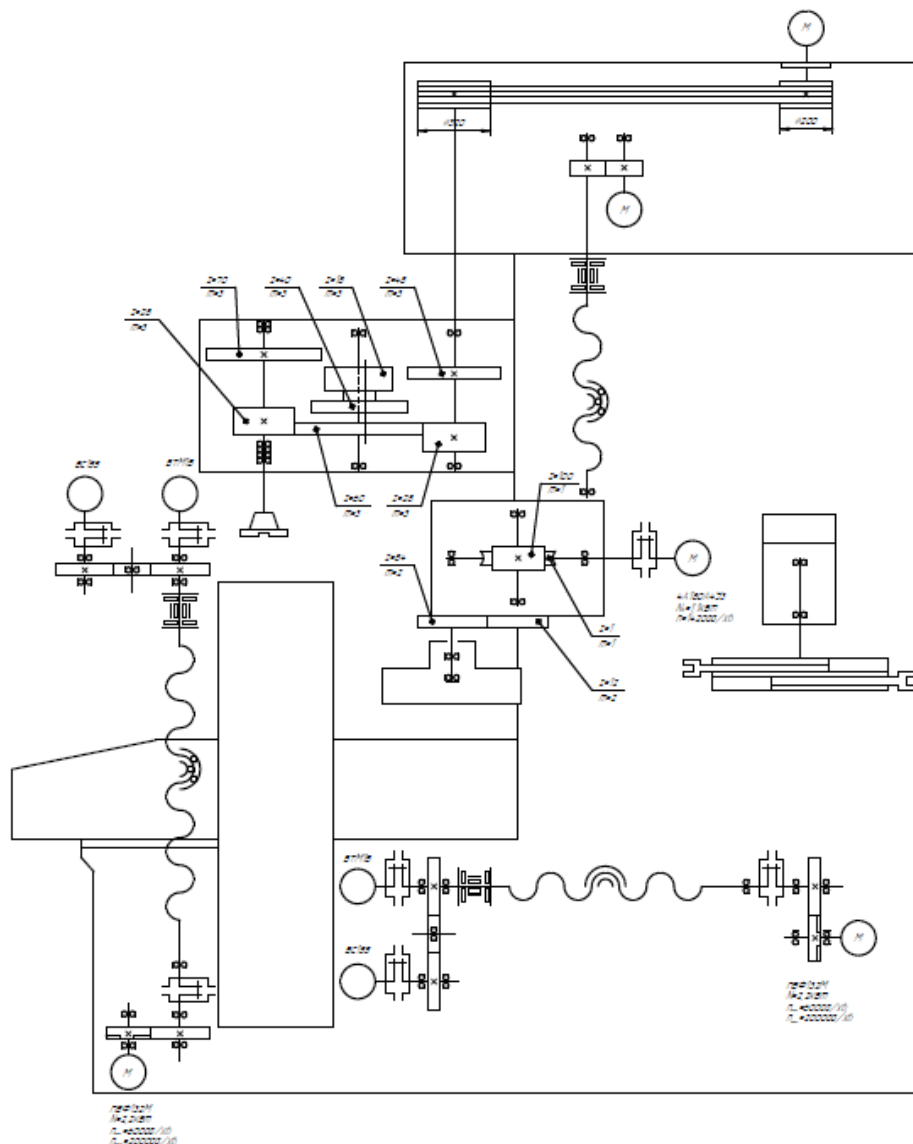
Стійка 1 верстата встановлена на масивній підставці 2, має напрямні для поперечного переміщення санчат 3 зі столом 4. Внутрішня порожнина підстави використовується як резервуар для охолоджуючої рідини. На передній стороні стійки знаходяться

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. Ив. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

прямокутні напрямні для вертикального переміщення фрезерної бабки 5. Між напрямними стійки встановлений циліндр вертикального переміщення фрезерної бабки. На бічній стороні стійки встановлений кронштейн 6 з інструментальним магазином 7 і механізмом зміни інструмента 8. Зверху стійки знаходиться електродвигун і редуктор 9 приводу головного руху фрезерної бабки.

Кінематична схема показана на рис.1.6.1



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Привід головного руху забезпечує межі частоти обертання 31,5...4000 об/хв. Привід головного руху здійснюється від електродвигуна М1 постійного струму. Зміна частоти обертання шпинделя виробляється автоматично, зміною частоти обертання електродвигуна.

Шпиндельна бабка переміщується по напрямних стійки за допомогою циліндра, встановленого на стійці. Для підвищення жорсткості при фрезеруванні і запобігання самовільного переміщення бабки при вимкненій гідростанції є механізм затиску шпиндельної бабки. Затиск бабки здійснюється тарілчастими пружинами, розташованими в чотирьох циліндрах, які змонтовані на задній стійці шпиндельної бабки. Розтиск шпиндельної бабки гідравлічний.

Масло надходить в стокову порожнину гідроциліндра. Поршень зі штоком, переміщуючись, стискає тарілчасті пружини 1. При цьому гвинт 2 зміщуючись, звільняє прихват 3, яким здійснюється притиск шпиндельної бабки до стійки. Гайки 4 служать для передачі зусилля на прихват, а також для регулювання зазору між направляючими стійками і прихватом.

Напрявні шпиндельної бабки змащуються автоматично від лубрикатора, змонтованого в корпусі бабки.

У шпинделі розміщений затиск інструмента. Затиск інструменту здійснюється за допомогою тарілчастих пружин, розтиск – гідравлічний. Керування затискачем і розтиском інструменту здійснюється за програмою.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. Ив. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

З правої сторони шпіндельної бабки встановлений заданий гвинт вертикального переміщення з кроковим двигуном.

Хрестовий стіл представляє собою жорстку чавунну виливку, що має напрямні типу «ластівчини хвіст». На дзеркалі столу є три Т – подібних паза для закріплення виробу і два крайніх для збору охолоджуючої рідини з подальшим відведенням її по похилому жолобу основи в бак. На столі в центрі є отвір, призначений для орієнтації пристосування або деталі щодо осі обертання інструмента.

Стіл монтується на санчатах, які в свою чергу монтуються на прямокутних напрямних підстави. Переміщення столу здійснюється електроприводом по кожній координаті від високомоментних двигунів і тягова ланка у вигляді кульково – гвинтової передачі.

Привід поздовжньої подачі здійснюється від ВМД1 через безззорний редуктор і ШВП. На валу ШВП розташований обертовий трансформатор, який служить датчиком зворотнього зв'язку по положенню. Приводний вал пов'язаний також з сельсином, що є датчиком положення робочого стану, від якого отримує сигнали цифрова індикація.

У модульованому верстаті пропонується застосувати хрестовий стіл тих же габаритів, який використовується Львівським заводом фрезерних станків, наприклад для верстата 2С120-ПФ2.

Механізм зміни інструмента.

Механізм зміни інструмента здійснює подачу запрограмованого інструмента з поверненням відпрацьованого інструмента із

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

магазину в шпіндель верстата і повернення відпрацьованого інструмента із шпинделя в магазин.

Механізм зміни інструмента складається із механізму підйому, механізму повороту і маніпулятора. Всі рухи механізму зміни інструмента здійснюється гідроциліндрами.

Управління рухами механізму здійснюється УЧПК по команді програми «зміна інструмента».

Зміна інструмента можлива тільки у верхньому крайньому положенні шпіндельної бабки.

Вона складається з 8 переходів:

- висування охватів;
- переміщення вниз;
- повернення захватів;
- поворот на 180 за годинниковою стрілкою;
- висування захватів;
- переміщення вгору;
- повернення захватів;
- поворот на 180 проти годинникової стрілки у вихідне положення;

Контроль закінчення переходів здійснюється кінцевим вимикачем.

Для забезпечення суміщення провідних шпинделя і кодів інструментальних оправок шпинделя напівавтомата при зміні інструмента повідомляється швидкість.

Інструментальний магазин показаний на аркушах 7 і 8.

Інструментальний магазин забезпечує пошук і фіксацію в позиції «зміна інструмента» 14 інструментів, що з інструмента, що

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. Ив. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

знаходиться в шпинделі напівавтомата, забезпечує можливість роботи 15 інструментами.

На напівавтоматі прийнята система кодування інструменту, яка здійснюється за допомогою кодових виступів, розташованих на конус хвостовика оправлення кожного інструмента. Зчитування коду інструменту здійснюється контактними пристроями під час обертання корпусу магазина 1.

Пристрій, що зчитується складається з набору важелів і мікроперемикачів 3.

При збігу коду програми і коду інструменту відбувається реверс корпусу магазина.

Штифт 6 набігаючи на важіль 4 починає розгортати його відносно власної осі і другим конусом натискає на вимикач. Перемикач відключає двигун приводу корпусу магазина.

Коли захоплення маніпулятора входять в кільцеві пази оправлення інструмента, система управління дає команду розфіксації інструменту.

Пряме і зворотнє обертання корпусу магазина здійснюється електродвигуном через черв'ячний редуктор і зубчасту передачу. Пошук інструмента і установка його в положенні зміни відбувається під час роботи напівавтомата і програмується пошуком інструмента.

Задані гвинти поздовжнього, поперечного і вертикального переміщень.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. Ив. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист
-----	------	----------	-------	------	------

Задані гвинти по трьом координатам виконані конструктивно аналогічно і закріплені на відповідному робочому органі верстата (на столі, санчатах і шпиндельній бабці).

Задані гвинти змонтовані на шарикопідшипниках. Різьба на заданих гвинтах спеціальна.

Обертання заданих гвинтів здійснюється кроковими двигунами через одноступінчасті погашаючі редуктори.

У верстаті базової моделі ЛФ260МФ3 використаний наступний гідропривід подачі ідентичний по кожній з трьох координат.

Подача здійснюється наступним образом:

Кроковий двигун обертає заданий гвинт, при цьому важіль стежучого золотника, прижятий до кромки різьби гвинта, розвертається.

Зміщення золотника викликає рух робочого органу.

Опори заданого гвинта закріплені безпосередньо на робочому органі.

1.7 Основна технічна характеристика верстата мод. ЛФ260МФ3

Відстань від торця шпинделя до поверхності столі, мм:

Найменше 100

Найбільше 450

Виліт шпинделя 340

Розміри робочої поверхні стола, мм:

Инв. № подл.	Подп. и дата	
	Инв. № дубл.	
	Взам. Инв. №	
	Подп. и дата	
	Инв. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

Ширина	320
Довжина	630
Максимальне поздовжнє переміщення стола,мм:	
Від програми	500
Ручне	500
Максимальне поперечне переміщення стола,мм:	
Від програми	320
Ручне	320
Інструментальний магазин на 14 інструментів.	
Максимальний діаметр інструмента	100
Межі частоти обертання шпинделя	31,5-4000
Габаритні розміри верстата,мм	
Довжина	2000
Ширина	2020
Висота	2835
Вага верстата (без виносного обладнання)	3300

Механіка верстата:

Величина робочих подач по контуру	5-3000мм/хв
Величина робочих вертикальних подач	5-3000мм/хв
Швидкість швидких переміщень,мм/хв:	
По координаті X,Y	8000
По координаті Z	6000
Кількість електродвигунів на верстаті	14
Тип електродвигуна головного руху	
Потужність електродвигуна головного руху,Кв:	8
Тип електродвигуна привода магазина	
4АА50ВЧ	18

Підп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. Инв. №	
Підп. и дата	
Инв. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Потужність електродвигуна привода магазина, Кв 1,1
Число оборотів електродвигуна привода магазина 1370

Технічна характеристика пристрою програмного управління:

Тип системи контурний
Система кодування 180
Спосіб введення програми перфолента з пульта оператора
кількість одночасно керованих координат:
при лінійній 3
при круговій 2 в трьох основних площинах

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

2. Розробка кінематики і розрахунок приводу головного руху

Покращений верстат є високошвидкісним. У базовому верстаті передача обертання від двигуна до коробки швидкостей відбувається клиноременною передачею.

Невисока якість ременів характерно для таких передач може обумовити ситуацію, при якій сама кінематична передача є джерелом коливань.

Тому пропонується в модернізованій конструкції використовувати для з'єднання вала ІІІІ використовувати муфту, замість шліцевої втулки використовувати в базовій конструкції.

Таким чином, буде підвищена стійкість руху шпиндельного вала.

Посадка зубчастих коліс здійснюється з використанням евольвентних зубчастих зачеплень. Що також сприяє підвищенню точності передачі обертання.

2.1 Проектування приводу головного руху з безступінчастим регулюванням

$$n_{\min \text{ dB}} = 600 \text{ XB}^{-1}$$

$$n_{max}=4000 \text{ XB}^{-1}$$

$$n_{min}=31.50 \text{ XB}^{-1}$$

$$n_{\text{max ДВ}}=4500 \text{ XB}^{-1}$$

Діапазон регулювання привода:

$$Rn = \frac{n_{max}}{n_{min}} = \frac{4000}{31.5} = 127$$

Підп. і дата		Инв. № дубл.		Взам. Инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.	

евольвентних зубчастих зачеплень. Що також сприяє підвищенню точності передачі обертання.

2.1 Проектування приводу головного руху з безступінчастим регулюванням

$$n_{\min \text{ дв}} = 600 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\max} = 4000 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\min} = 31.50 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\max \text{ дв}} = 4500 \text{ хв}^{-1}$$

Діапазон регулювання приводу:

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{4000}{31.5} = 127$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата					

Діапазон регулювання двигуна з постійною потужністю:

$$R_{дв\ n} = \frac{n_{дв\ max}}{n_{дв\ min}} = \frac{4500}{600} = 7,5$$

Так як $R_{двN} < R_N$, необхідно використовувати ступінчасту коробку швидкостей. Отже,

$$R_n = R_{дв\ N} * R_{см}, \text{ де}$$

$R_{см}$ – діапазон регулювання ступінчастої структури.

$$R_{см} = \frac{R_n}{R_{двп}} = \frac{127}{7,5} = 17$$

Кількість швидкостей ступінчастої структури можна визначити як:

$$Z_{ст} = \frac{\lg R_n}{\lg R_{пдд}} = \frac{\lg 127}{\lg 7.5} = 2.1$$

Приймаємо $Z_{ст} = 4 = 2 * 2$

Безступінчасту структуру представимо як умовну ступінчасту структуру. Приймаємо умовне значення геометричного ряду частот обертання $\varphi_{усл} = 1,25$ і визначаємо фіктивне число ступенів частот обертання, забезпечені ругельованим двигуном:

$$P_{фікт} = \frac{\lg R_{пдд}}{\lg \varphi_{усл}} + 1 = \frac{\lg 7.5}{\lg 1.25} + 1 = \frac{0,875}{0,097} + 1 = 9$$

Вважаємо $P_{фікт}$ основною групою. Тоді в загальному вигляді

можемо записати: $Z_{усл} = P_{фікт} [1] P_{гр1} [X_1] P_{гр2} [X_2]$, де

$P_{гр1}, P_{гр2}$ - числа передач в першій та другій групах ступінчастої структури, використовуючи двойні блоки зубчастих коліс.

X_1 – характеристика пешої групи, приймається рівній $P_{фікт}$. Для забезпечення перекриття швидкостей. Отже, отримаємо:

$$Z_{усл} = 9_1 \ 2_9 2_x$$

Инва. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Инва. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

Діапазон регулювання, реалізованої першою групою ступінчастої структури становить:

$$P_{\text{гр1}} = \varphi_{\text{усл}}^{X1(P1-1)} = \varphi_{\text{усл}}^{X1} = 7,45.$$

Тоді діапазон регулювання другої групи:

$$P_{\text{гр2}} = P_{\text{ст}}/P_{\text{гр1}} = 17/7,45 = 2,3.$$

Відповідно, характеристика другої групи із умови забезпечення необхідно по умові діапазона регулювання

$$X_2 = \frac{\lg R_{\text{гр2}}}{\lg \varphi_{\text{усл}}} = \frac{\lg 2,3}{\lg 1,25} = 3,6$$

Таким чином, остаточно отримаємо структурну формулу

$$Z = 9_1 2_4 2_9$$

На мал.1.3 показаний графік частот обертання і зменшення потужності розроблюючого привода головного руху.

2.2 Розрахунок чисел зубчастих коліс привода головного руху

Так як здійснюємо покращення приводу головного руху, необхідно зберегти відстань між валами таку, яка була в базовому верстаті. Кінематична схема базового верстата показана на мал.

Відстань між валами III і IV: $S_Z = 88$, $m = 3$; IV і V: $S_Z = 88$, $m = 3$.

$$S_Z = 88$$

$$U_1 = \frac{48}{40}$$

$$U_2 = \varphi^{-4} = \frac{1}{2,5} = \frac{2}{5} \approx \frac{28}{60}$$

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

$$S_Z = 88$$

$$U_3 = \varphi^3 = 2 = \frac{59}{29} \approx \frac{60}{28}$$

$$U_4 = \varphi^{-6} = \frac{1}{4} \approx \frac{18}{70}$$

Визначаємо Z_{min} зубчастого колеса для якого можлива насадна конструкція:

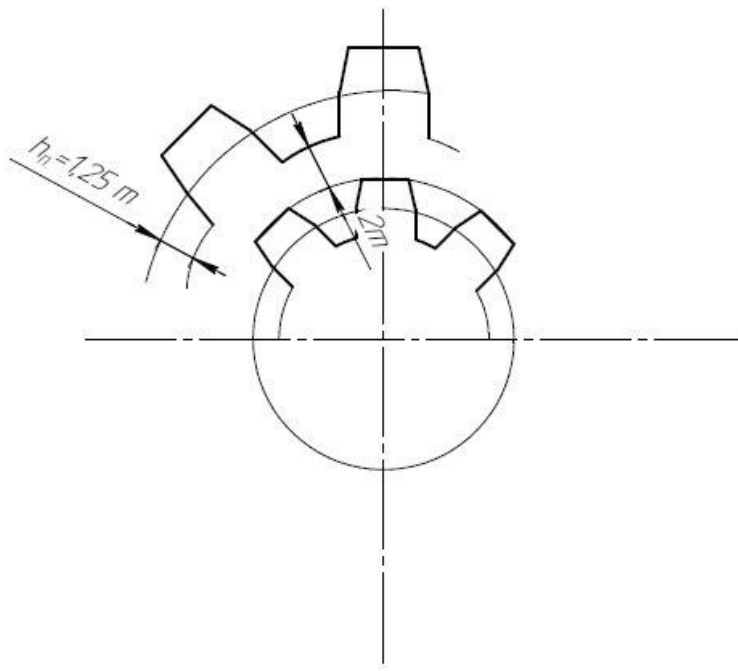


Рис.2.2 Параметри зубчастого колеса

$$(d_{дел})_{min} = D + 2(2m + 1,25)$$

$$Z_{min} = (d_{дел})_{min} / m$$

$$1 \text{ група: } d = 54 + 5 \cdot 3 + 1,25 \cdot 3 = 67,5$$

$$Z_{min} = 22$$

$$2 \text{ група: } d = 42 + 6 + 7,5 = 55,5$$

$$Z_{min} = 18$$

Пересування блоками зубчастих коліс здійснюється вилками, які приводяться в рух гідроциліндрами, такий варіант обраний в силу того, що верстат гідрофікований, а використовується для

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

управління з коробкою швидкостей в зв'язку з обмеженими габаритами.

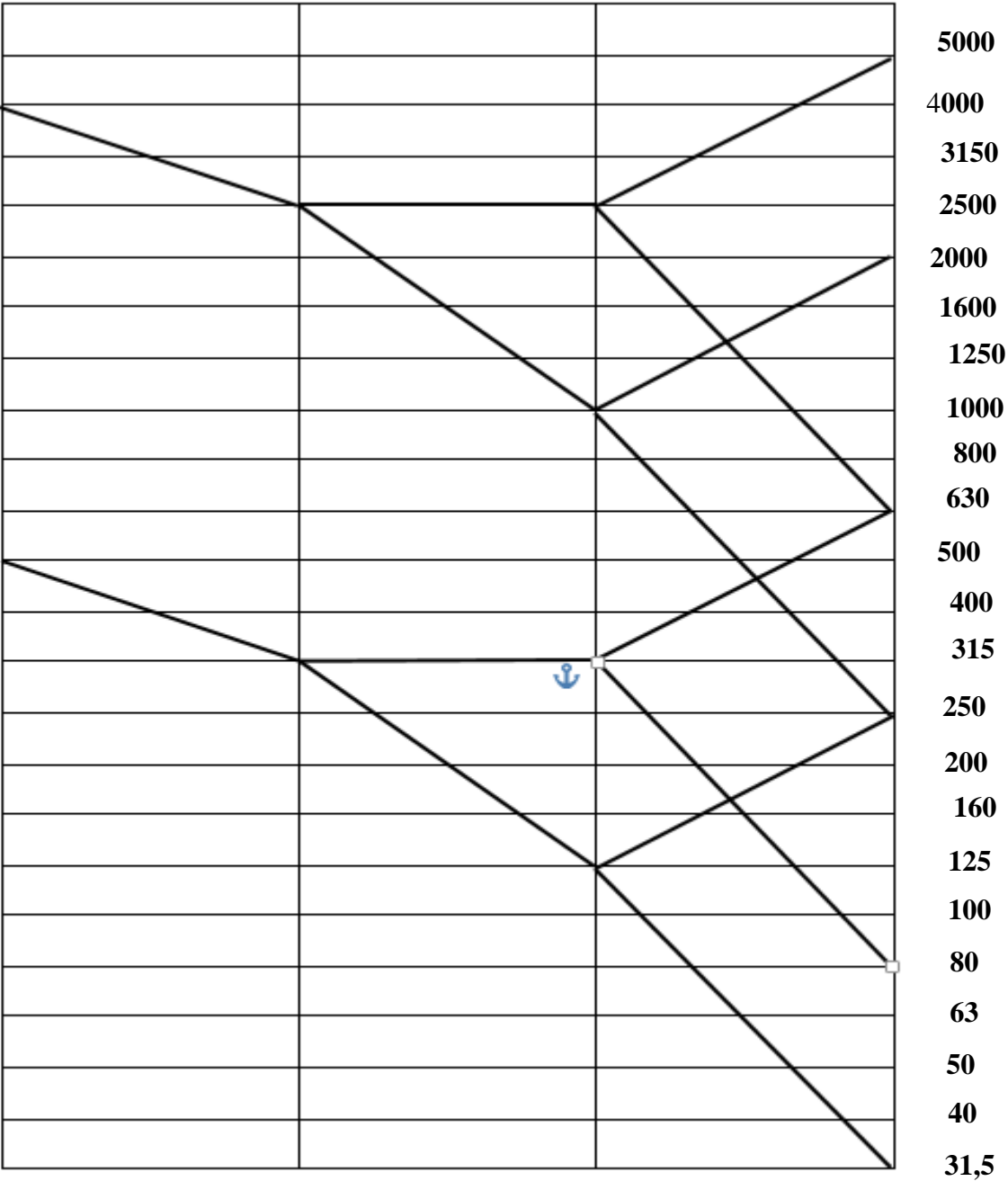


Рис.2.2.1 Графік частот обертання привода головного руху.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2.3 Розрахунок передачі гвинт – гайка кочення

Виробляє попередній вибір розмірів передачі. Враховуючи, що з технічних міркувань бажано, щоб відношення довжини гвинта до його діаметра не перевищувало 30, приймаємо:

$$d_0 = \frac{L}{30} = \frac{940}{30} = 31,3$$

Число робочих кульок в кожному гвинті:

$$Z_i = \pi \frac{d_0}{d_1} - 5 = 3,14 \frac{31,30}{6,0} - 5 = 11.$$

Число робочих кульок в гайці, яка має три робочих витка:

$$Z = 11 * 3 = 33$$

Допустима статична напруга на одну кульку:

$$[P_{ст}] = 2 d_1^2 = 2 (6)^2 = 72 \text{ кг}$$

На гвинт $[Q_{ст}]$ при відсутності натягу:

$$Z_{расч} = 0,7 * Z = 0,7 * 33 = 23$$

$$[Q_{ст}] = Z_{расч} [P_{ст}] \sin \alpha \cos \alpha = 23 * 72 * 0.65 = 1076 \text{ кН}$$

Коефіцієнт K довговічності:

$$T = 5000 \text{ г}, K_Q = 0,9$$

$$n = \frac{n_{\max} + n_{\min}}{2} = \frac{32 + 2}{2} = 17$$

$$C_i = 0,5 Z_i (1 + \Gamma_1 \Gamma_0 \cos \alpha) = 0,5 * 11 (1 + 0,1 * 0,76) = 5,9$$

$$K = K_Q \sqrt[3]{\frac{60 T n C_i}{10^7}} = 0,9 \sqrt[3]{\frac{60 * 5000 * 17 * 5,9}{10^7}} = 0,9 * 0,67 = 0,603$$

Допустиме навантаження при $R \leq 1$, $K = 0,603$

$$[Q] = [Q_{ст}] \text{ і } [P] = [P_{ст}]$$

на одну кульку $[P]$ при довговічності $T = 5000 \text{ г}$

$$[P] = [P_{ст}] = 72 \text{ кг}$$

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

На гвинт [Q] при довговічності T=5000г

$$[Q]=[Q_{CT}] = 107\text{кг}$$

На гвинт [Q] при наявності натягу:

$$Q_H = [Q] \frac{[P]-P_H}{0,55[P]}$$

$$P_H = [P] (1-0,55\frac{Q}{[Q]}) = 72 (1-0,55*0,9)=29,16$$

$$Q_H = 1076 \frac{72-29}{0,55 [72]} = 1076 \frac{43}{39,6} = 1168\text{кг}$$

КПД передачі η при відсутності:

$$\eta = \frac{tg \lambda_B}{tg (\lambda_B+p)}$$

$$tg p = \frac{S_k}{\Gamma_1 \sin \alpha} = \frac{0,001}{3,0 * \sin 4^\circ 22'} = \frac{0,001}{3 * 0,062} = 0,0018$$

$$\eta = \frac{tg 3^\circ 30'}{tg 3^\circ 30' + tg 1^\circ 14'} = \frac{0,047}{0,065} = 0,72$$

Допустима сила натягу:

$$P_{Hmax} = [P] (1-0,55 \frac{Q}{[Q]}) = 72(1-0,55\frac{1076}{1168}) = 34,56\text{КН}$$

$$P_{Hmin} = 0,5 \frac{Q}{Z_{рас} \sin \alpha \cos \lambda} = 0,5 \frac{1076}{23 * 0,062 * 0,65} = 7,02\text{КН}$$

Подальші розрахунки зроблені для двох значень величин натягу

$$P_{Hmax} = 34,56\text{кг і } P_{Hmin} = 7,02\text{КН}$$

Відносне осьове переміщення δ_H двох гайок, необхідних для створення натягу:

$$\delta_H = 6 \sqrt[3]{\frac{P_H^2}{d_1}}$$

$$\delta_H = 6 \sqrt[3]{\frac{(34,56)^2}{6}} = 6 \sqrt[3]{199,06} = 6 * 5,8 = 34,8 \text{ мм}$$

Инва. № дубл.	Подп. и дата
Инва. №	Подп. и дата
Взам. Инв. №	Подп. и дата
Инва. № подл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист
-----	------	----------	-------	------	------

$$\eta_H = 1 \frac{\operatorname{tg} 3^{\circ}}{\operatorname{tg} 3 + \operatorname{tg} 0^{\circ} 40'} = 1 \frac{4,7 \cdot 10^{-2}}{4,7 \cdot 10^{-2} + 6,2 \cdot 10^{-3}} = 0,88$$

$K_H = 1$. При $\frac{Q_1}{P_H} = 2,8$ попередній натяг повністю знижується і коефіцієнт K_H стає рівним одиниці.

Найменше навантаження $Q_{\text{гальм}}$, починаючи з якої передача перестане бути самогальмівною:

$$Q_{\text{гальм}} = \left(\frac{Q_1}{P_H}\right)_{\text{гальм}} Z_{\text{расч}} P_H \sin \alpha \cos \lambda$$

$$\left(\frac{Q_1}{P_H}\right)_{\text{гальм}} \text{ по графіку мал.26 } \left[\left(\frac{Q_1}{P_H}\right)_{\text{гальм}}\right] = 0,3$$

$$Q_{\text{гальм}} = 0,3 \cdot 23 \cdot 29,16 \cdot \sin 4^{\circ} 22' \cdot \cos 3^{\circ} =$$

$$0,3 \cdot 23 \cdot 29,16 \cdot 0,062 \cdot 0,99 = 12,34 \text{ кг}$$

$$Q_{\text{гальм}} = 0,3 \cdot 23 \cdot 34,56 \cdot 0,062 \cdot 0,99 = 146 \text{ кг}$$

Момент холостого ходу M_X :

$$M_X = Z_{\text{расч}} P_H \sin \alpha (\sin (\lambda + p) - \sin (\lambda - p)) \frac{d_{\text{кв}}}{2}$$

$$M_X = 23 \cdot 34,56 \cdot 0,062 (\sin (3 + 0^{\circ} 40') - \sin (3 - 0^{\circ} 40')) \frac{6}{2} =$$

$$23 \cdot 34,56 \cdot 0,062 (5,49 \cdot 10^{-2} - 4,08 \cdot 10^{-2}) \cdot 3 = 2,06 \text{ кг см}$$

$$M_X = 23 \cdot 7,02 \cdot 0,062 (\sin (3 + 0^{\circ} 40') - \sin (3 - 0^{\circ} 40')) \cdot 3 = 0,42 \text{ кг см.}$$

2.4 Розрахунок і проектування шпиндельного вузла

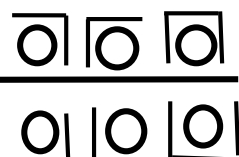
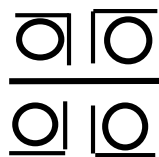
Діаметр консолі в передній опорі базового верстата 80 мм.

$$d_H = 80 \cdot 4000 = 3,2 \cdot 10^5$$

По значенню швидкісного параметра d_H вибираємо схему шпиндельного вузла:

Підп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. Инв. №	
Підп. и дата	
Инв. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист



$$d^n < 10^5 = 4 \text{ мм} \cdot \text{ХВ}^{-1}$$

$$\varepsilon_3 = 0,15 \dots 0,2$$

В передній і задній опорах будемо використовувати кулькопідшипники.

Визначаємо реакції в опорах і їх радіальну жорсткість.

Для спрощення розрахунків реакцій в опорах можна не визначати, а радіальну жорсткість можна визначити, скориставшись графіком залежності радіальної жорсткості підшипника від його діаметра.

При цьому враховуємо, що якщо в опору встановлюється два однакових підшипника, то для розрахунку береться подвоєна жорсткість $2 C_r$.

Радіальна жорсткість для одного підшипника рівна $C_r = 0,12 \cdot 10^3 = 120 \text{ Н}$

Звідси слідує, що радіальна жорсткість:

Передньої опори $C_{оп} = 0,12 \cdot 10^3 \cdot 3 = 360 \text{ Н/мм}$

Задньої опори $C_{оп} = 0,12 \cdot 10^3 \cdot 2 = 240 \text{ Н/мм}$

Визначаємо оптимальну міжопорну відстань.

Радіальне переміщення переднього кінця шпинделя:

$$Y = Y_{ш} + Y_{оп}$$

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. Ив. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Для $a = 80, l = 200\text{мм}$:

$$y_{\text{оп}} = 12250 \left[0,0028 \left(\frac{80(1-0,2)+200}{200} \right)^2 + 0,0042(1-0,2) \left(\frac{80}{200} \right)^2 \right] =$$

$$12250[0,0028*1,32^2+0,0042*0,8*0,4^2] = 12250*0,0054=66,35\text{мм}$$

Для $a = 100, l = 2,5*100=250\text{мм}$:

$$y_{\text{оп}} = 12250 \left[0,0028 \left(\frac{80(1-0,2)+250}{250} \right)^2 + 0,0042(1-0,2) \left(\frac{80}{250} \right)^2 \right] =$$

$$12250[0,0028*1,26^2+0,0042*0,8*0,3^2] = 58,60\text{мм}$$

Для $a = 150, l = 2,5*150=300\text{мм}$:

$$y_{\text{оп}} = 12250 \left[0,0028 \left(\frac{80(1-0,2)+300}{300} \right)^2 + 0,0042(1-0,2) \left(\frac{80}{300} \right)^2 \right] =$$

$$12250[0,0028*1,21^2+0,0042*0,8*0,2^2] = 53,21\text{мм}$$

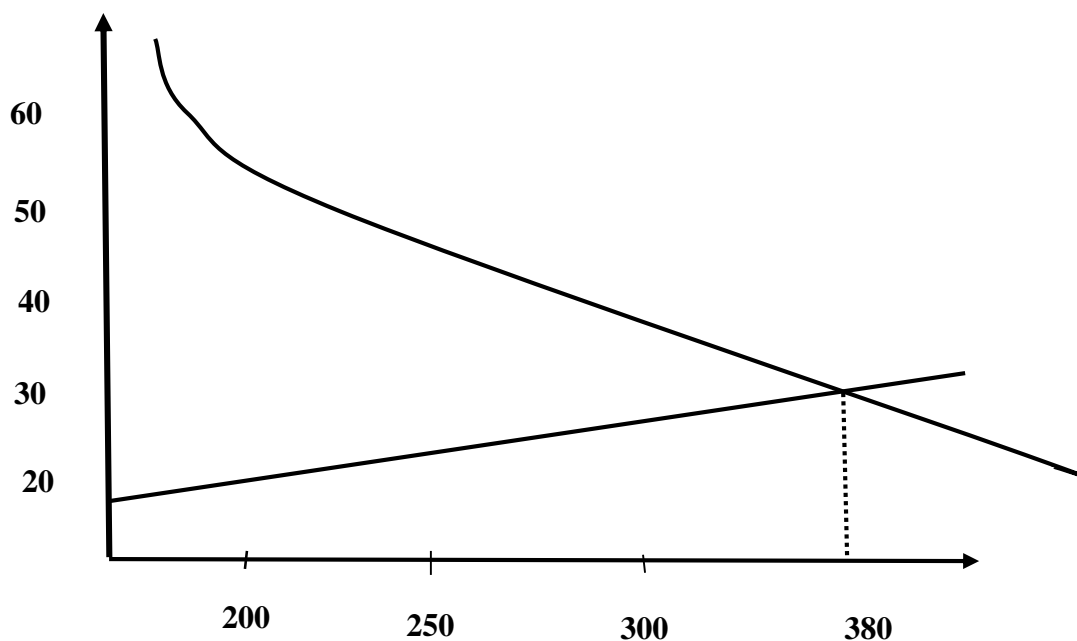
$$l_1 = 1/360 = 0,0028 = 2,8*10^{-3}\text{мкм/н}$$

$$l_2 = 1/240 = 0,0042 = 4,2*10^{-3}\text{мкм/н}$$

$$l_1 = 1/C_{\text{оп1}};$$

$$l_2 = 1/C_{\text{оп2}};$$

Будуємо графік, піддатливості має екстремум (точку прогину),
тобто при $l_{\min} (y_{\min})$ оптимальне значення $l_{\text{оп}}$:



Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Виходячи з критерію мінімального радіального биття конуса шпинделя повинно бути $l \geq 2,5a$. Тому, якщо $l_{\text{опт}} < 2,5a$, то приймають для подальших розрахунків $l = 2,5a$. Якщо вийшло $l_{\text{опт}} \geq 2,5a$, то для подальших розрахунків приймають $l = l_{\text{опт}}$.
Приймаємо $l = 380\text{мм}$, $l_{\text{опт}} \geq 2,5a$.

Визначаємо радіальне переміщення переднього конуса шпинделя:

$$Y = Y_{\text{ш}} + Y_{\text{оп}} = 0,02 + 0,0053 = 0,0253\text{мм}.$$

Визначаємо радіальне переміщення, викликане вигином шпинделя:

$$y_{\text{ш}} = \frac{12250 * 80^2}{3 * 2 * 10^5} \left(\frac{80}{3115982,93} + \frac{1 - 0,2}{1534529,78} \right) = 0,020\text{мм}$$

Визначаємо радіальну жорсткість шпиндельного вузла.

Для цього ми повинні зрівняти наше радіальне переміщення переднього конуса шпинделя з допустимим, яке рівне $[y] = 0,0001L$.
 $[y] = 0,0001L = 0,0001 * 380 = 0,038\text{мм}$

За умовою $y \leq [y]$; $0,020 \leq 0,038$ – умова виконується.

Визначаємо радіальне биття передньої δ_A і задньої δ_B опори:

$$\delta_A = \frac{D}{6(1 + \frac{a}{l})} = \frac{0,005}{6(1 + \frac{150}{380})} = \frac{0,005}{8,37} = 0,0006$$

$$\delta_B = \frac{D}{6\frac{a}{l}} = \frac{0,005}{6 * \frac{150}{380}} = \frac{0,005}{2,34} = 0,002$$

D – допуск на радіальне биття конуса шпинделя.

Визначаємо властивості шпиндельного вузла.

Розрахунок здійснюється приблизно по формулі:

$$\lambda_{\text{ш}} = 0,5 \frac{\Psi_1 \Psi_2 l^2}{a^2 \Psi_1 + \Psi_2 (l + a)^2}, \text{де}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата					Лист
	Инв. № дубл.					
	Взам. Инв. №					
	Подп. и дата					
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Ψ_1 і Ψ_2 – відносне розсіювання енергії відповідно в передній і задній опорах.

При цьому враховуємо, що при установці в опорі кількох підшипників відносне розсіювання Ψ дорівнює сумі значень Ψ_0 кожного підшипника.

$$\Psi_1 = 0,21 + 0,21 + 0,21 = 0,63$$

$$\Psi_2 = 0,21 + 0,21 = 0,42$$

$$\lambda_{ш} = 0,5 \frac{0,63 * 0,42 * 380^2}{150^2 * 0,63 + 0,42(380 + 150)^2} = 0,5 \frac{38208,24}{132153} = 0,14$$

Визначаємо власну частоту шпинделя.

Наближений розрахунок власної частоти шпинделя, що немає великих зосереджених мас, можна визначити за формулою:

$$\omega_c = \gamma \sqrt{\frac{E * J_1}{m + (1 + \lambda)^3 a^2}}, \text{де}$$

$$\lambda = \frac{l}{a} = \frac{380}{150} = 2,5$$

$$\gamma = 2,3$$

m – маса шпинделя

$$\omega_c = 2,3 \sqrt{\frac{2 * 10^5 * 1534529,78}{20(1 + 2,5)^3 150^2}} = 2,3 \sqrt{15858} = 2,3 * 126 = 289,8 \text{ с}^{-1}.$$

2.5 Розрахунок зусилля , що розвивається застикною пружиною маніпулятора

Підйом руки робота. Відриваюча сила

$$R_Z = G(1 + \frac{a_n}{g}), \text{де}$$

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. Ив. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

G – всі заготовки

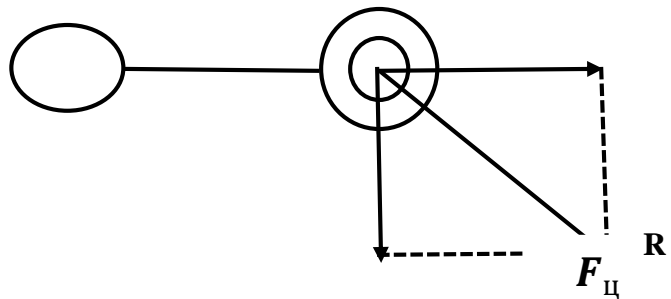
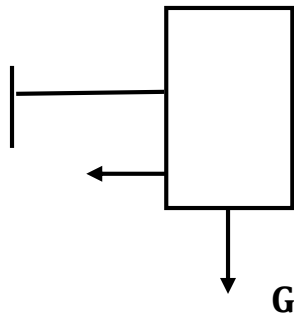
g – прискорення вільного падіння

a_n – прискорення підйому заготовки, $a_n = 4 \text{ м/с}^2$

$$G = \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) * h * \gamma = \left(\frac{3,14 * 50^2}{4} \right) * 93 * 7,8 * 10^{-2} = 1962,5 \text{ Н}$$

$$R_Z = 1962,5 \left(1 + \frac{4}{9,8} \right) = 2762,5 \text{ Н}$$

Поворот ручки в горизонтальній площині



Сила інерції
 $F_{\text{ц}}$

$$F_{\text{ін}} = \frac{G \varepsilon r}{g} \quad F_{\text{ін}}$$

r – радіус від осі обертання до центру інструмента, $r = 158 \text{ мм}$

ε – кутове прискорення, $\varepsilon = 12 \text{ рад/с}^2$

ω – кутова швидкість обертання схвата маніпулятора, $\omega = 1,57 \text{ рад/с}$

$$F_{\text{ін}} = \frac{1962,5 * 12 * 158}{9,8} = 379683,6 \text{ Н}$$

Відцентрова сила:

Підп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. Инв. №	
Підп. и дата	
Инв. № подл.	

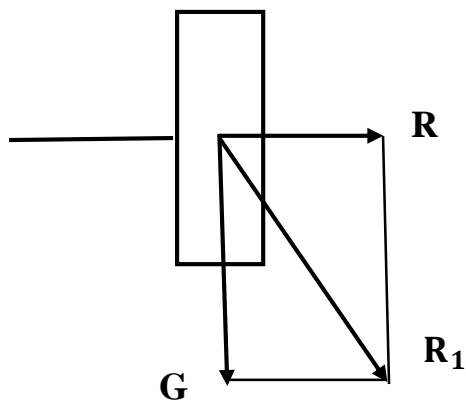
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

$$F_{\text{ін}} = \frac{G\omega^2 r}{g}$$

$$F_{\text{ін}} = \frac{1962,5 * 1,57^2 * 158}{9,8} = 77988,2 \text{ Н}$$

Рівнодіюча:

$$R = \sqrt{F_{\text{ін}}^2 + F_{\text{ц}}^2} = 387404,18 \text{ Н}$$



$$R_1 = \sqrt{R^2 + G^2} = 387303,3 \text{ Н}$$

Виконано розрахунок за контактними напрямками.

При утриманні деталі трьома зусиллями, діючі в місцях контакту з ЗУ дуже значні, можуть привести до пошкоджень поверхності ріжучого інструмента або затискних губок.

Умова міцності по контактним має вигляд:

$$G_k = 0,418 \sqrt{\frac{2 * R * E_{kp}}{L_r * d}} \leq [\sigma_k]$$

Наведений модуль міцності для матеріалів інструмента і губок ЗУ дорівнює $1,04 * 10^{11} \text{ Н/м}^2$.

З умови міцності визначаємо мінімальну ширину губок ЗУ:

Підп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. Инв. №	
Підп. и дата	
Инв. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Більшість приладів фірми HEIDENHAIN використовують фотоелектричний спосіб зчитування, який реалізується без контакту і виключає зношування робочих елементів. Цей спосіб дозволяє розпізнавати штрихи шириною в декілька мікрометрів та генерувати сигнали з дуже малим періодом. Використовуються два методи зчитування: метод відображення для періодів штрихів шкали від 20мкм до 40мкм та інтерферентний метод для дуже малих періодів штрихів.

Метод відображення в спрощеному вигляді – це генерація сигналу на основі значень світло-тінь..

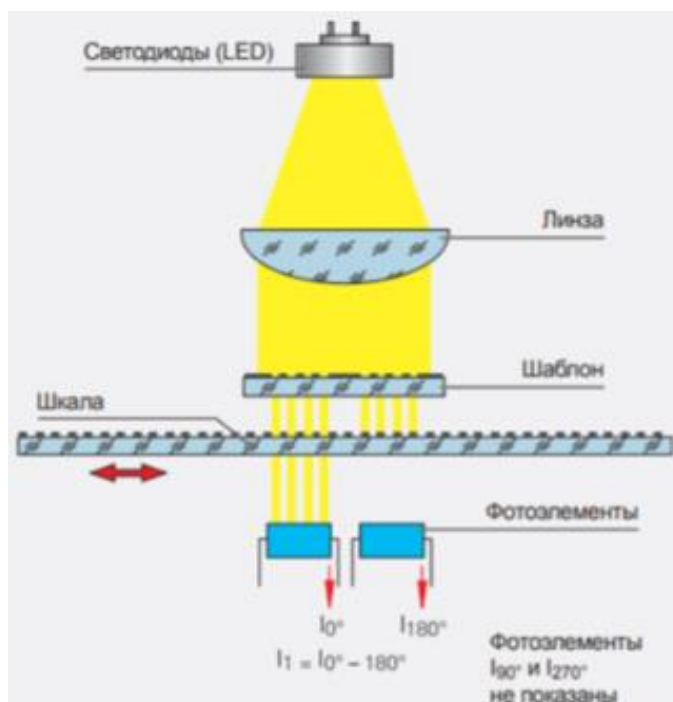


Рис.2.6 Схематичне зображення зчитування методом відображення
Дві шкали із штрихами одного або схожого періоду (шкала і шаблон) рухаються одна відносно іншої. Носій штрихів шаблону виготовляється із прозорого матеріалу, а носій самої шкали також може бути прозорим або мати металічну рефлектувальну поверхню

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Після проходження паралельних променів світла від світлодіодів через фокусуючи лінзу і шаблон створюється відповідна світло-тіньова послідовність. Потім промені, що пройшли через шаблон, попадають на шкалу. При переміщенні шаблону вздовж шкали штрихи на шаблоні можуть співпадати зі штрихами на шкалі, створюючи на виході в місцях просвітів «світло». Якщо ж штрихи накладаються на просвіти, то на виході створюється тінь. Ряд фотоелементів перетворює цей світловий сигнал в електричний. Штрихи на шаблоні структуровані спеціальним методом завдяки чому вони фільтрують світловий потік таким чином, щоб він наближався до синусоїдальної форми.

Чим менша відстань між штрихами тим меншою і точнішою повинна бути відстань між шкалою та зчитувальним елементом.

На методі відображення працюють датчики лінійних переміщень LC, LSta LB.

Інтерферентний метод зчитування заснований на дифракції та інтерференції світла при проходженні його крізь прецизійні штрихи. Із отриманого сигналу розраховують величину переміщення.

Шкалою слугує дифракційна ступінчаста решітка, яка виготовляється нанесенням рефлектуючих штрихів висотою 0,2мкм на рефлектуючу поверхню.

При попаданні світлової хвилі на шаблон вона розділяється на три хвилі: 1; 0 та -1 порядків з відносно однаковою інтенсивністю. Від шкали з фазовою решіткою вони відбиваються таким чином, що найбільша інтенсивність у хвиль 1 та -1 порядків. Ці хвилі знову зустрічаються на шаблоні та, накладаючись одна на іншу, огинають

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. Ив. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист

його штрихи. При цьому створюються дві групи хвиль, які покидають шаблон під різними кутами. Фотоелементи перетворюють інтенсивність хвиль в електричний сигнал.

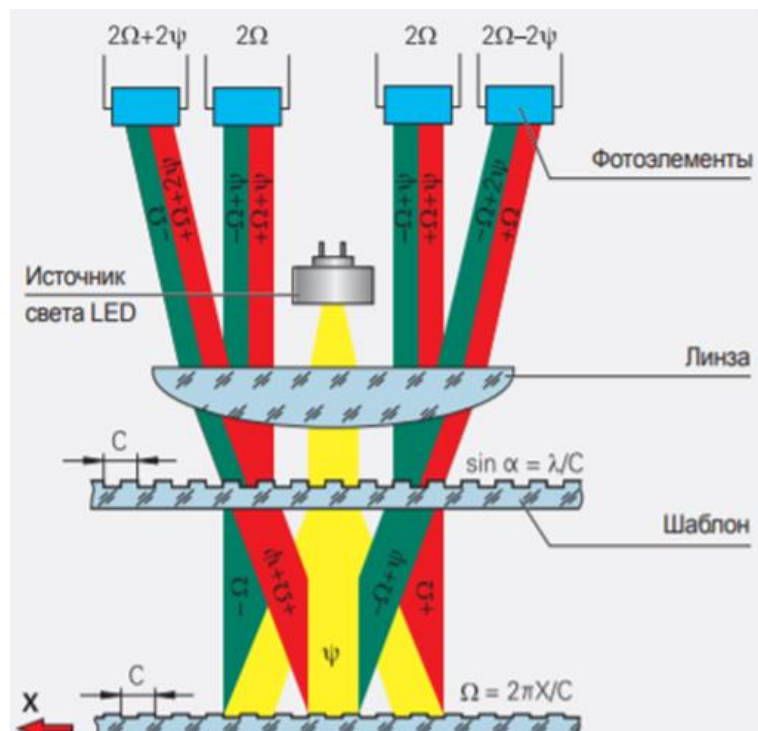


Рис. 2.6.1 Оптична схема інтерферентного методу зчитування (с – період шкали; ψ – зміщення фази світлової хвилі при проходженні через шаблон; Ω – зміщення фази світлової хвилі при переміщенні шкали вздовж вісі)

При переміщенні шаблону відносно шкали на один період фронт хвилі першого порядку зміщується на одну довжину хвилі в плюс, а фронт хвилі -1 порядку на одну довжину хвилі в мінус. Оскільки ці дві хвилі інтерферують після шаблону, то їх зміщення досягає двох довжин хвиль. Таким чином отримують два періоди сигналу при одному відносному зміщенні на один період.

Прилади з інтерферентним методом зчитування працюють найчастіше зі шкалами, період яких складає 8мкм та 4мкм.

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Датчики лінійного переміщення, що використовують інтерферентний метод, позначаються LF.



Рис.2.6.2 Датчики лінійних переміщень закритого типу фірми HEIDENHAIN

При визначенні точності вимірювання розрізняють похибку шкали, що віднесена до всієї довжини шкали та похибку, що віднесена до одного періоду сигналу.

Похибка вимірювання, що віднесена до всієї довжини шкали використовується при визначенні точності лінійних датчиків закритого типу, яка задається в класах. Вони мають наступне визначення: Граничні значення $\pm F_{\text{кривої}}$ похибки вимірювань для будь-якого шляху вимірювання (максимум 1м) знаходиться в межах класу точності $\pm a$.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист



Рис. 2.6.3 Похибка вимірювання a , що віднесена до всієї довжини шкали

В закритих лінійних датчиках ці величини задаються для всієї вимірювальної системи, що включає і зчитувальну головку. Вони називаються точністю системи і визначаються при заключному контролі датчика та заносяться в протокол вимірювань.

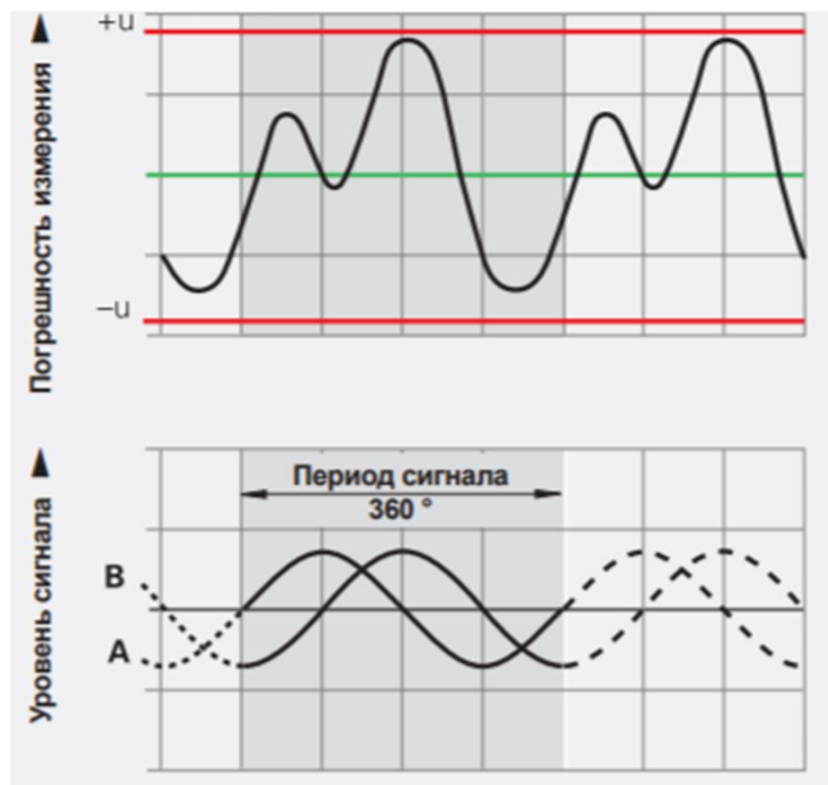


Рис. 2.6.4 Похибка вимірювання u , що віднесена до одного періоду сигналу

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

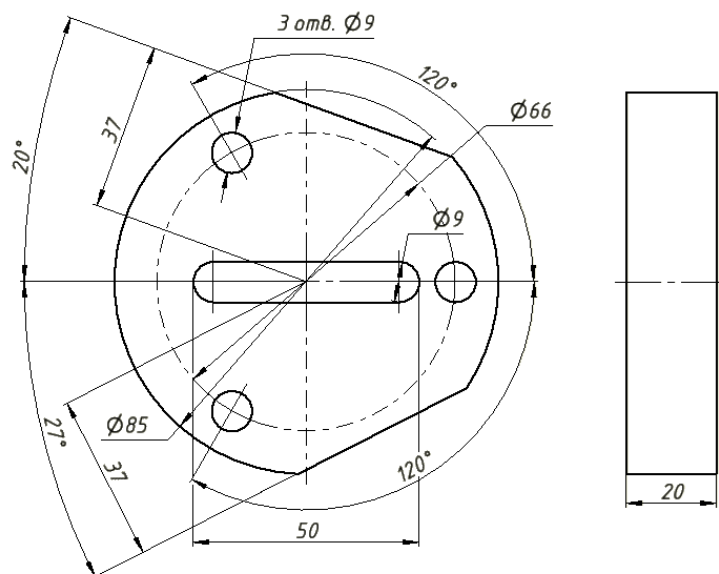
Похибка вимірювання, що віднесена до одного періоду сигналу, визначається як величиною періоду шкали так і якістю штрихів та засобів зчитування. В будь-якій точці вимірювання вона не перевищує $\pm 2\%$, а для датчиків лінійних переміщень LCтаLSне перевищує $\pm 1\%$.

Похибка вимірювання зменшується зі зменшенням періоду сигналу шкали. Так для датчиків LF з періодом сигналу 4мкм вона складає $\pm 0,08\text{мкм}$, для датчиків LCтаLSз періодом сигналу 20мкм – $\pm 0,2\text{мкм}$, а для датчиків LBз періодом сигналу 40мкм - $\pm 0,8\text{мкм}$.

Перевірка лінійних датчиків переміщення виконується при нормальній температурі $\pm 20^\circ$. Обов'язково вказується діапазон температур, при яких датчик зберігає точність вимірювання.

Для нашого верстату використовуємо лінійний датчик закритого типу, який забезпечує точність переміщення в межах $+0,05-0,08\text{мкм}$, що дозволяє суттєво підвищити точність позиціонування робочих органів верстату.

Завдання



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Програма складається з 25 кадрів,
де використовується 3 інструмента.
Час обробки склав 20 хвилин.

Програма

```

0 BEGIN PGM PROGA MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-45 Y-45 Z-20
2 BLK FORM 0.2 X+45 Y+45 Z+0
3 TOOL CALL "MILL_D10_ROUGH" Z S4618 F416
4 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX M3
5 L X+0 Y+0 Z+5 FMAX
6 CYCL DEF 257 CIRCULAR STUD ~
  Q223=+85 ;DIAM.GOTOWOJ DETALI ~
  Q222=+128 ;DIAMETR ZAGOTOWKI ~
  Q368=+1 ;PRIPUSK NA STORONU ~
  Q207=+500 ;PODACHA FREZER. ~
  Q351=+1 ;TIP FREZEROWANIA ~
  Q201=-20 ;GLUBINA ~
  Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~
  Q206=+3000 ;PODACHA NA WREZANJE ~
  Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
  Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~
  Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
  Q370=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~
  Q376=-1 ;UGOL NACHAL.TOCHKI
7 L X+0 Y+0 Z+0 FMAX M99
8 L X+60 Y+0 Z-20 RR F416
9 L Y+17.536
10 L X-60 Y+61.213
11 L Y-72.098
12 L X+60 Y-10.955
13 L Z+10 R0
14 TOOL CALL "MILL_D6_ROUGH" Z S4618 F416
15 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX
16 L X+0 Y+0 Z+5 FMAX
17 CYCL DEF 253 FREZEROWANIE PAZOW ~
  Q215=+0 ;OBRABOTKA ~
  Q218=+50 ;DLINA PAZA ~
  Q219=+8 ;SCHIRINA KANAWKI ~
  Q368=+1 ;PRIPUSK NA STORONU ~

```

Инв. № подл.	Подп. и дата	Лист
	Инв. № дубл.	
	Взам. Инв. №	
	Подп. и дата	
	Инв. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

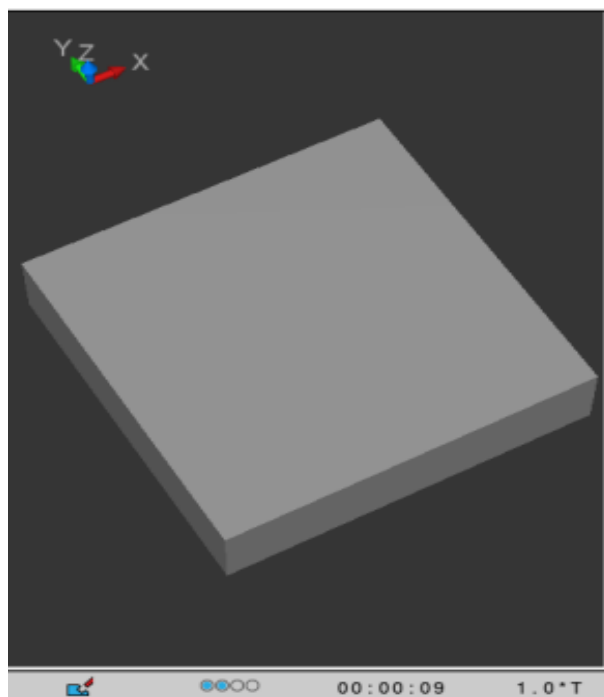
Q374=+0 ;UGOL POWOROTA ~
 Q367=+0 ;POLOSHENJE PAZA ~
 Q207=+500 ;PODACHA FREZER. ~
 Q351=+1 ;TIP FREZEROWANIA ~
 Q201=-20 ;GLUBINA ~

 Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~
 Q369=+0 ;PRIPUSK NA GLUBINU ~
 Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~
 Q338=+0 ;WREZ. CHISTOW.OBR. ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q366=+2 ;TIP VREZANIYA ~
 Q385=+500 ;PODACHA CHIST. OBRABOTKI ~
 Q439=+3 ;FEED RATE REFERENCE
 18 L X+0 Y+0 Z+5 FMAX M3 M99
 19 L X+0 Y+0 Z+50 FMAX
 20 TOOL CALL "DRILL_D9" Z S2420 F1089
 21 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX
 22 L X+0 Y+0 Z+50 FMAX
 23 CYCL DEF 200 SWERLENIJE ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q201=-21 ;GLUBINA ~
 Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~
 Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~
 Q210=+0 ;WYDER. WREMENI WWER. ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~
 Q395=+1 ;DEPTH REFERENCE
 24 CYCL DEF 220 OBRAZEC KRUG ~
 Q216=+0 ;1-AJA KOORD.CENTRA ~
 Q217=+0 ;2-JA KOORD.CENTRA ~
 Q244=+66 ;DIAMETR OBRAZUJ. ~
 Q245=+0 ;UGOL NACHAL.TOCHKI ~
 Q246=+360 ;UGOL KONECHN. TOCHKI ~
 Q247=+0 ;SCHAG UGLA ~
 Q241=+3 ;CHISLO POWTORENIJ ~
 Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
 Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~
 Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
 Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU ~
 Q365=+0 ;WID PEREMESCHENJA
 25 END PGM PROGA MM

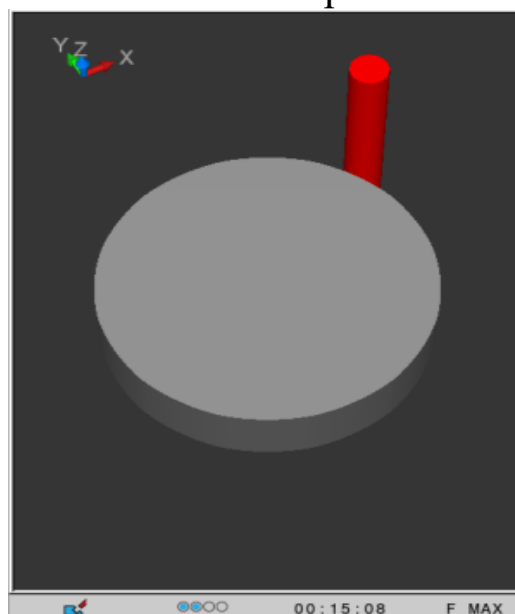
Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Заготовка
Режим: 90х90х20



Фрезерування шайби
Інструмент: фреза кінцева Ø10мм. Подача F=416 мм/хв. Шв.
різання
V=146 м/с. Частота оберт. n=4618 об/хв.



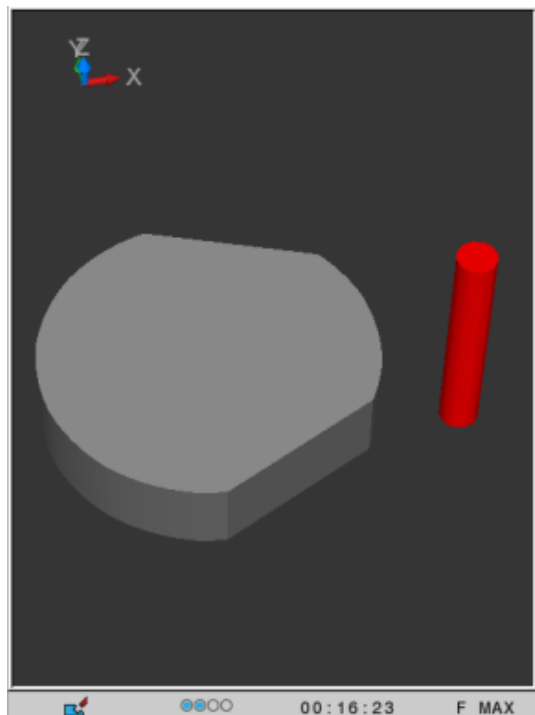
Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Фрезерування площин

Інструмент: фреза кінцева Ø10мм. Подача F=416 мм/хв Шв. різання

V=146 м/с. Частота оберт. n=4618 об/хв



Фрезерування пазу

Інструмент: фреза кінцева Ø6мм. Подача F=416 мм/хв. Шв. різання

V=146м/с. Частота оберт. n=4618 об/хв



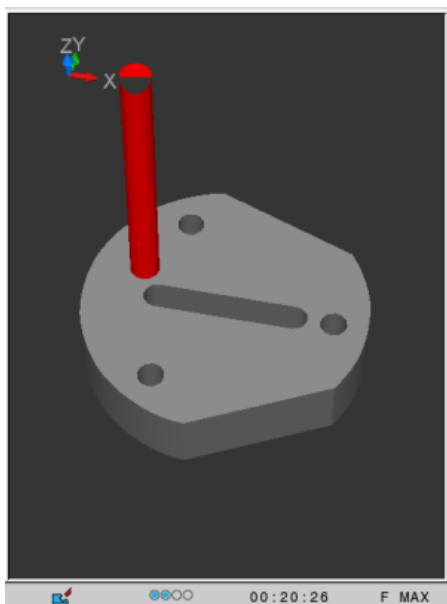
Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

Свердління отворів

Інструмент: свердло Ø9мм. Подача $F=1089$ мм/хв. Шв. різання $V=76$ м/с.

Частота оберт. $n=2420$ об/хв



2.7 Аналіз напружень шпинделя верстата з використанням модулю Autodesk Inventor для оцінки податливості шпиндельного вузла

З метою виконання перевірного розрахунку конструкції використовують метод скінчених елементів в Autodesk Inventor, визначаємо адекватність характеристик вимогам стандарту і вносимо зміни до конструкції з метою покращення жорсткості шпиндельного вузла.

Індивідуальне завдання – шпиндель вертикально-фрезерного напівавтомату ЛФ260МФЗ.

Формування розрахункової моделі

1. Спрощення моделі

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

-
- A 3D schematic diagram of a linear motor assembly. The assembly consists of a long, dark grey stator core with two parallel grooves for windings. A central rotor assembly is shown, featuring a yellow cylindrical body with a red ring and a blue ring. The rotor is mounted on a white base. The entire assembly is supported by a yellow base structure. The diagram is presented in a perspective view, showing the length of the motor.

1.1. Формування розрахункової схеми

1. Сили різання, прикладені до зуба фрези:

$$F_z = 1700 \text{ Н}; F_y = 850 \text{ Н}; F_x = 510 \text{ Н}; (F_{\Sigma} = 1968 \text{ Н}).$$

2. Крутний момент, прикладений до шпонки $M_{кр} = 34 \text{ Нм}$.

1.2. Налаштування опор

В розрахунковій моделі були задані опори: «Опора» - до циліндричних поверхонь зовнішніх кілець радіально-упорних кулькових підшипників.

1.3. Налаштування геометрії сітки

Були внесені зміни в геометрію сітки з метою пониження надмірної деталізації шариків підшипників, підвищення грубої деталізації шпинделя. На рис. 3 зображені лінії сітки, жовтими стрілками – сила та крутний момент, білими піктограмами – опори.

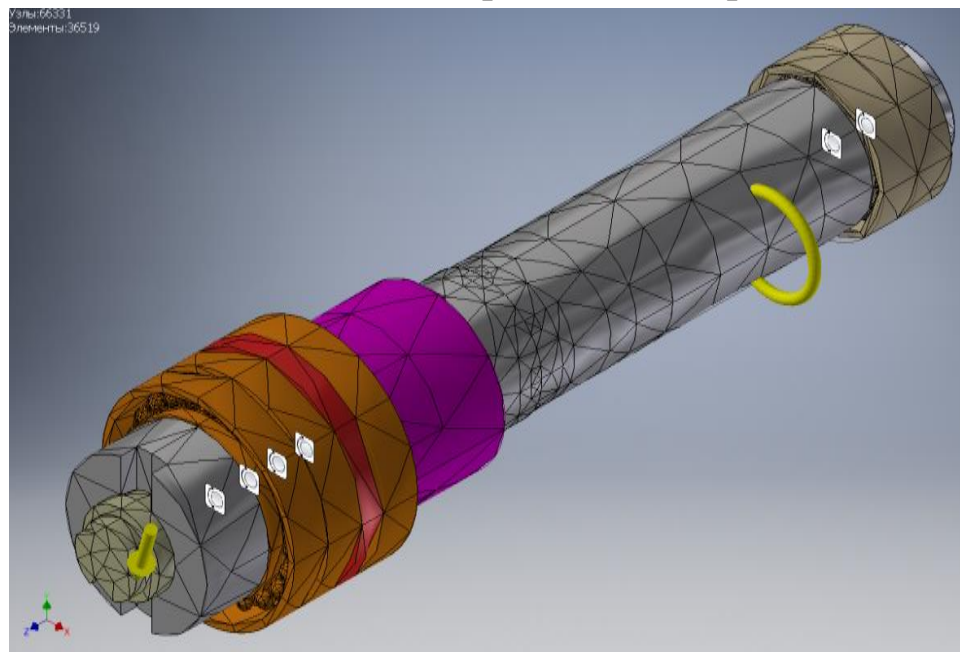


Рис. 2.7.1 Вигляд моделі

1.4. Налаштування контактів

Автоматично створені контакти були розбиті по групам, що відповідають характеристикам взаємодій поверхонь відповідних тіл:

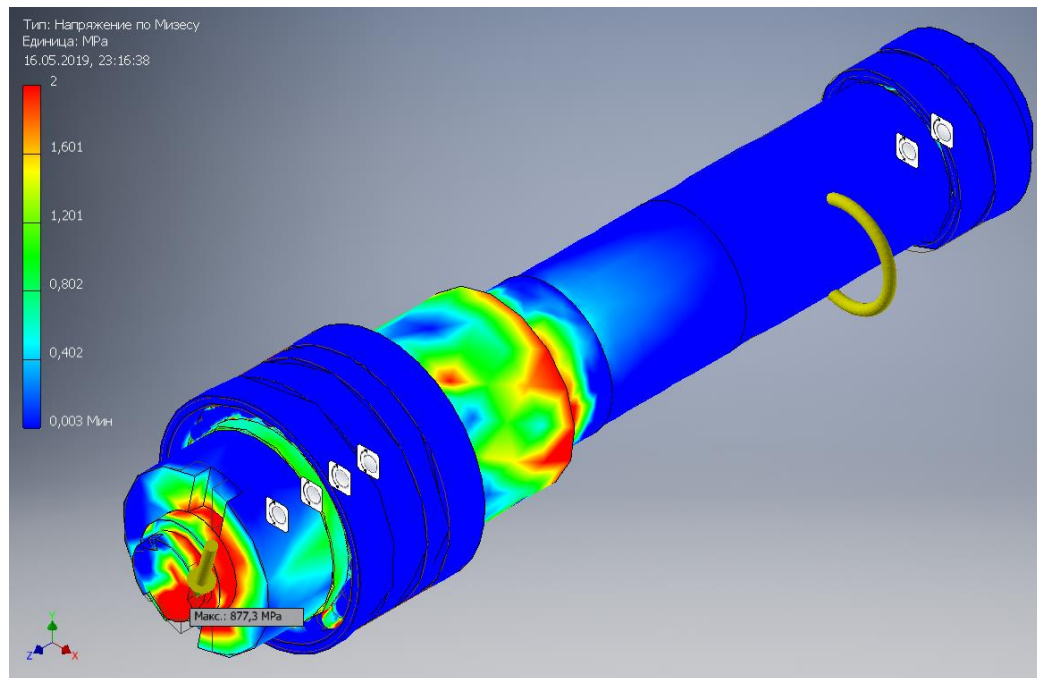
Инов. № подл.	Подп. и дата	Инов. № дубл.	Подп. и дата	Взам. Инов. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

1. «Гаряча посадка з ковзанням» – вал з внутрішніми циліндричними поверхнями кілець підшипників.
2. «Розділення» – торці кілець підшипників.
3. «Зв'язані» – з'єднані різьбою гайка з валом.
4. «Ковзання без розділення» – поверхні кульок з пазами кілець підшипників.

Результати моделювання

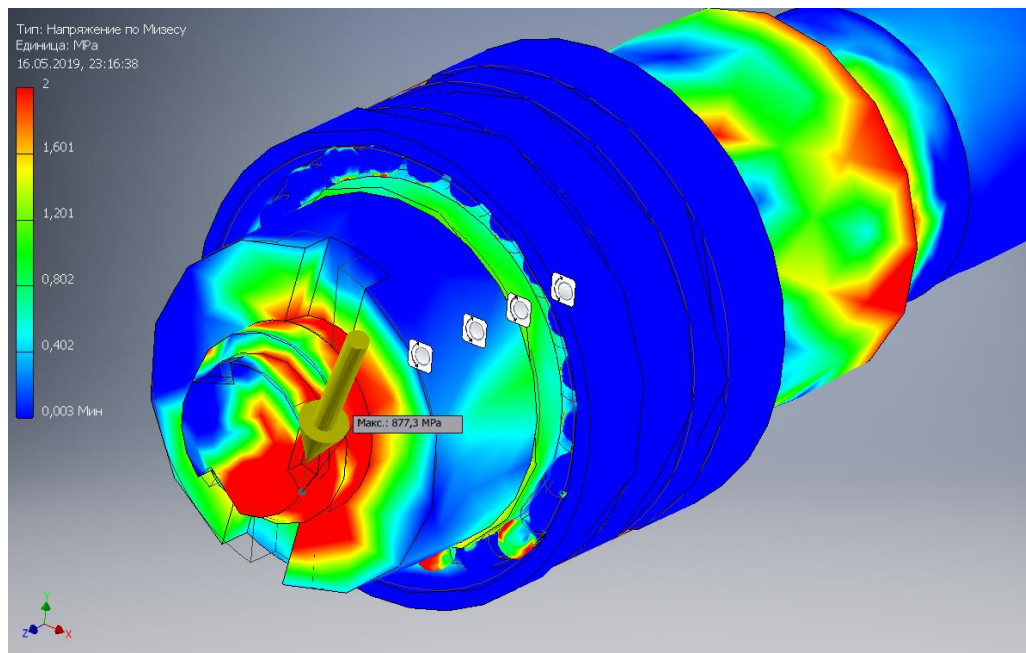
Результати моделювання наведені на рис.2.7.2,2.7.3



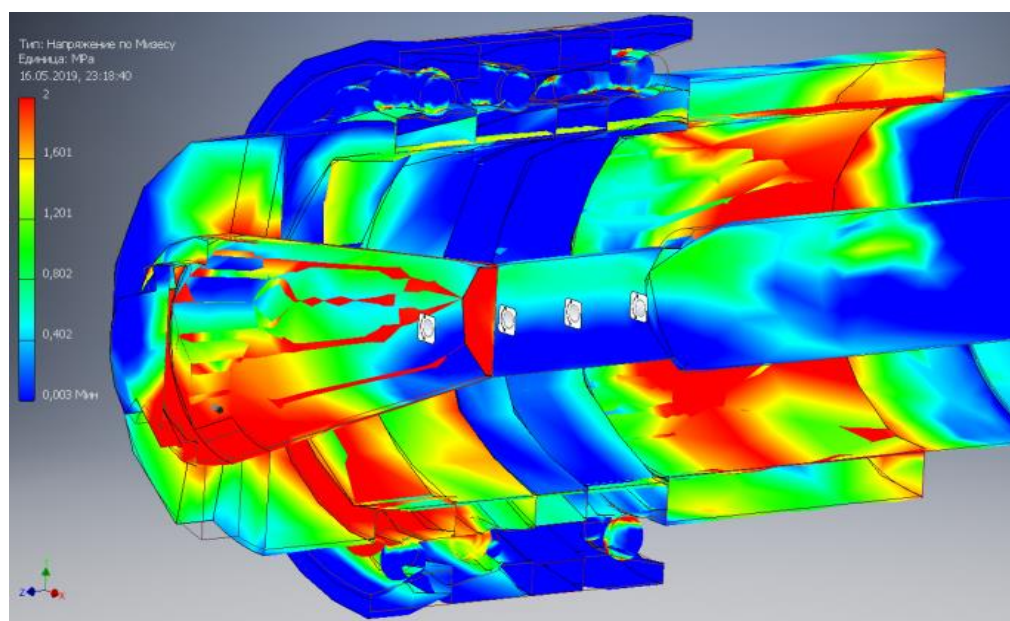
а) Загальний розподіл напружень

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	
Инов. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата



б) Передній кінець шпинделя



в) Кільця та шарики підшипників

Рис. 2.7.2 Розподіл напружень на різних ділянках моделі

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	
Инов. № подл.	

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

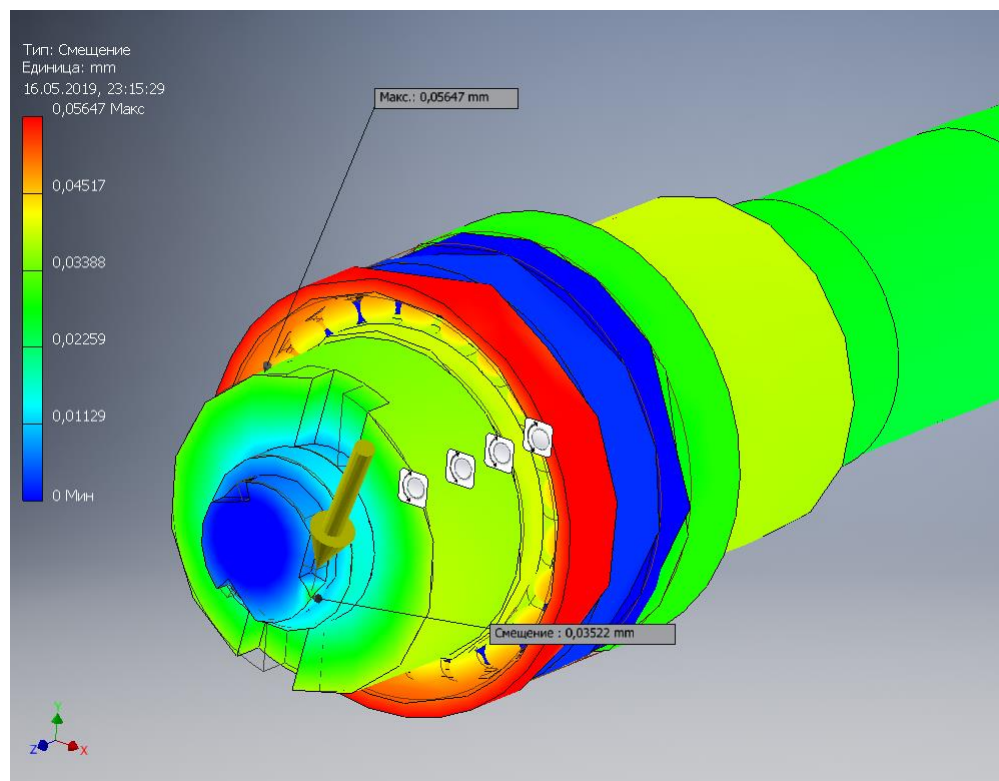


Рис.2.7.3 Сумарне зміщення

Величини зміщення зубця фрези: $\Delta_{\Sigma} = 36$ мкм; $\Delta_z = 35$ мкм; $\Delta_y = 3$ мкм. За ними можна оцінити теоретичну точність обробки.

Значення податливості пружної системи:

$$\delta_{\Sigma} = \frac{\Delta_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{36 \text{ мкм}}{1.968 \text{ кН}} = 18.29 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}};$$

$$\delta_z = \frac{\Delta_z}{F_z} = \frac{35 \text{ мкм}}{1.7 \text{ кН}} = 20.59 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}};$$

$$\delta_y = \frac{\Delta_y}{F_y} = \frac{3 \text{ мкм}}{0.850 \text{ кН}} = 3.53 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}}.$$

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата
Инов. № подл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ВИСНОВОК

В ході дипломного проектування виконані заходи по підвищенню точності і технічних характеристик верстата мод. ЛФ260МФЗ.

У верстаті базової моделі застосовувалося безступінчасте регулювання приводу головного руху з діапазоном частот 31,5...1600 об/хв.

В результаті кінематичного аналізу приводу головного руху була підвищена максимальна частота обертання шпинделя з 1600 об/хв до 4000 об/хв. Відповідно швидкість різання при максимальному діаметрі фрези $d=100\text{мм}$ збільшилася з 500 м/хв до 1250 м/хв. Для забезпечення частоти обертання 4000 об/хв змінено конструкцію приводу головного руху і компоновку шпинделя, пропонується застосувати хрестовий стіл, який має електропривід по кожній координаті від високомоментних двигунів і тягова ланка у вигляді кулькової гвинтової передачі. Виконаний розрахунок приводу поздовжньої передачі, передачі гвинт – гайка кочення.

Верстат оснащений маніпулятором для зміни інструмента, що включає механізм підйому та повороту.

Розраховано зусилля, що розвивається затискною пружиною в ПЗ.

Затисний пристрій відноситься до не приводних.

Було використано лінійний датчик закритого типу, який забезпечує точність переміщення в межах $\pm 0,05-0,08\text{ мкм}$, що дозволяє суттєво підвищити точність позиціонування робочих органів верстату.

Мною були використані можливості Autodesk Inventor з розрахунку збірок методом скінченних елементів; була проаналізована

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. Инов. №	Инов. № дубл.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист
-----	------	----------	-------	------	------

податливість шпиндельного вузла верстата ЛФ260МФ3, а саме –
зміщення вершини зубця фрези при типовому режимі обробки.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. Инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

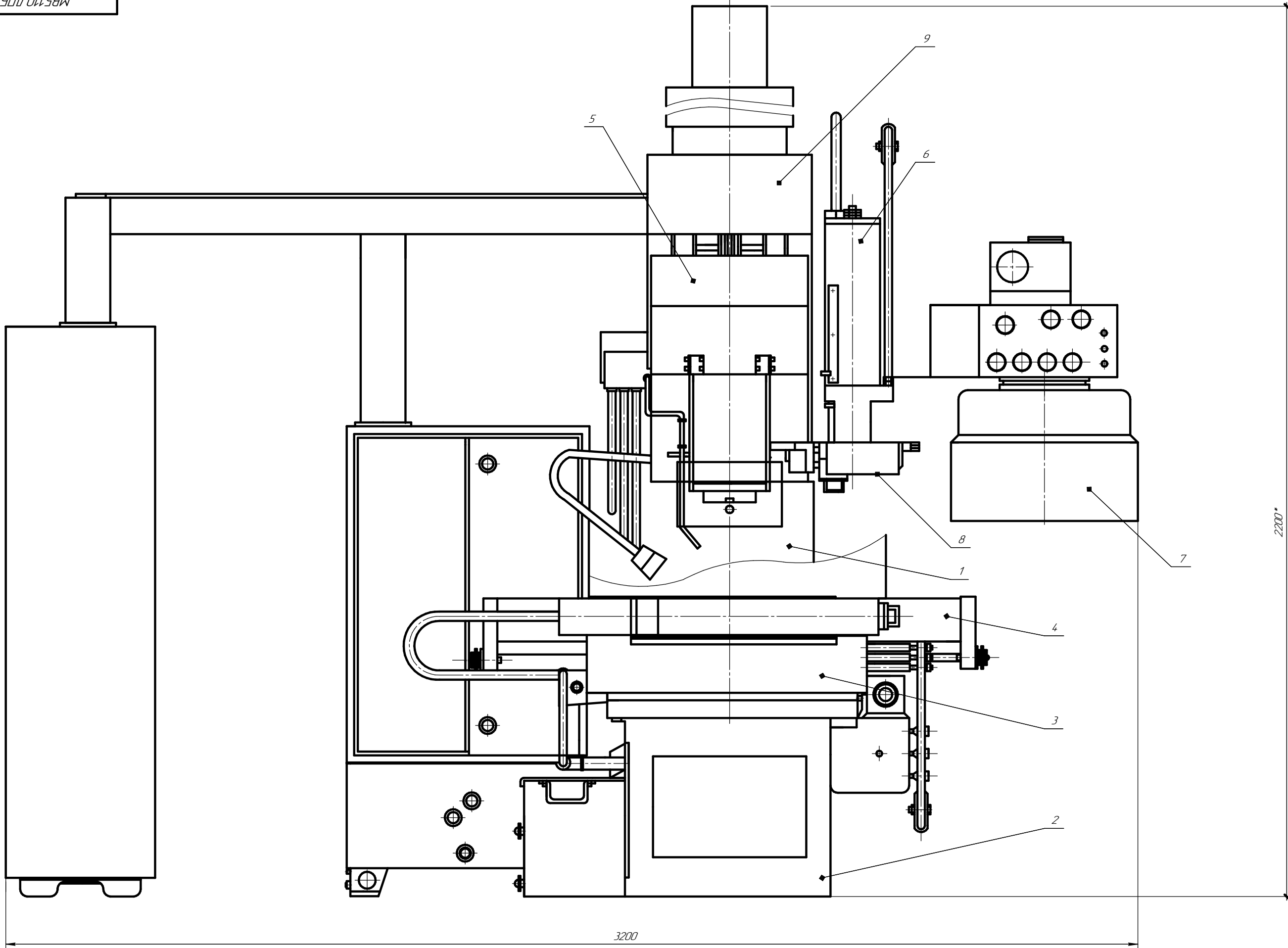
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		Лист

Список літератури

1. Справочник технолога – машиностроителя. Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. 4-е изд. перераб. и доп. –м: Машиностроение 1985г.
2. Детали машин: учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов / Д.Н. Решетов.-м: Машиностроение,1989 г.-315 с.
3. Методические указания и контрольные задания по курсу «Металлорежущие станки» /сост. Кузнецов Ю.Н., В.Н. Гурко, В.Н. Романов Киев: КПИ,1987г.-32с.
4. Концепция конкурентоспособных станков – Л: Машиностроение,1990г.-247с.
5. Станки с ЧПУ/ В.А. Лещенко, Н.А. Богданов, Н.В. Вайнштейн под ред. Лещенко -2е изд., - м: Машиностроение,1988г. – 568с.
6. Конструкция и наладка станков с ЧПУ и роботизированных комплексов: Учебн. пособие для ПТУ/ Л.Н. Грачев, В.Л. Косовский, А.Н. Новиков – 2е изд.
7. Справочник Фрезеровщика:/В.А. Блюмберг.-Л: Машиностроение,1984г.-288с.
8. Детали и механизмы металлорежущих станков.Т.2/Кол.авт.под ред.Решетова:Машиностроение,1972г.-520с.
9. Справочник конструктора – машиностроителя в 3-х т./ В.И. Анурьев.5е изд,переб.и доп. М: Машиностроение.1979г.-557с.
10. Схваты промышленных роботов/И.Б. Чумаков. Л: Машиностроение, 1989г.-287с.
11. Детали и механизмы роботов: основы расчета, конструирования и технологии производства: учебное пособие/Р.С. Веселков и др. К: Высшая школа.1990г.-343с.
12. Оптимізація вузлів і деталей верстатів та машин за допомогою модуля "Анализ напряжений" Autodesk Inventor: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.М. Гейчук, К.М. Рудаков. – К.: НТУУ "КПІ", 2016. – 176 с.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. Ив. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

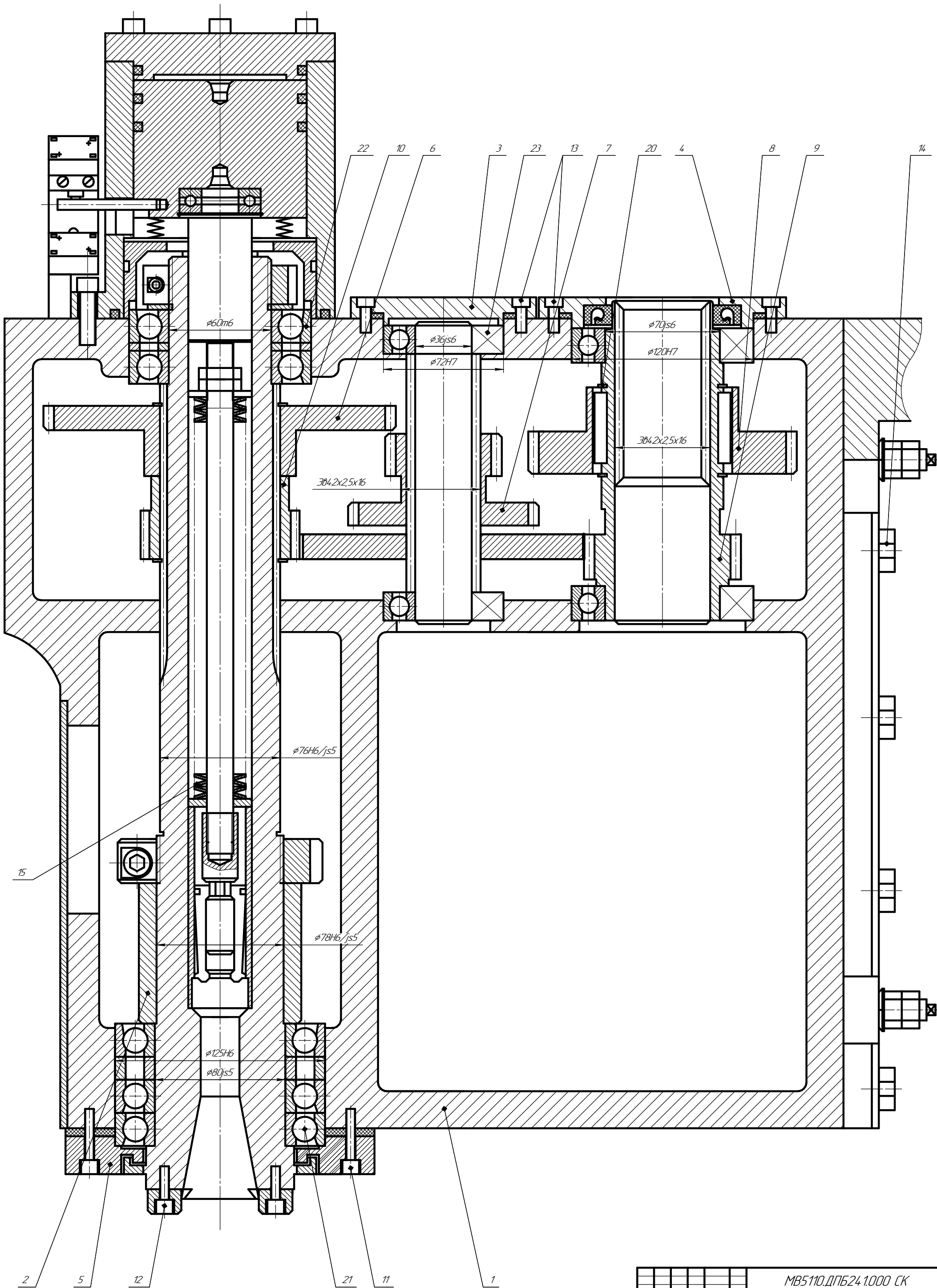


						MB5110.ДПБ201000 3В		
						Вертикально-фрезерний верстат		
						мод. /Ф260МФЗ		
						Загальний вигляд		
						Станд.	Маса	Масштаб
						11В		1
						Лист 1	Листов 2	
						КПІ ім. І. Сікорського		
						ММІ, гр. МВ-51		
						Формат А1		

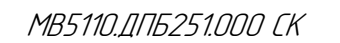
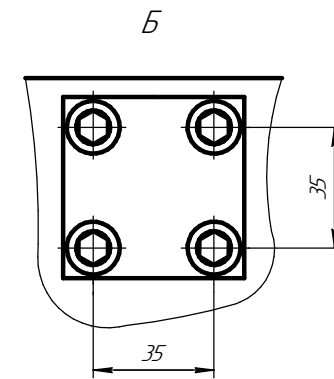
2200*

3200*



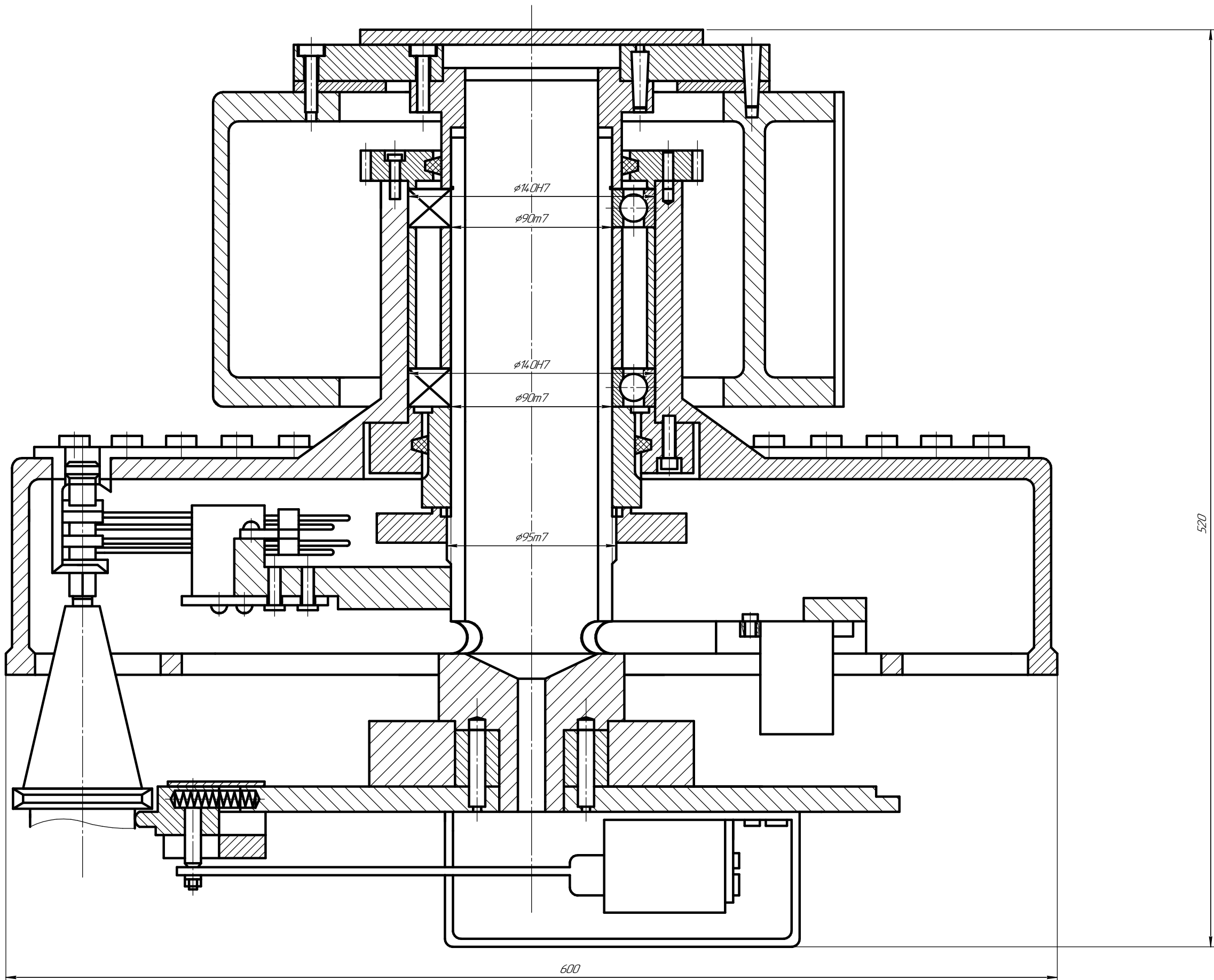


						МВ5110.ДПБ24.1000 СК			
Изм.	Корп.	Лист	МРЗж	Лист	Лист	Вертикально-фрезерный верстат мод. ЛФ260МФЗ Шпиндельный вузол Складальный кресленик	Стадия	Масса	Масштаб
Разраб.							ИВ	200	1:1
Перед.							Лист	Листов	1
Г. контр.							КПІ ім. І. Сікорського, ММІ, гр. МВ-51		
Н. контр.							Формат А1		
Затв.									



Вертикально-фрезерний верстат мод. ФР260МФЗ Маніпулятор Складальний кресленник	Стандія	Масса	Масштаб
	11В	20	1:1
	Лист	Листа	1

Лист	Листов	1
КПІ ім. І. Сікорського, ММІ, гр. МВ-51		



						MB5110.ДПБ162.000 СК		
						Вертикально-раздвижной дверстат мод. 1Р260МФЗ Магазин Складальный кресленник		
						Сталь	Масса	Масштаб
						11В	46	1:1
						Лист	Листов	1
						КПІ ім. І. Сікорського		
						ММІ, гр. МВ-51		
						Формат А1		

Програмування в системі Heidenhain TNC640

Програма		Етап	Режим	Ескіз
<pre>0 BEGIN PGM PROGA MM 1 BLK FORM 0.1 Z X=45 Y=45 Z=20 2 BLK FORM 0.2 X=45 Y=45 Z=0 3 TOOL CALL "MILL_D10_ROUGH" Z S4618 F416 4 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX M3 5 L X+0 Y+0 Z+5 FMAX 6 CYCL DEF 257 CIRCULAR STUD ~ Q223=+85 ;DIAM.GOTOWOJ DETALI ~ Q222=+128 ;DIAMETR ZAGOTOWKI ~ Q368=+1 ;PRIPUSK NA STORONU ~ Q207=+500 ;PODACHA FREZER. ~ Q351=+1 ;TIP FREZEROWANIA ~ Q201=-20 ;GLUBINA ~ Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~ Q206=+3000 ;PODACHA NA WREZANJE ~ Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~ Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q370=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~ Q376=-1 ;UGOL NACHAL.TOCHKI 7 L X+0 Y+0 Z+0 FMAX M99 8 L X+60 Y+0 Z-20 RR F416 9 L Y+17.536 10 L X-60 Y+61.213 11 L Y-72.098 12 L X+60 Y-10.955 13 L Z+10 R0 14 TOOL CALL "MILL_D6_ROUGH" Z S4618 F416 15 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX 16 L X+0 Y+0 Z+5 FMAX 17 CYCL DEF 253 FREZEROWANIE PAZOW ~ Q215=+0 ;OBRABOTKA ~ Q218=+50 ;DLINA PAZA ~ Q219=+8 ;SCHIRINA KANAWKI ~ Q368=+1 ;PRIPUSK NA STORONU ~ Q374=+0 ;UGOL POWOROTA ~ Q367=+0 ;POLOSHENJE PAZA ~ Q207=+500 ;PODACHA FREZER. ~ Q351=+1 ;TIP FREZEROWANIA ~ Q201=-20 ;GLUBINA ~</pre>	<pre>Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~ Q369=+0 ;PRIPUSK NA GLUBINU ~ Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~ Q338=+0 ;WREZ. CHISTOW.OBR. ~ Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~ Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q366=+2 ;TIP VREZANIYA ~ Q385=+500 ;PODACHA CHIST. OBRABOTKI ~ Q439=+3 ;FEED RATE REFERENCE 18 L X+0 Y+0 Z+5 FMAX M3 M99 19 L X+0 Y+0 Z+50 FMAX 20 TOOL CALL "DRILL_D9" Z S2420 F1089 21 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX 22 L X+0 Y+0 Z+50 FMAX 23 CYCL DEF 200 SWERLENIJE ~ Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~ Q201=-21 ;GLUBINA ~ Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~ Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~ Q210=+0 ;WYDER. WREMENI WWER. ~ Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~ Q395=+1 ;DEPTH REFERENCE 24 CYCL DEF 220 OBRAZEC KRUC ~ Q216=+0 ;1-AJA KOORD.CENTRA ~ Q217=+0 ;2-JA KOORD.CENTRA ~ Q244=+66 ;DIAMETR OBRAZUJ. ~ Q245=+0 ;UGOL NACHAL.TOCHKI ~ Q246=+360 ;UGOL KONECHN. TOCHKI ~ Q247=+0 ;SCHAG UGLA ~ Q241=+3 ;CHISLO POWTORENIJ ~ Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~ Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU ~ Q365=+0 ;WID PEREMESCHENJA 25 END PGM PROGA MM</pre>	Заготовка	90x90x20	
		Фрезерування шайби	<p>Інструмент: фреза кінцева Ø10мм.</p> <p>Подача F=416 мм/хв</p> <p>Шв. різання V=146 м/с</p> <p>Частота оберт. n=4618 об/хв</p>	
		Фрезерування площин	<p>Інструмент: фреза кінцева Ø10мм.</p> <p>Подача F=416 мм/хв</p> <p>Шв. різання V=146 м/с</p> <p>Частота оберт. n=4618 об/хв</p>	
Програма складається з 25 кадрів, де використовується 3 інструмента. Час обробки склав 20 хвилин.		Фрезерування пазу	<p>Інструмент: фреза кінцева Ø6мм.</p> <p>Подача F=416 мм/хв</p> <p>Шв. різання V=146 м/с</p> <p>Частота оберт. n=4618 об/хв</p>	
		Свердління отворів	<p>Інструмент: свердло Ø9мм.</p> <p>Подача F=1089 мм/хв</p> <p>Шв. різання V=76 м/с</p> <p>Частота оберт. n=2420 об/хв</p>	

Використання модулю Аналіз напружень Autodesk Inventor для оцінки податливості шпиндельного вузла вертикально-фрезерного напівавтомату ЛФ260МФ3

Схема навантаження

Вона відповідає типовому режиму обробки – чорнове фрезерування площини сталюї заготовки торцевою фрезою $D = 40\text{ мм}$; режими різання: глибина різання $t = 5\text{ мм}$, швидкість різання $v = 251 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$, подача на оберт $S = 0.3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$, частота обертання шпинделя $n = 2000 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Сили різання, прикладені до зуба фрези:

- $F_z = 1700\text{ Н}$; $F_y = 850\text{ Н}$; $F_x = 510\text{ Н}$; ($F_\Sigma = 1968\text{ Н}$).

- Крутний момент, прикладений до ділянки шпинделя, де знаходяться шліци $M_{\text{кр}} = 34\text{ Нм}$.

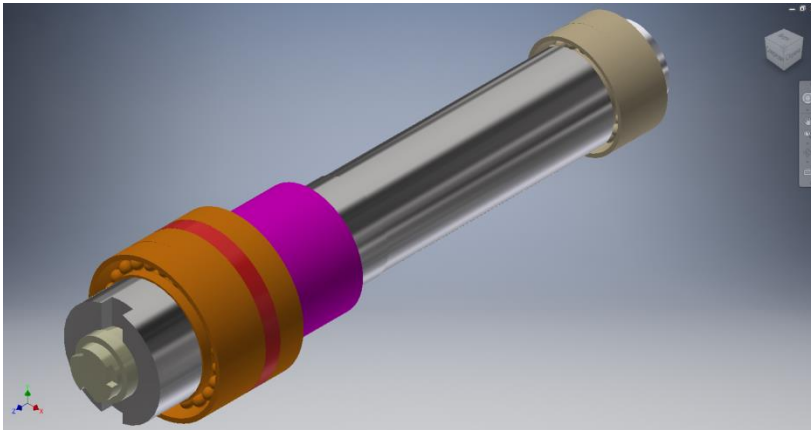


Рис.1. Розрахункова модель шпиндельного вузла

Як результат, розраховані значення податливості пружної системи:

$$\delta_\Sigma = \frac{\Delta_\Sigma}{F_\Sigma} = \frac{36\text{ мкм}}{1.968\text{ кН}} = 18.29 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}};$$

$$\delta_z = \frac{\Delta_z}{F_z} = \frac{35\text{ мкм}}{1.7\text{ кН}} = 20.59 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}};$$

$$\delta_y = \frac{\Delta_y}{F_y} = \frac{3\text{ мкм}}{0.850\text{ кН}} = 3.53 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}}.$$

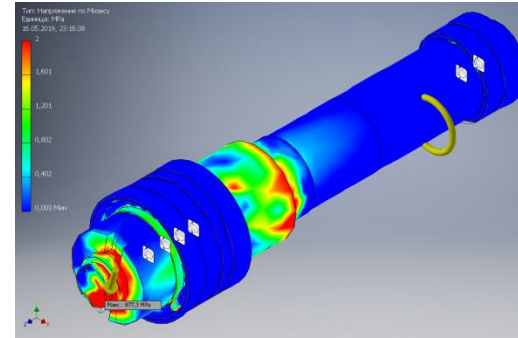


Рис.2. Розподіл напружень по шпиндельному вузлу

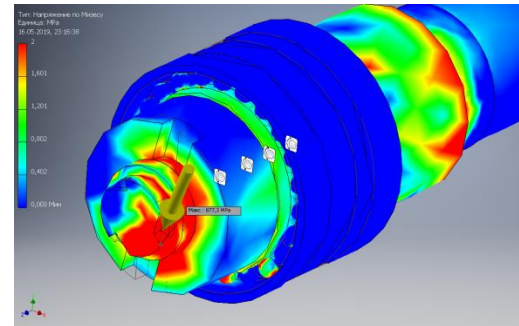


Рис. 3. Розподіл напружень на передньому кінці шпинделя

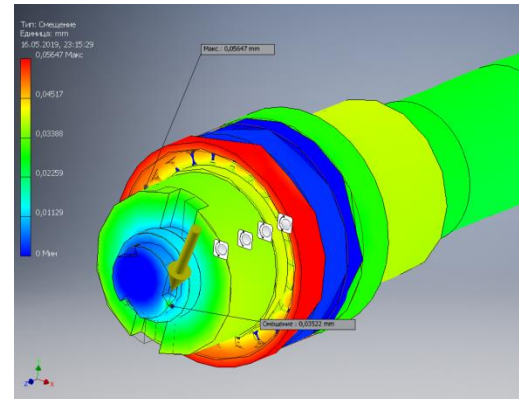


Рис.4. Зміщення точок переднього кінця шпинделя

Анотація

В дипломному проекті бакалавра на тему «Покращення технологічних характеристик вертикально – фрезерного верстату» проведений розрахунок кінематики та приводу головного руху, приводу поздовжньої передачі, розрахунок та проектування шпиндельного вузла, розрахунок в програмі HEIDENHAIN, були використані можливості Autodesk Inventor, зроблені висновки про переваги покращеного верстату.

Проект виконаний на 74 сторінках з 28 рисунками, 15 посиланнями на джерела інформації.

Ключові слова: фрезерні верстати, вертикально-фрезерний верстат, ЛФ260МФЗ, магазин, маніпулятор.

Abstract

In the diploma project of the bachelor on the theme "Improvement of the technological characteristics of the vertical milling machine" the calculations of kinematics and the drive of the main motion, the longitudinal transmission, the calculation and design of the spindle node, the calculation in the program HEIDENHAIN, the Autodesk Inventor were used, the conclusions about the advantages of the improved machine .

The project is executed on 74 pages with 28 figures, 15 references to sources of information.

Key words: milling machines, vertical milling machine, LF260MF3, shop, manipulator.

Аннотация

В дипломном проекте бакалавра на тему «Улучшение технологических характеристик вертикально - фрезерного станка» произведен расчет кинематики и привода главного движения, привода продольной передачи, расчет и проектирование шпиндельного узла, расчет в программе HEIDENHAIN, были использованы возможности Autodesk Inventor, сделаны выводы о преимуществах улучшенного станка . Проект выполнен на 74 страницах с 28 рисунками, 15 ссылками на источники информации.

Ключевые слова: фрезерные станки, вертикально-фрезерный станок, ЛФ260МФ3, магазин, манипулятор.