

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 **Забезпечення показників працездатності верстатів в  
процесі відновлення**

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-51

Лещенко Костянтин Анатолійович

\_\_\_\_\_  
(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**

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)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

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

**ЛЕЩЕНКО** Костянтину Анатолійовичу \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Забезпечення показників працездатності верстатів  
.....в процесі відновлення \_\_\_\_\_.

керівник проекту \_\_\_\_\_ **ВЕРБА Ірина Іванівна**, канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_  
( 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. \_\_\_\_\_ **08. 06. 2019** \_\_\_\_\_.

3. Вихідні дані до проекту Базовий верстат – Chiron-12W  
Вибіркова технічна інформація, окремі креслення вузлів. Мета проекту –  
ознайомитись з технологією відновлення верстату в умовах конкретного  
виробництва, розробити стратегію розширення його технологічних  
можливостей. \_\_\_\_\_.

4. Зміст пояснювальної записки Вступ з обґрунтуванням мети.  
Інформаційний аналіз продукції фірми Chiron, конструктивні особливості  
верстатів. Опис базового верстату. Технологія відновлення верстату і заміни  
шпиндельного вузла. Аналіз шляхів розширення технологічних  
можливостей, зокрема на прикладі способів та пристроїв, які використовує

сама фірма. Розрахунок шпіндельного вузла і визначення, чи задовольняються ним поставлені до точності верстату вимоги. Огляд конструкцій столів, які дозволяють реалізувати 4-ту координату і вибір відповідного рішення.

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

1. Виробнича лінійка CHIRON; 2. Характеристика серії 12; 3. Порівняння з станками аналогами; 4. Заміна шпіндельного вузла; 5. Аналіз напружень; 6. Поворотний стіл; 7. Шпіндельний вузол.

#### 6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 15.02.2019.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз завдання	15.02.2019	
2	Пошук інформації	18.02.2019	
3	Створення першого та другого листів графічної частини	06.03.2019	
4	Розрахунок шпіндельного вузла в середовищі Inventor	12.04.2019	
5	Розробка технічних креслень	05.05.2019	
6	Робота над пояснювальною запискою	28.05.2019	

Студент \_\_\_\_\_ Лещенко К. А. \_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту \_\_\_\_\_ Верба І. І. \_\_\_\_

## Анотація

Робота складається з 2 розділів, має обсяг 92 аркушів, містить 61 ілюстрацію, 6 таблиць, 1 додаток. При написанні роботи використано 37 літературних джерел.

Мета роботи – є забезпечення показників працездатності при відновленні верстату CHIRON FZ-12W(Німеччина), яке передбачає заміну пошкодженого шпиндельного вузла без його удосконалення та розширення технологічних можливостей базового верстата за рахунок організації чотирьох або п'яти координатних переміщень деталі.

Ключові слова: ЧПК, обробний цент, заміна ШВ, розрахунок Inventor, перевірка точності, забезпечення працездатності, поворотній стіл.

## Summary

The work consists of 2 sections, has a volume of 92 sheets, contains 61 illustrations, 6 tables, 1 application. When writing the work, 37 literary sources were used.

The purpose of the work is to provide performance indicators for the restoration of the CHIRON FZ-12W (Germany) machine, which involves replacing the damaged spindle node without its improvement and expansion of the technological capabilities of the base machine through the organization of four or five coordinate displacements of the part.

Key words: CNC, machining center, SHV replacement, Inventor calculation, accuracy check, maintenance of working capacity, turntable.

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Забезпечення показників працездатності верстатів в процесі  
відновлення

Київ – 2019 року

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
<b>РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩО ДО БАЗОВОГО ВЕРСТАТА CHIRON FZ 12 W.....</b>	<b>10</b>
1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ФІРМИ ВИРОБНИКА .....	10
1.2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ НА ОБРОБНИХ ЦЕНТРАХ .....	12
1.3. ВИРОБНИЧА ЛІНІЙКА ФІРМИ CHIRON.....	15
1.3.1. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON 08 .....	15
1.3.2. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON 12.....	16
1.3.3. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON 15 .....	18
1.3.4. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР CHIRON СЕРІЇ 16 .....	19
1.3.5. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON 18 .....	21
1.3.6. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON 24 .....	22
1.3.7. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON MILL.....	24
1.4. ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРІЇ CHIRON 12 ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ .....	25
1.4.1. CHIRON DZ 12 FX.....	26
1.4.2. CHIRON FZ 12 MT .....	28
1.4.3. CHIRON TZ 12 S.....	30
1.4.5. CHIRON DZ 12 W .....	31
1.4.6. CHIRON FZ 12 S .....	33
1.6. ОПИС БАЗОВОГО ВЕРСТАТУ CHIRON FZ 12 W .....	34
1.7. ПОРІВНЯННЯ З СТАНКАМИ АНАЛОГАМИ.....	40
1.8. РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ ТА ОСНАСТКА .....	45
1.9. ПОРЯДОК ЗАМІНИ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА CHIRON FZ-12 W .....	45
1.11. МЕТОДИ РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ .....	55
<b>РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ПРОЕКТУВАЛЬНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>57</b>
2.1. ЗБІЛЬШЕННЯ КІЛЬКОСТІ КЕРОВАНИХ РУХІВ .....	57
2.2. ВИБІР ПОВОРОТНОГО СТОЛУ .....	57
2.1.3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОВОРОТНОГО СТОЛУ .....	59
2.2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ ТА СИЛ РІЗАННЯ .....	61
2.3. РОЗРАХУНОК ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА .....	63
2.3.1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ШПИНДЕЛІВ .....	63

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ						
					Пояснювальна записка						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Маса	Масштаб			
Розроб.		Лещенко К. А.									
Перевір.		Верба І. І.									
Т. Контр.											
Реценз.											
Н. Контр.											
Затверд.											
						Арк. 6		Аркушів 94			
						КПІ ім. Ігоря Сікорського ММІ, МВ-51					

2.3.2. РОЗРАХУНОК ШВ .....	64
2.3.3. РОЗРАХУНОК ЖОРСТКОСТІ ОПОР .....	66
2.3.4 ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЛЬНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ПЕРЕДНЬОГО КІНЦЯ ШПИНДЕЛЯ .....	67
2.3.5 ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЛЬНОГО БИТТЯ ПЕРЕДНЬОЇ ТА ЗАДНЬОЇ ОПОРИ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА .....	68
2.3.6 ВИЗНАЧЕННЯ ДЕМФІРУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШВ .....	69
2.4. РОЗРАХУНОК ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА В СЕРЕДОВИЩІ AUTODESK INVENTOR.....	69
2.4.1. РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА .....	69
2.4.2. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ШПИНДЕЛЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ .....	70
2.4.8. СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА .....	85
<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>91</b>

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Метою даної роботи є забезпечення показників працездатності при відновленні верстату CHIRON FZ-12W(Німеччина), яке передбачає заміну пошкодженого шпиндельного вузла без його удосконалення та розширення технологічних можливостей базового верстата за рахунок організації чотирьох або п'яти координатних переміщень деталі.

Відновлення верстату передбачає ремонт окремих вузлів та заміну модульних вузлів, які вийшли з ладу, наприклад, через зношення, або не задовольняють вимоги й перевищують межі можливих відхилень. Модульні вузли можуть бути виробництва фірми-виробника верстату або покупні (вироблені іншим підприємством). В нашому випадку мова йде про заміну пошкодженого вузла ідентичним виробництва фірми CHIRON. Принципово можна застосувати модульний вузол з покращеними характеристиками тої самої або іншої фірми, тобто виконати одночасно модернізацію верстату.

В ході відновлення верстату можуть вирішуватися задачі модернізації інших вузлів, забезпечення використання додаткових пристроїв з метою вдосконалення верстату й покращення показників його працездатності. У даному випадку стоїть задача розширення технологічних можливостей верстату CHIRON FZ-12W.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступне:

- виконати порівняльний інформаційно-аналітичний огляд фрезерних обробних центрів з вертикальним розташуванням шпинделя і визначити місце базового верстата серед верстатів-аналогів та діапазони показників працездатності й технічних характеристик, тобто можливу область модернізації;
- оглянути лінійку продукції, яку випускає фірма CHIRON, та їх конструктивні особливості, щоб ознайомитись з пристроями й конструктивними шляхами покращення показників працездатності, зокрема – розширення технологічних можливостей;

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- ознайомитися з кінематикою базового верстата та принципом роботи основних вузлів;
- ознайомитись з особливостями технології заміни шпиндельного вузла, яка повинна забезпечити в першу чергу вимоги за точністю відновленого верстату, і прийняти безпосередню участь в цьому процесі;
- розглянути особливості різального інструмента та дослідити вплив режимів різання на параметри точності;
- виконати розрахунок шпиндельного вузла та впевнитися в умовах виконання вимог точності, тобто у придатності конструкції їх задовольнити;
- виконати розрахунки деталей, які задіяні у процесі заміни шпиндельного вузла і впевнитись у їхній придатності;
- проаналізувати можливі методи розширення технологічних можливостей та обрати придатний для базового верстату;
- здійснити вибір модульного вузла, який розширить технологічні можливості верстату;

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩО ДО БАЗОВОГО ВЕРСТАТА CHIRON FZ 12 W

## 1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ФІРМИ ВИРОБНИКА

Датою створення можна вважати 1898 рік, коли компанія почала свою діяльність з виробництва хірургічного інструменту.

У 1920-х роках «Завод точних апаратів і хірургічного інструменту» перейменovali в «Chiron-Werke», який вперше випустив інструмент з нержавіючої сталі.

У 1937 році Chiron стає одним з кращих виробників хірургічного інструменту, а в 1940-х роках фірма починає розробляти і виробляти компресори, а також невеликі автомобілі.

У 1957 році фірмою Chiron зацікавилася Hoberg & Driesch Group, і цей рік став вирішальним для розвитку діяльності Chiron.

У 1958р. починається виробництво комплектуючих частин для свердління, фрезерування і різання, таким чином, закладається фундамент для виробництва обробного інструменту.

1981р. - випуск FZ 16 - верстата з рухомою колоною з найшвидкими пристроєм для зміни інструменту в світі. З FZ 16 з'являється ціла лінійка верстатів з рухомою колоною.

1990р. - Chiron займає одне із перших мість на ринку з постачання вертикальних обробних центрів.

У 1993 році Chiron відкриває своє представництво Chiron America Inc в Шарлотті та Північної Кароліни. Де через три роки почалося виробництво FZ 12.

«Різноманітність у виробництві, а не вимагаючи переобладнання»: саме під цим девізом в 1996р. Chiron представив серію Flexline

До 1997р. фірма засновує свої підрозділи в Великобританії і Австралії. А також запускає в виробництво FZ 08 компактний вертикальний центр, для обробки партій невеликих оброблюваних деталей з високою точністю і при низьких витратах.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На початку 2000 років Chiron засновує представництво у Франції - Chiron France, та будує ще один завод в Америці.

У цей час компанія проектує верстати з двома шпинделями, та випускає на ринок новий DZ 18; представляє покращені серії FZ 15 і FZ 18; відкриває підрозділ CMS GmbH, що спеціалізується на технічному обслуговуванні б / в верстатів.

Chiron представляє MPS 08 серії MILL - нове покоління верстатів для універсальної обробки.

Дякуючи тому, що фірма постійно розширює асортимент своєї продукції на ЕМО 2001 Chiron отримує нагороду MM Award за саму інноваційну демонстрацію нової моделі (FZ 08.2), присудженої редакцією професійного журналу «Maschinenmarkt».

Розробивши серію Vision, Chiron значно підвищує стандарти точних обробних центрів.

З FZ 08K S Magnum фірма представляє оброблюючий центр, який є 7-осьовим з ЧПК для повної обробки складних деталей.

У 2003 році Chiron розробляє програму з постачання обладнання з подальшим розробками такого як профільний обробний центр MPS 15 та центр з двома шпинделями DZ 15 W.

1 вересня 2004 року компанія відкриває представництво в Китаї. Міністр освіти нагороджує Chiron золотою медаллю в категорії «Освітній Оскар» (національне змагання) в листопаді 2004 року.

Chiron представляє нові розробки – такі як FLEZCELL DUO, в якому повністю автоматизовані два обробних центру.

На сьогоднішній день фірма Chiron є одним з лідерів на ринку вертикальних та горизонтальних обробних центрів, яка продовжувати встановлювати стандарти для високошвидкісної.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ НА ОБРОБНИХ ЦЕНТРАХ

Завдяки оснащенню обробних центрів системами ЧПК і автоматичної зміни різального інструменту сильно скорочується допоміжний час при обробці і підвищується швидкість переналагодження. Зменшення часу відбувається завдяки автоматичній установці інструменту за координатами, обробки всіх елементів циклу, зміни інструментів, зміни режимів різання, кантування і зміни заготовки, виконання контрольних операцій, а також великим швидкостям допоміжних переміщень.

ОЦ мають такі своєрідні особливості: наявність інструментального магазину, що забезпечує комплектацію великим числом ріжучих інструментів для одночасного виконання багатьох операцій (чистових, напівчистових, чорнових), в тому числі точіння, розточування, свердління, зенкерування, фрезерування, розгортання, нарізування нарізі, контролю якості обробки та ін.; висока точність обробки (6 ... 7-й квалітети).

Для систем управління обробних центрів характерні: цифрова індикація положення вузлів верстата, різні форми адаптивного управління. ОЦ - це в переважно одно шпиндельні верстати з револьверними або шпиндельними голівками.

Обробка заготовок на обробних центрах в порівнянні з їх обробкою на свердлильних, фрезерних, токарних та інших верстатах з ЧПК має ряд особливостей. Встановлення та закріплення заготовки повинні забезпечувати обробку з усіх сторін без превстановлення (безперешкодний доступ інструментів до поверхонь оброблення), так як тільки в цьому випадку можливо забезпечити складну обробку без переустановлення.

Обробка на ОЦ не вимагає, як правило, спеціального оснащення, так як затиск заготовки здійснюється за допомогою упорів та прихватів. ОЦ забезпечені магазином інструментів, який розміщується на шпиндельній голівці, поруч з верстатом або в іншому місці. Для фрезерування площини використовують фрези невеликого діаметру і обробку виробляють рядками. Інструмент, який застосовується для обробки неглибоких отворів, має

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищену жорсткість, отже, забезпечує високу точність обробки. Отвори, що лежать на одній осі, але розташовані в паралельних стінках заготовки, розточують з двох сторін, на поворотному столі.

Якщо корпусні деталі мають групи однакових отворів і поверхонь, то для полегшення розробки технологічного процесу і керуючої програми, а також підвищення продуктивності обробки (внаслідок зменшення допоміжного часу) в пам'ять ПЧПК верстата програмують постійні цикли найбільше зустрічаючих повторюваних рухів. У цьому випадку програмується тільки цикл обробки одного отвору (поверхні), а для інших - задаються лише координати (X і Y) їх місцезнаходження.

Особливості обробки різних елементів контуру деталі.

Площини фрезерують кінцевими і торцевими фрезами з твердосплавними пластинами. Це роблять у два переходи. Перший - чорнове фрезерування при великих режимах різання, ефективно обробляти торцевими фрезами, послідовними проходами уздовж оброблюваної поверхні. Ширину поверхні, що обробляється за один прохід, а отже, і діаметр фрези вибирають такими, щоб відтискання інструменту не позначалося на точності чистового переходу. При нерівномірному високому припуску діаметр фрези необхідно зменшувати. Для чистової обробки прагнуть використовувати фрезу, так щоб її діаметр захопив всю площину оброблюваної поверхні.

Для одержання особливо одержання особливо високої поверхні при малому припуску застосовують торцеві фрези з пластинами з мінералокераміки та ельбору.

Пальцевими фрезами відкриті площини обробляють рідше, це актуально тоді, коли цією фрезою виконують обробку інших поверхонь (пазів, уступів), щоб зменшити кількість заміни інструментів.

Пази, уступи і вікна переважно обробляють кінцевими фрезами, з встановленими твердосплавними пластинами.

Для підвищення точності обробки по ширині пазу і зменшення кількості інструментів діаметр фрези беруть меншим пазу. Обробку виконують

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

послідовно: спочатку фрезерують середню частину пазу, потім крайні сторони, використовуючи можливість отримання необхідної точності пазу по ширині за рахунок введення корекції на радіус фрези. Наприкінці циклу корекцію скасовують[35].

Для збільшення зносостійкості та покращення умов відведення стружки при обробці глухих пазів використовують кінцеві фрези з збільшеним кутом нахилу на спіралі. Для зменшення сил врізання з осьовою подачею застосовують фрезу з особливим заточенням зубів. При великій довжині фрези, що обумовлюється формою заготовки, застосовують фрези з підсиленням конусом. Для зменшення вібрації використовують різнокрокові фрези з трьома і чотирма зубами.

Кругове фрезерування – це нова операція, що стала можливою завдяки обробних центрів з ЧПК. Отвори в корпусних деталях оброблялися розточуванням. На обробному центрі з ЧПК вони можуть бути оброблені фрезеруванням. Але коли необхідно виготовити високо точну корпусну деталь кінцеву обробку найбільш важливих отворів виконують окремою операцією, на високоточних розточувальних верстатах.

При обробці отворів осьовим інструментом, якщо вимоги до точності деталі невисокі, операції виконують в такій наступній послідовності: спочатку обробляють всі отвори одним інструментом, потім наступним (за умови, що на зміну інструменту необхідно більше часу, ніж позиціонування столу). Якщо вимоги до точності і форми отворів високі, їх обробляють кожен окремо, зі зміною інструментів на кожному отворі. В іншому випадку похибка оброблювання буде збільшуватися за рахунок похибки позиціонування[35].

Для зменшення часу для свердління і підвищення стійкості інструментів використовують швидку зміну режимів різання. Після прискореного підвода свердла до заготовки включають робочу подачу, а коли більша частина отвору буде просвердлена, подачу знижують, щоб знизити ризик пошкодження, або поломки інструменту через стрибкоподібну зміну навантаження при виході свердла з отвору.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Через те що на обробних центрах при свердлінні, як правило, не використовують кондуктор, тому замість нього широко використовують засвердлювання отворів короткими свердлами – своєрідну розмітку розташування майбутніх отворів.

Для обробки отворів у корпусних заготовках найбільш ефективним виявилось застосування інструментів, які використовувались раніше тільки для свердління глибоких отворів, наприклад свердел з механічним кріпленням.

### 1.3. ВИРОБНИЧА ЛІНІЙКА ФІРМИ CHIRON

Верстати ЧПК CHIRON можуть запропонувати високоточний і найбільш ефективний спосіб обробки заготовок з титану, алюмінію, сталі, нержавіючої сталі, хрому, золота, магнію, пластмаси та графіту. Багато хто з них є лідерами ринку та технологій у промисловому та аерокосмічному секторах, машинобудуванні, медичній сфері та високоточній техніці. Вони обробляють деталі, такі як деталі літаків, запчастини автомобіля, протези, деталі для годинників або частини ювелірних виробів.

#### 1.3.1. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON 08

Обробний центр серії CHIRON 08 (рис.1.1) є одним з найбільш універсальним верстатомв компактного класу.



Рис. 1.1. Обробний центр серії CHIRON 08

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Всі моделі - це високопродуктивні центри, які можна швидко налаштувати, дуже стабільний, високодинамічний і з низьким рівнем обслуговування. Завдяки модульній компоновці існують численні конфігурації верстатів. Що дає змогу налаштувати будь-яку базову машину серії 08 відповідно до обробленої деталі для досягнення ідеального рішення.

Обробний центр серії 08 може компонуватися з одним шпинделем, з двома шпинделями, як варіант MillTurn для одночасного обточування і фрезерування і як версія MP для обробки профілів.

Переваги: різання з ЧПК з низькими витратами при високій якості обробки та швидкості.

Основні технічні характеристики серії CHIRON 08[22]:

Переміщення XYZ	450-270-360 мм
Потужність, макс.	18 кВт
Швидкість обертання шпинделя, макс. до	54000 хв -1
Час зміни інструменту від	1,3 с
Швидка подача, макс.	75 м / хв
Кількість інструментів, макс.	96
Інструмент конусний	HSK A-32 / HSK A-40
Вага інструменту, макс.	1,20 кг
Діаметр інструменту, макс.	100 мм
Довжина інструменту, макс.	200 мм
Автоматична зміна заготовки від	2,00 с

### 1.3.2. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON 12

Обробний центр серії CHIRON 12 (рис.1.2) є одним з найкращих верстатів свого класу з в плані швидкості, компактної конструкції та широкого застосування. Численні параметри обладнання забезпечують найкраще рішення для будь-якої роботи.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Рис.1.2. Обробний центр серії CHIRON 12

Різні моделі цього верстата з ЧПУ можуть комплектуватися з одним шпинделем або з двома шпинделями, а також у варіанті MillTurn для одночасного фрезерування та обточування.

Переваги: різання з ЧПУ з високою продуктивністю при низьких витратах.

Основні технічні характеристики серії CHIRON 12[24]:

Переміщення XYZ	550-400-420 мм
Потужність, макс.	40 кВт (40% ЕД)
Швидкість обертання шпинделя, макс.	до 40000 хв -1
Час зміни інструменту від	2,20 с
Швидка подача, макс.	75 м / хв
Кількість інструментів, макс.	128
Інструмент конусний	HSK A-40 / HSK A-50 / HSK A-63
Вага інструменту, макс.	5,00 кг
Діаметр інструменту, макс.	125 мм

Довжина інструменту, макс.	250 мм
Автоматична зміна заготовки від	2,00 с

### 1.3.3. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON 15

Обробний центр серії CHIRON 15 (рис.1.3) є одним з найкращих верстатів свого рівня з точки зору швидкості, компактної конструкції, стабільності роботи та надійності.



Рис 1.3. Обробний центр серії CHIRON 15

Верстати 15 серії мають величезні запаси для потужного фрезерування з ЧПУ. Численні параметри обладнання та комплектації забезпечують оптимальне рішення для будь-якої роботи. Всі моделі комплектуються з одним

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

шпинделем, з двома шпинделями або чотирма шпинделями. Крім того, є версія МР для обробки профілів.

Завдяки своїй модульній компоновці, кожний обробний центр серії 15 може бути скомпонований для створення ідеального індивідуального рішення. Крім того, доступні різні версії шпинделя.

Переваги: висока точність і швидке оброблення, а також максимальна доступність при менших витратах.

Основні технічні характеристики серії CHIRON 15[25]:

Переміщення XYZ	730-400-425 мм
Потужність, макс.	58 кВт (30% ЕД)
Швидкість обертання шпинделя, макс	до 20000 хв -1
Час зміни інструмента від	1,70 с
Швидка подача, макс.	75 м / хв
Кількість інструментів, макс.	158
Інструмент конусний	HSK A-63 / SK 40
Вага інструменту, макс.	10,00 кг
Діаметр інструменту, макс.	175 мм
Довжина інструменту, макс.	300 мм
Автоматична зміна заготовки від	1,90 с

#### 1.3.4 ОБРОБНИЙ ЦЕНТР CHIRON СЕРІЇ 16

Розробка нового CHIRON FZ / DZ16 (рис.1.6) визначалася вимогами: висока точність, динаміка і найкраща якість поверхні для складних деталей. Результатом цього є принципово нова платформа для машин з дизайном мобільного порталу.

Перевага: висока продуктивність, висока точність і максимальна гнучкість.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.4. Обробний центр CHIRON серії 16

Одношпиндельний FZ16 S – п'ять осей призначений для вимог високої точності при 5-осьовій обробці. У той же час, обробний центр з оптимальними рішеннями щодо динаміки і тому забезпечує найвищу продуктивність точністю.

Двошпиндельний DZ16 W з механізмом для зміни деталей для завантаження та розвантаження під час обробки був створений для обробки великих кількостей деталей. Маючи ще більшу динаміку, обробний центр виробляє складні деталі з високою точністю.

Перевиги: високоточні деталі з максимальною продуктивністю.

Основні технічні характеристики серії CHIRON 16[26]:

Переміщення XYZ	660-660-400 мм
Потужність, макс.	61 кВт
Швидкість обертання шпинделя, макс. до	20000 хв -1
Час зміни інструменту від	2,5 с
Швидка подача, макс.	75 м / хв
Кількість інструментів, макс.	162 або 2 x 80

Інструмент конусний	HSK A-63 / SK 40 / HSK T-63
Вага інструменту, макс.	10,00 кг
Діаметр інструменту, макс.	160 мм
Довжина інструменту, макс.	450 мм
Автоматична зміна заготовки від	3,50 с

### 1.3.5. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON 18

Обробний центр серії CHIRON 18 (рис.1.5) є одним з кращих верстатів свого класу з точки зору швидкості різання, високої швидкості роботи, точності та надійності.



Рис.1.5. Обробний центр серії CHIRON 18

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Численні параметри компонування та обладнання забезпечують ідеальне рішення для будь-якої роботи. Всі моделі серії 18 збираються з одним шпинделем, з двома шпинделями або чотирма шпинделями.

Кожний верстат з ЧПК має величезні резерви продуктивності для ефективного фрезерування. Завдяки своїй модульній конструкції кожен обробний центр серії 18 може бути скомпонований для створення ідеального індивідуального рішення.

Переваги: швидке різання, висока точність і доступність при низьких витратах.

Основні технічні характеристики серії CHIRON 18[23]:

Переміщення XYZ	830-550-630 мм
Потужність, макс.	37 кВт
Швидкість обертання шпинделя, макс. до	16000 хв -1
Час зміни інструмента	від 1,90 с
Швидка подача, макс.	75 м / хв
Кількість інструментів, макс.	60 або 2 x 35
Інструмент конусний	HSK A-63 / SK 40
Вага інструменту, макс.	10,00 кг
Діаметр інструменту, макс.	180 мм
Довжина інструменту, макс.	380 мм
Автоматична зміна заготовки від	3,50 с

### 1.3.6. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON 24

Обробний центр серії CHIRON 24 (рис 1.6) пропонує оптимальні умови для високопродуктивного оброблення, в той час, точних результатів обробки.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.6. Обробний центр серії CHIRON 24

Незалежно від того, чи використовується вона для гнучкого одиночного виробництва або серійного виробництва, кожний базовий верстат серії 24 може бути зібрана в найкраще індивідуальне рішення завдяки модульній конструкції та отриманим численним можливостям компоновки. Всі моделі серії 24 доступні з двома шпинделями.

Переваги: Обробний центр серії 24 пропонує потужні шпиндельні приводи, великі траверси та надійну високопродуктивну обробку. Всі верстати є надійними та з низькою потребою технічного обслуговування та забезпечують високу точність та якість обробки, високу динаміку.

Основні технічні характеристики серії CHIRON 24[27]:

Переміщення XYZ	830-630-630 мм
Потужність, макс.	65 кВт (25% ED)
Швидкість обертання шпинделя, макс. до	20000 хв -1
Час зміни інструмента від	2,70 с
Швидка подача, макс.	75 м / хв
Кількість інструментів, макс.	210



Інструмент конусний	HSK A-63
Вага інструменту, макс.	8,00 кг
Діаметр інструменту, макс.	160 мм
Довжина інструменту, макс.	370 мм
Автоматична зміна заготовки від	3,50 с

### 1.3.7. ОБРОБНИЙ ЦЕНТР СЕРІЇ CHIRON MILL

Обробний центр серії CHIRON MILL (рис.1.6) пропонує оптимальні умови для високопродуктивного різання та забезпечення точних результатів обробки. Верстати відрізняються високою та траверсами в діапазоні X до 6000 мм.



Рис.1.7. Обробний центр серії CHIRON MILL

Універсальний вибір варіантів дозволяє індивідуально адаптуватися до розглянутої програми. Всі моделі цієї серії є жорсткими, надійними і мало обслуговуваними.

Переваги: просторі робочі зони та потужні диски.

Основні технічні характеристики серії CHIRON MILL [28]

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Подорож XYZ	6000-915-715 мм
Потужність, макс.	75 кВт (40% ЕД)
Швидкість обертання шпинделя, макс. до	20000 хв -1
Крутний момент, макс.	280 Нм
Час зміни інструменту від	2,90 с
Швидка подача, макс.	75 м / хв
Потужність фрезерування в St 60, макс.	900 см <sup>3</sup> / хв
Кількість інструментів, макс.	163
Інструмент конусний	HSK A-63 / SK 40
Вага інструменту, макс.	8,00 кг
Діаметр інструменту, макс.	160 мм
Довжина інструменту, макс.	370 мм

#### 1.4. ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРІЇ CHIRON 12 ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ

За швидкістю, компактністю конструкції і різноманітності застосування, обробні центри CHIRON 12 серії відносяться до найкращих серійних верстатів свого класу. Обробні центри поставляються у вигляді одно-, двох-, чотирьохшпиндельних варіантів або у вигляді верстата, придатного для фрезерування і токарної обробки, і мають наступні відмінності:

- гарантовано висока продуктивність;
- висока точність і якість обробки;
- мінімальна займана площа;
- швидке налагодження;
- легке управління і висока стійкість;
- висока динамічність;

Завдяки модульній конструкції (рис.1.8) і забезпеченим за рахунок цього численних варіантів компонування, кожен базовий верстат 12 серії є відмінним вибором для вирішення різноманітних завдань

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.8. Модульна конструкція

#### 1.4.1. CHIRON DZ 12 FX

CHIRON DZ 12 FX (рис. 1.9) – це високошвидкісний і компактний двошпиндельний обробний центр з 2-х осьовим поворотно- круглим столом і 2-ма планшайбами. Синхронний режим обробки по 5-ти осях виконуються за допомогою високопродуктивних опцій систем керування

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рис. 1.9. CHIRON DZ 12 FX

Подвійна продуктивність на мінімальній площі. Швидкісний 2-х шпиндельний обробний центр з 2-х осьовим поворотно-круглим столом (кінематика АС) для економічної комплексної обробки з 5 одночасно керованими осями в синхронному режимі [30].

Інтегрований 2-х осьовий поворотно-круглий стіл CHIRON (рис.1.10), не вимагає технічного обслуговування. Система торсіонних приводів і автоматична зміна інструменту методом .

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



Рис. 1.10. Інтегрований 2-х осьовий поворотно-круглий стіл CHIRON  
Переваги CHIRON FX:

- компактна площа для встановлення обладнання  $\geq$  Ш 2.100 мм х Гл. 3.200 мм;
- висока міцність і термостійкість;
- частота обертання мотор-шпинделів CHIRON до 40 000 об / хв;
- установлений 2-осьовий поворотно-круглий стіл з прямою системою вимірювання;
- вбудована затискна система з нульовою точкою;
- 4 вісь з максимальним кутом повороту до  $\pm 120^\circ$ ;
- 5 вісь з торсійним приводом до 1 000 об / хв для токарного оброблення;
- можливе встановлення повністю інтегрованих систем автоматизації (FLEXCELL);

#### 1.4.2. CHIRON FZ 12 MT

Модульна конструкція FZ 12 MT (рис. 1.11) дає можливість в залежності від потреб створювати конфігурації для різноманітного застосування в численних сферах.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



Рис. 1.11. CHIRON FZ 12

МТ – це високошвидкісна комплексна обробка з 6-ти сторін з поворотною головкою, токарним шпинделем, револьверною головкою і протишпинделем для одночасного фрезерування і токарної обробки прутка (рис. 1.12).

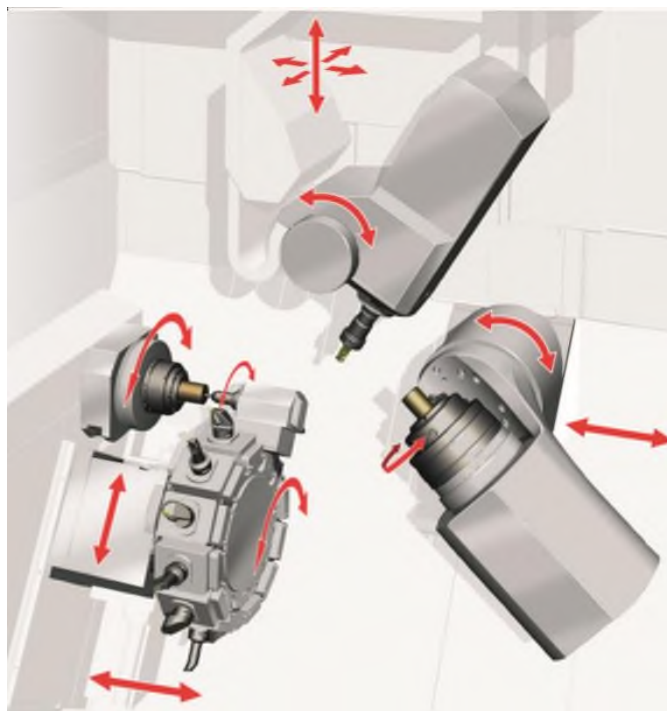


Рис. 1.12. Комплексна обробка з 6-ти сторін з поворотною

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

### Переваги CHIRON MT:

- одночасно токарна обробка і фрезерування на одному верстаті;
- висока продуктивність завдяки можливостім паралельної обробки;
- токарне оброблення за допомогою токарного шпинделя (до 8 000 об / хв / IT6);
- револьверна головка з 12 приводними інструментами ( Capto C4);
- шестистороння комплексна обробка прутка скорочує час обробки (пруток до 65 мм);
- протишпиндель для токарної обробки 6-тої сторони і одночасного фрезерування по 5-ти осях ;
- система прямого виміру переміщень по всіх осях (до 10);
- висока продуктивність різання і точність;
- встановлений пристрій для знімання готових деталей (похилий жолоб, висувний ящик)

### 1.4.3. CHIRON TZ 12 S

CHIRON TZ 12 S (рис.1.13.) – це високопродуктивні чотирьох шпиндельні обробні центри.



Рис.1.13. CHIRON TZ 12 S

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Економічно вигідна комбінація 4-х високопродуктивних шпинделів з нерухомим столом (рис.1.14). Високопродуктивні чотирёхшпіндельніе обробні центри з відстанню між шпинделями 160 мм



Рис. 1.14. Комбінація 4-х високопродуктивних шпинделів

Переваги багатшпіндельною обробки на верстатах компанії CHIRON: -

- зниження енерговитрат і скорочення робочих площ;
- зменшення загального часу обробки деталей;
- мотор-шпинделі з водяним охолодженням, до 36 000 об / хв;
- відстань між шпинделями 160 мм;
- прискорений хід, швидкість до 75 м / хв;
- найвища точність позиціонування і в симультанному режимі;
- можливі рішення повністю інтегрованих систем автоматизації

(FLEXCELL)

#### 1.4.5. CHIRON DZ 12 W

Обробний центр CHIRON DZ 12 W(рис.1.15) з пристроєм для зміни палет 0 ° / 180 ° для завантаження заготовок паралельно основному часу обробки ..

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.15.CHIRON DZ 12 W

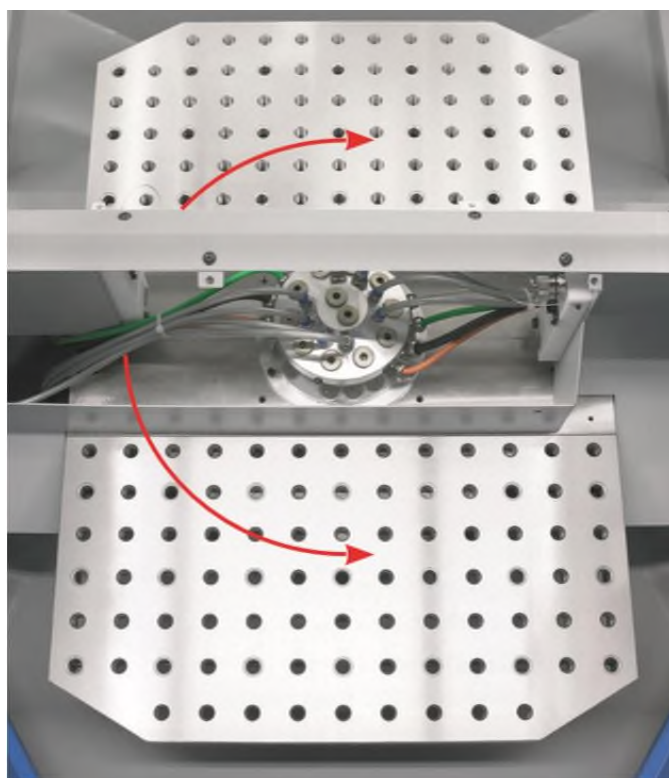


Рис. 1.16. Пристрій для зміни палет.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



Переваги CHIRON з пристроєм для зміни деталей:

- 3-осьові базові центри з рухомою шпиндельною бабкою;
- компактність займаної площі;
- Висока жорсткість конструкції і термостійкість;
- установка заготовки і знімання готової в основний машинний час з пристроєм для зміни деталей (час зміни деталі 2,0 сек.)
- механізм для зміни палет з роздільним щитом і зручним доступом
- розширення до 4 осей, або 5-координатна обробка з 2-осьовим поворотно-круглим столом
- можливе рішення повністю інтегрованих систем автоматизації (FLEXCELL)

#### 1.4.6. CHIRON FZ 12 S

Компактний і гнучкий прецизійний обробний центр CHIRON FZ 12 S (рис. 1.17) з нерухомим столом і автоматичною зміною інструменту. Великий резерв місця для пристосувань або монтажу поворотного столу з ЧПУ.



Рис. 1.17. CHIRON FZ 12 S

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Компактний прецизійний обробний центр з нерухомим столом і поворотною головкою (рис. 1.18.) з ЧПК і програмованим позиціонуванням в діапазоні від  $-10^{\circ}$  до  $+100^{\circ}$ .

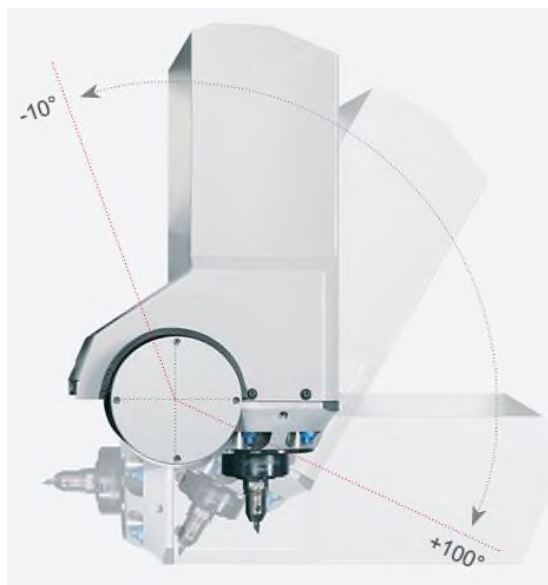


Рис. 1.19. Поворотна головка

#### 1.6. ОПИС БАЗОВОГО ВЕРСТАТУ CHIRON FZ 12 W

Вертикальний одношпиндельний високошвидкісний обробний центр CHIRON FZ 12 W застосовується для комплексної механічної обробки заготовок з титану, алюмінію, сталі, нержавіючої сталі, хрому, золота, магнію, пластмаси, графіту та ін. матеріалів в умовах одиничного, дрібносерійного і серійного виробництва. Загальний вигляд верстата показаний на рис. 1.20. Верстат моделі FZ 12 W дозволяє виконувати такі операції: фрезерування, свердління, розсвердлювання, зенкерування, розгортання, розточування, нарізування нарізі та ін.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис 1.20. Загальний вигляд верстата CHIRON FZ 12 W

Конструкційне рішення яке являє собою рухомий трьохосьовий модуль шпиндельної бабки і нерухомий стіл дає можливість підвищити швидкість прискорених переміщень холостих ходів до 40 м/хв, що дає можливість скоротити допоміжний час. За рахунок того що динаміка верстата не пов'язана з масою заготовки це забезпечує високу точність позиціонування до 3 мкм.

Висока частота обертання шпинделя до 10500 об / хв, а також висока статична та динамічна жорсткість дає можливість забезпечення високу якість чистової обробки деталей, що виготовляються з підвищеними вимогами до точності;

Завдяки унікальному інструментальному магазину корзинного типу час зміни інструменту не перевищує 0,9 с. Це власна розробка CHIRON вона запатентована і використовується тільки на верстатах компанії. Принцип роботи конструкції полягає в тому, що всі інструменти знаходяться навколо шпинделя і в процесі обробки переміщаються разом з ним (рис. 1.21.).

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис 1.21. Магазин інструментів

При зміні інструменту спеціальний механізм, в якому розміщений кожен інструмент «рука» переміщує інструмент до шпинделя і при обробці заготовок рухається разом зі шпинделем.

На рис. 1.22 і 1.23 показана схема зміни інструменту і показані траєкторії руху механізмів «руки».

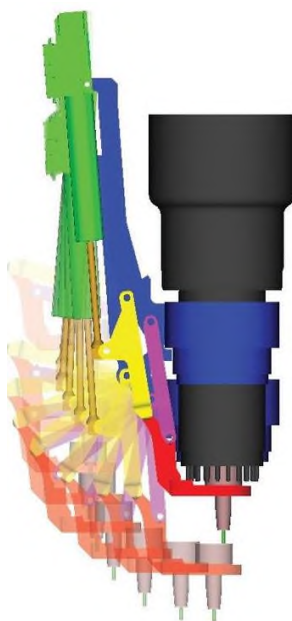


Рис. 1.22. Схема зміни інструменту

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

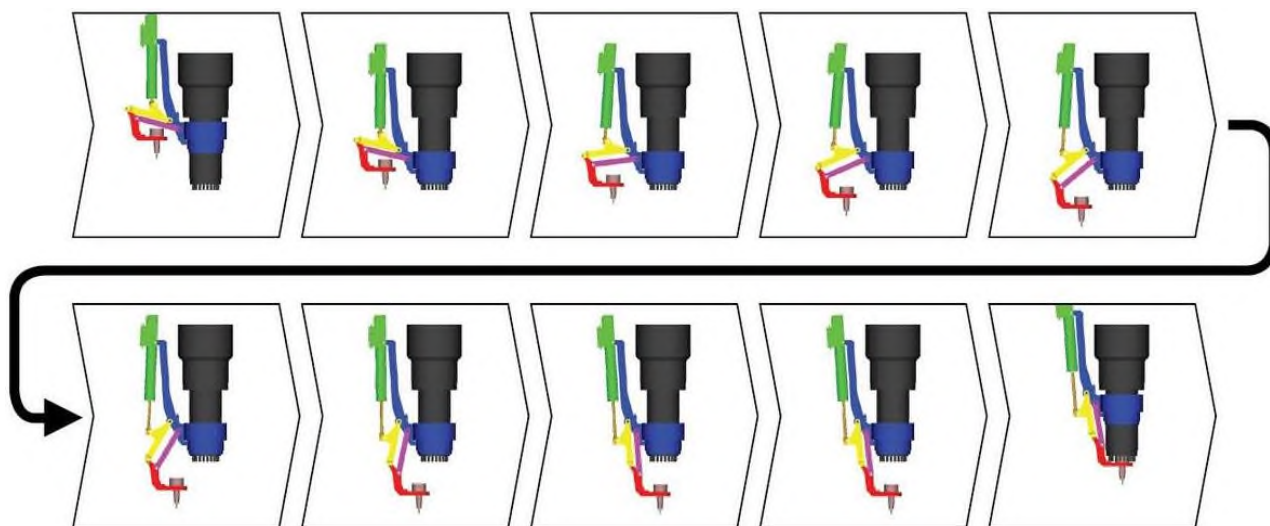


Рис. 1.23. Траєкторії руху механізмів «руки»

У порівнянні з іншими типами інструментальних магазинів цей механізм забезпечує мінімальний час зміни інструменту. Час зміни інструменту складає 0,9 с, а час від обробки до обробки 2,1 с. На багатосерійних виробництвах ця обставина може забезпечити істотне скорочення допоміжного часу, для цієї мети і була розроблена ця конструкція.

Зміна заготовок відбувається за допомогою пристроєм для зміни палет  $0^\circ / 180^\circ$  фірми Peiseler для завантаження заготовок паралельно основному часу обробки рис. 1.24.

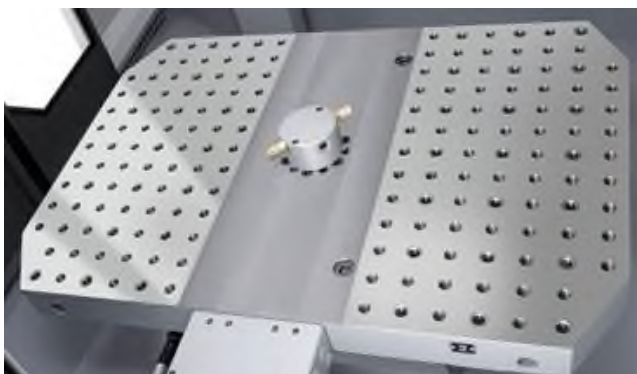


Рис. 1.24. Пристрій зміни палет

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ

Арк.

37

Обробний центр CHIRON FZ 12 W укомплектований ШВП та шариковими напрямними кочення NSK (Японія), відомої як кращий виробник подібної продукції.

Для переміщення по осях використовується ходовий шариковий гвинт з кроком  $t=12\text{мм.}$  який змонтований на підшипникових опорах. Гвинт отримує обертання від електродвигуна (Siemens) через зубчато-пасову передачу з відношенням  $i=1:1,3$

Система охолодження подає мастильно-охолоджуючу рідину в зону різання з витратою 120 л/хв та тиском 0,1 МПа, здійснюючи охолодження деталі і інструменту. Також можлива подача МОР через шпиндель насосом високого тиску 0,1 МПа, з витратою 45-60 л/хв.

Видалення стружки з робочої зони відбувається стрічковим стружкотранспортером фірми KNOLL. Конструкція станини спроектована таким образом, що стружка і МОР самі сходять в стружкотранспортер.

Система управління обробного центра CHIRON FZ 12 W оснащена ПЧПК фірми Siemens 840, яка здійснює цифрове керування трьома осями (X, Y, Z) і шпинделем (S). ПЧПК також здійснюється керування механізмом заміни інструменту зі зворотним зв'язком.

Опціонально обробний центр може бути оснащений поворотно ділильним пристроєм типу «четверта вісь».

Технічні характеристики верстата наведені у таблиці 1.1

Таблиця 1.1.

Найменування параметрів	Данні
Клас точності верстата	П
Розміри робочої поверхні столу, мм	
Довжина	660
ширина	350
Найбільше переміщення столу, мм:	
поздовжнє (вісь X)	550

поперечне (ось Y)	300
вертикальне (Z)	425
Швидкість швидкого переміщення столу по осям мм/хв	40000
Конус шпинделя	BT 40
Межі частоти обертання шпинделя, об/хв	20-10500
Найбільший крутний момент на шпинделі, кН/м	680
Електродвигун головного руху	Siemens
тип	1PH6
потужність, кВт	7.5
Електроприводу подач:	Siemens
тип	1FW13
номінальний момент, Н/м	179
номінальна частота обертання, об/хв	650
Автоматично змінює інструментів	12
Час зміни інструменту, с	0,9
Час від стружки до стружки, с	2.3
Максимальна довжина інструмента, мм	220
Максимальний діаметр інструмента, мм	65
Порядок установки інструментів	довільний
Максимальне вага інструмента кг	6
Максимальне навантаження на стіл, кг	270
Габаритні розміри верстата , мм:	
довжина	2240
ширина	3550
висота	2450
Маса верстата (без пристрою ЧПУ, гідростанції і електрошафи), кг.	4000



Маса верстата з пристроєм ЧПУ, гідро- і електроустаткуванням, кг	5130
Тип пристрою ЧПУ	Siemens 840
Загальна потужність, кВт	20

### 1.7. ПОРІВНЯННЯ З СТАНКАМИ АНАЛОГАМИ

В даному випадку буде розглянуто аналоги базового верстата CHIRON FZ 12 W та порівняння їх за технічними характеристиками та визначення

При підборі аналогів було обрані наступні верстати:

**DMG MORI DMU 50 ecoline** (рис. 1.25).



Рис.1.25. DMG MORI DMU 50 ecoline

Технічні характеристики:

Переміщення по осі, мм	500
Переміщення по осі, мм	450
Переміщення по осі, мм	400
Тип інструментального конуса	ISO 40
Оберти шпинделя, об/хв	8000
Потужність приводу головного руху, кВт	9
Потужність загальна, кВт	13
Прискорене переміщення, м/хв	24

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



**MIKRON VCE 500** (рис. 1.26).



Рис. 1.26. MIKRON VCE 500

Технічні характеристики:

Переміщення по осі, мм	500
Переміщення по осі, мм	400
Переміщення по осі, мм	400
Тип інструментального конуса	SK 40
Оберти шпинделя, об/хв	10000
Потужність приводу головного руху, кВт	10
Потужність загальна, кВт	16
Прискорене переміщення, м/хв	32

**TOYODA FH 550 S** (рис. 1.27)



Рис. 1.27. TOYODA FH 550 S

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Технічні характеристики:

Переміщення по осі, мм	650
Переміщення по осі, мм	700
Переміщення по осі, мм	650
Тип інструментального конуса	BT 50
Оберти шпинделя, об/хв	14500
Потужність приводу головного руху, кВт	12
Потужність загальна, кВт	20
Прискорене переміщення, м/хв	48

**MIKRON UMC 600 (1.28.)**



Рис. 1.28. MIKRON UMC 600

Технічні характеристики:

Переміщення по осі, мм	600
Переміщення по осі, мм	600
Переміщення по осі, мм	500
Тип інструментального конуса	SK 40
Оберти шпинделя, об/хв	6300
Потужність приводу головного руху, кВт	9
Потужність загальна, кВт	7.5
Прискорене переміщення, м/хв	11

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ALZMETAL BAZ 15 (рис 1.29).



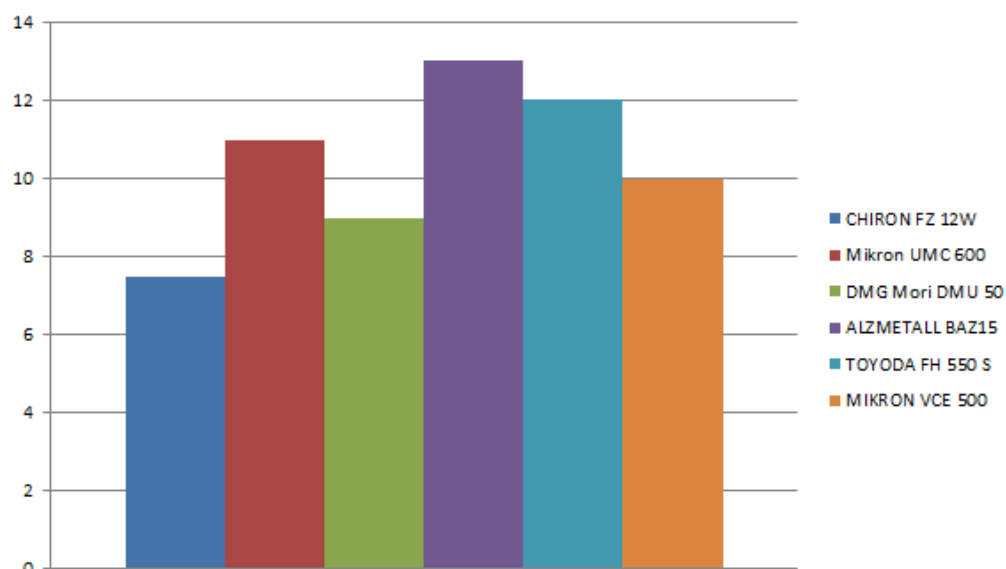
Рис. 1.29. ALZMETAL BAZ 15

Технічні характеристики:

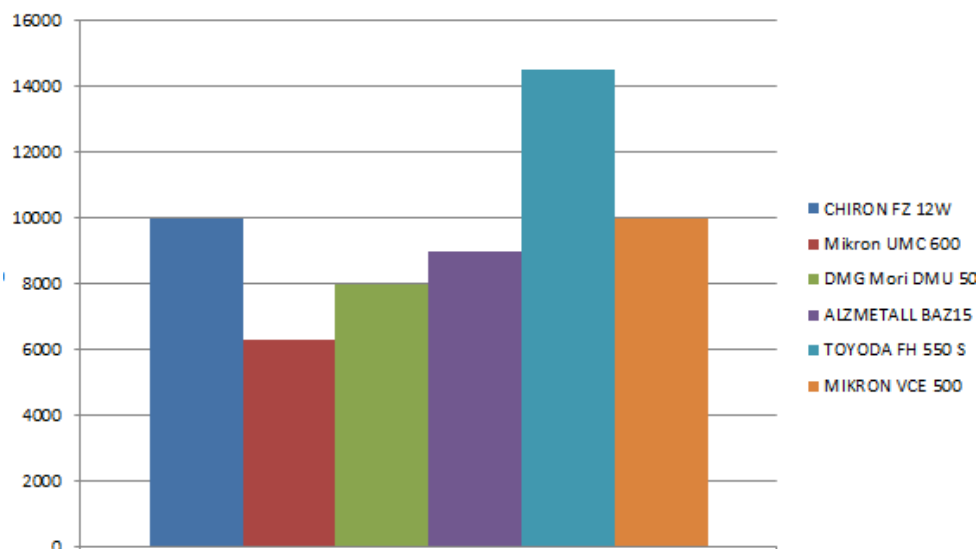
Переміщення по осі, мм	600
Переміщення по осі, мм	400
Переміщення по осі, мм	600
Тип інструментального конуса	SK 40
Оберти шпинделя, об/хв	8000
Потужність приводу головного руху, кВт	13
Потужність загальна, кВт	22
Прискорене переміщення, м/хв	40

Для порівняння верстатів було обрано наступні параметри:

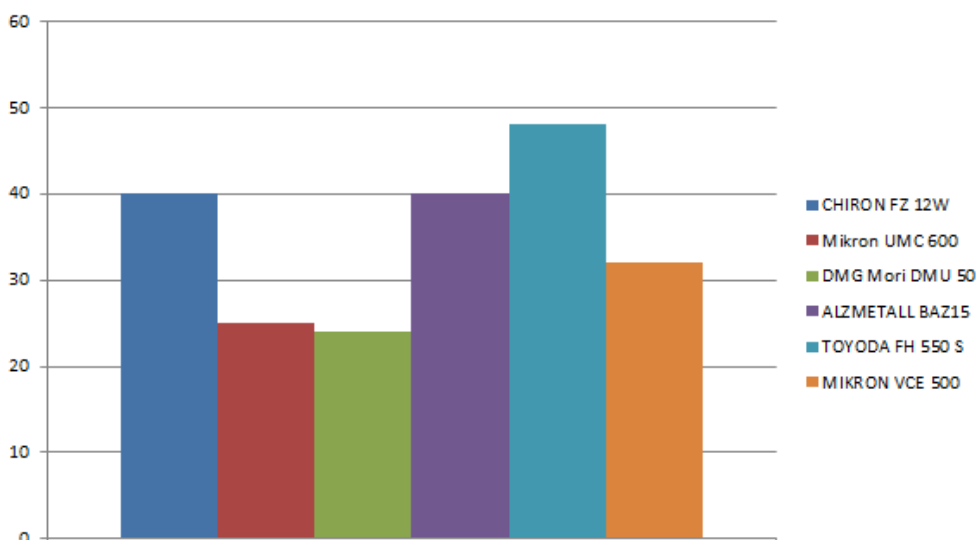
Потужність приводу головного руху



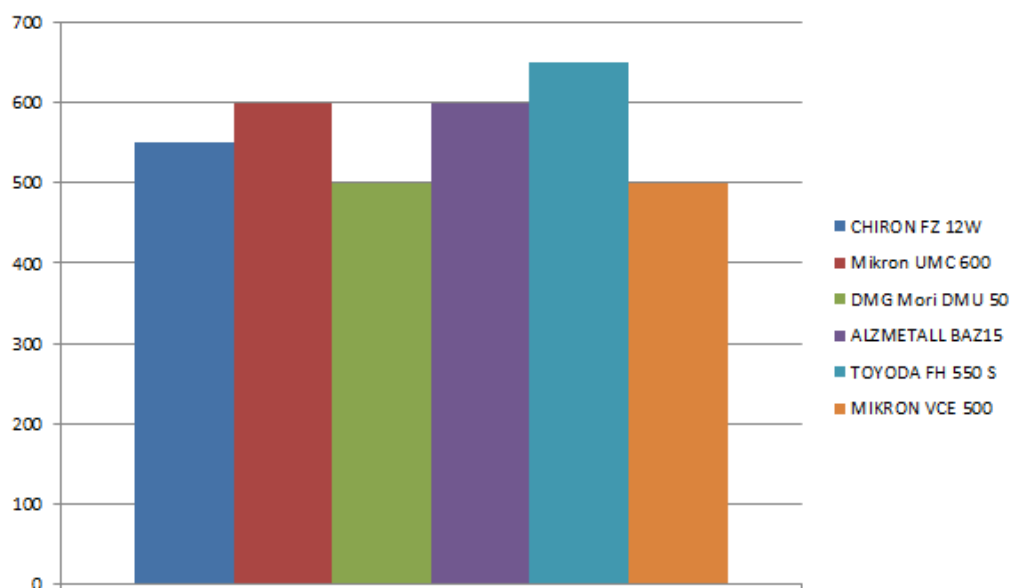
### Швидкість обертання шпинделя



### Прискорене переміщення



### Переміщення по осі X



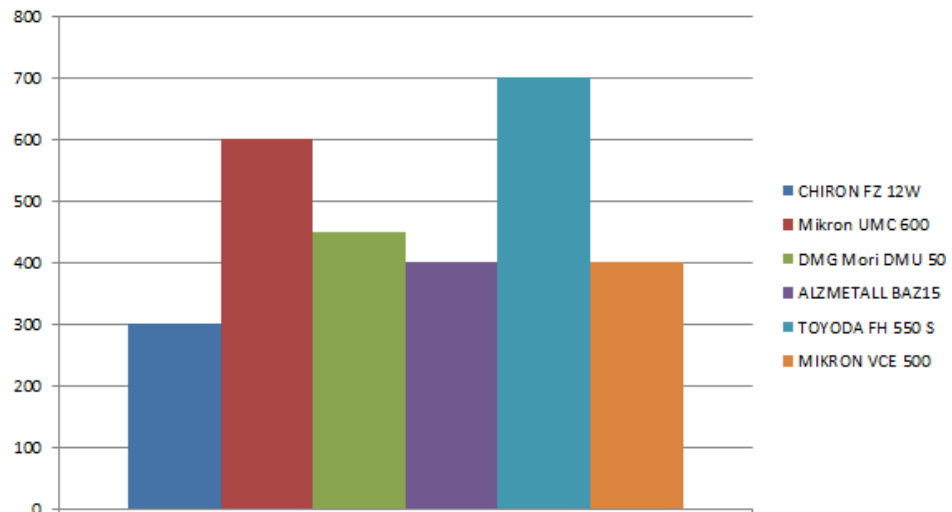
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ

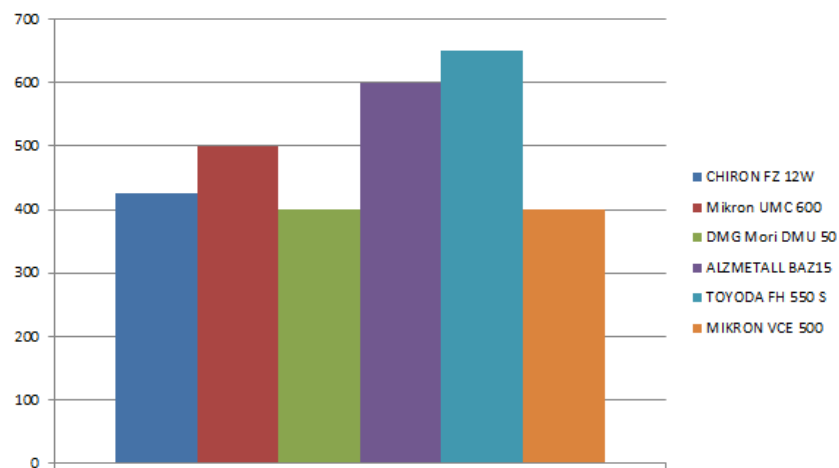
Арк.

44

Переміщення по осі Y



Переміщення по осі Z



## 1.8. РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ ТА ОСНАСТКА

Оснащення верстата та додаткові аксесуари, а саме: розточувальні головки, свердлильні цангові патрони, фрезерні патрони, різьбонарізні патрони, цанги для різьбонарізних патронів, вимірювальна оснастка, оправки з подачею сож, поворотні столи CNC наведено у додатку Д1.

## 1.9. ПОРЯДОК ЗАМІНИ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА CHIRON FZ-12 W

Заміна пошкодженого шпиндельного вузла має дві стадії.

### А) Вилучення пошкодженого шпиндельного вузла.

Передбачено наступну послідовність дій.

1. Зняти панелі кришок шпиндельного вузла як зображено на рис.1.30, а.
2. Зняти передню панель кожуха двигуна як зображено на рис 1.30,б.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Зняти передній скребок повітря 1.

Від'єднати трубку змащення шпинделя.

Зняти штуцер 2 змащення шпинделя.

Встановити пробку 3 в отвір масляного з'єднання на шпинделі так, щоб вона знаходилася на одному рівні або нижче за поверхню шпинделя.

Послабити чотири болти, які кріплять двигун до монтажної пластини (рис.1.30. в).

4. Поставити масляну ванну 3 на стіл для того, щоб уникнути витoku мастила.

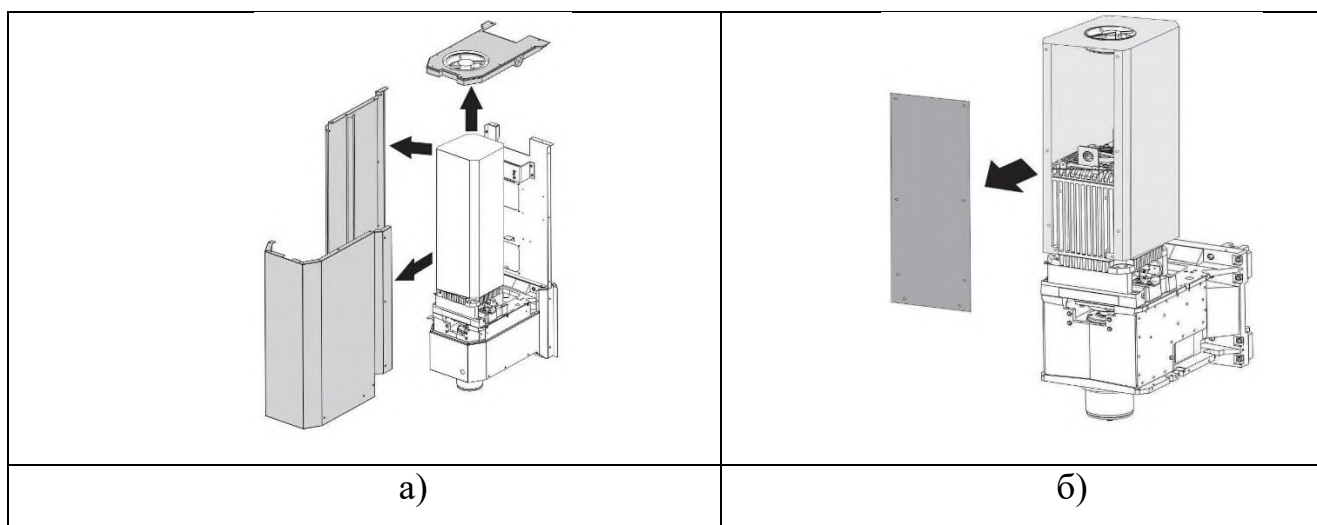
Послабити шість гвинтів шпинделя 1 приблизно двома обертами. Рекомендується застосовувати захисний ковпачок 2 для запобігання пошкодженню шпинделя, коли він торкається столу(рис.1.30.г.).

Необхідно прокрутити вісь Z в напрямку проти руху стрілки годинника, поки шпиндель не торкнеться столу. Якщо шпиндель не торкається столу, під шпиндель кладіть дерев'яний або алюмінієвий блок.

Повністю зняти шість гвинтів шпинделя.

Після зняття гвинтів вісь Z необхідно повернути за годинниковою стрілкою, поки шпиндель повністю не вийде з головки шпинделя.

5. Зняти регулюючі прокладки 1, павук 2, трансферну трубу 3 та ущільнювальні кільця 4 (рис.1.30.д).



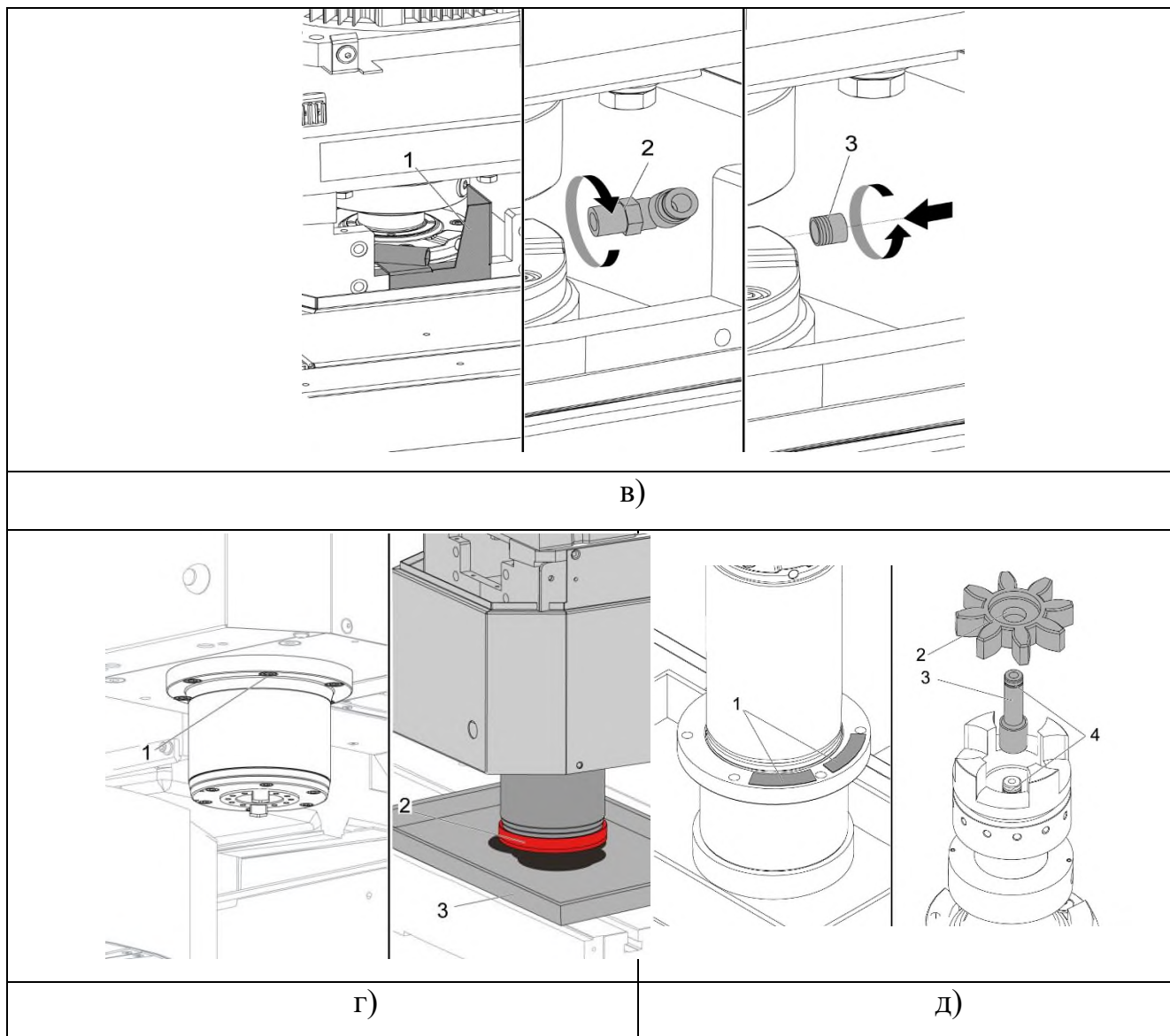


Рис. 1.30 Вилучення пошкодженого шпиндельного вузла

**Б) Встановлення нового шпиндельного вузла.**

1. Потрібно прокрутити вісь Z за напрямком стрілки годинника до вершини руху.

Очистити і обезжирити фланець шпинделя 1 і поверхню головки шпинделя 2, де торкається фланець шпинделя (рис.1.31.а).

2. Необхідно нанести на ці частини тонкий шар мастила: павук 1, трансферну трубку 2 та ущільнювальні кільця 3, для полегшення збирання (рис.1.31.б).

Після цього встановити передавальну трубку та паук в шпиндель.

3. Повернути шпиндель, поки порт масляного з'єднання 1 не вкаже на передній правий край машини.



Візуально вирівняти муфту шпинделя з муфтою двигуна 2. (рис.1.31.в).

4. Необхідно переконаватися, що шпиндельний зчіпний пристрій та муфта двигуна вирівняні з патрубком павука 1, тому що неправильно вирівняні муфти можуть призвести до пошкодження підшипників (рис.1.31.г)

Коли шпиндель повністю входить у корпус шпинделя, необхідно виконати наступні кроки:

- перевірити шпиндель, щоб вирівняти його з отворами у кришці та отворами у корпусі.

- встановити шість гвинтів шпинделя.

Гвинти шпинделя необхідно затягувати методом зірки поетапно. Спочатку затягнути до 14 Н/м, потім до 41 Н/м і остаточно затягнути до 68 Н/м.

6. Зняти пробку 1 з порту масляної арматури на шпинделі.

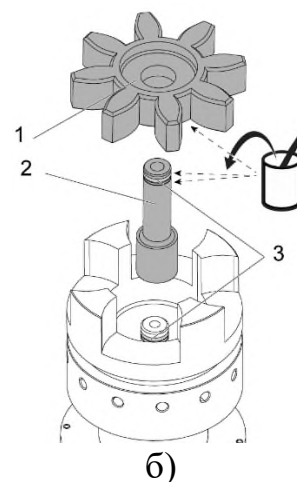
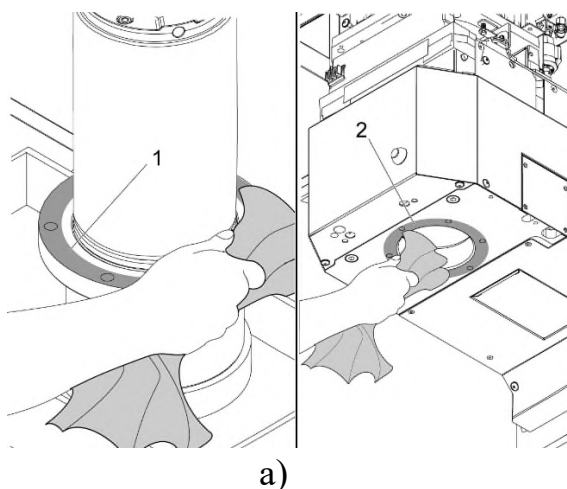
Встановити штуцер змащення шпинделя 2.

Встановити передній скребок повітря 3.

З'єднати трубку змащення шпинделя (рис.1.31.д).

Після цього необхідно ввімкнути обертання шпинделя при 500 об / хв протягом 20 секунд та зупинити шпиндель. Ця процедура дозволить вирівняти двигун та шпиндель.

Після вирівнювання затягнути болти, які кріплять двигун, до монтажної пластини.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ

Арк.

48



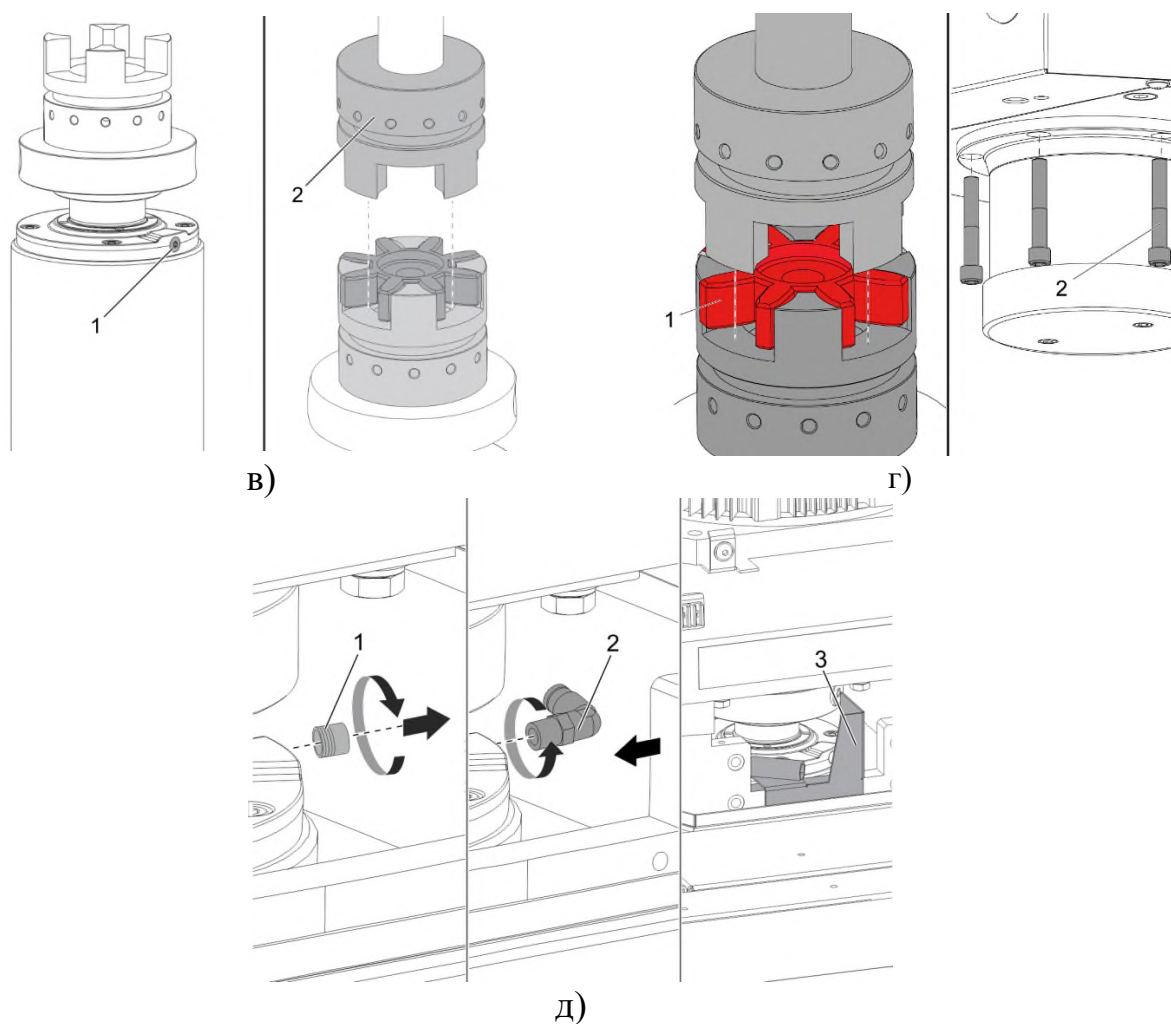


Рис.1.31. Встановлення нового шпиндельного вузла.

#### 1.10.ПЕРЕВІРКА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ТОЧНОСТІ ВЕРСТАТА

Після ремонту верстата необхідно перевірити геометричну точність. Вся перевірка буде виконуватися відповідно до стандарту ISO 10791.

Вимірювання буде проводитись на верстаті CHIRON з вертикальним шпинделем. Для цього фрезерного верстата, було обрано дев'ять геометричних перевірок точності за стандартом ISO 10791-2 для верстатів з вертикальним шпинделем. Перед вимірюванням необхідно очистити всі поверхні, на яких буде проводитися вимірювання. Випробування необхідно проводити при постійній температурі 20°C.

Випробування, які необхідно провести на фрезерному верстаті.

1. Вимірювання торцевого биття на бічній поверхні шпинделя.
2. Вимірювання осевого переміщення шпинделя.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

3. Вимірювання радіального биття внутрішнього конусу на кінці шпинделя.
  4. Вимірювання радіального биття внутрішнього конусу на відстані 300 мм від кінця шпинделя.
  5. Вимірювання паралельності переміщення шпинделя по осі Z: відносно вертикальної площини YZ; відносно вертикальної площини XZ.
  6. Вимірювання прямолінійності переміщення по осі Y.
  7. Вимірювання прямолінійності переміщення по осі X.
  8. Вимірювання кутового відхилення Y.
  9. Вимірювання кутового відхилення X
- Вимірювання 1.

Вимірювання торцевого биття на бічній поверхні шпинделя проводиться на радіусі 40 мм (рис.1.32). Вимірювання полягає в тому що індикатор приєднаний до бічної поверхні шпинделя, і вимірювання проводиться за рахунок обертання шпинделя. Перед тим, як проводити вимірювання, необхідно зняти всі виступаючі частини, які перешкоджають вимірювання. Необхідно провести десять вимірювань, і обробити значення.

Торцеве биття на бічній поверхні не повинно перевищувати 0,01 мм.

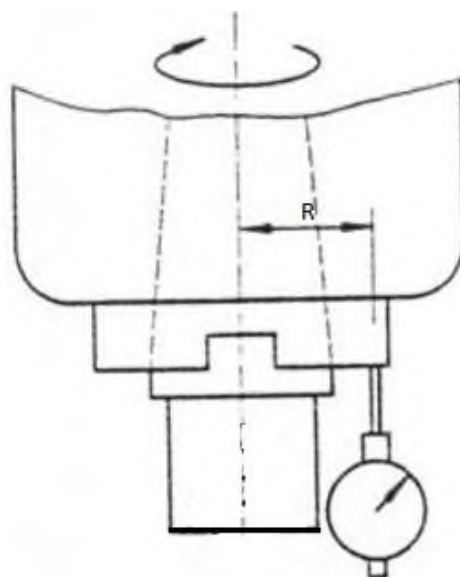


Рис.1.32 . Вимірювання торцевого биття на бічній поверхні шпинделя

### Вимірювання 2.

Вимірювання осьового переміщення проводиться всередині шпинделя на висоті 10 мм від кінця шпинделя. Для вимірювання індикатор необхідно приєднати до внутрішньої поверхні шпинделя, і вимірювання проводиться за рахунок обертання шпинделя. Знову необхідно провести десять вимірювань і обробити значення.

Допустиме значення осьового переміщення не повинно перевищувати значення 0,005 мм.

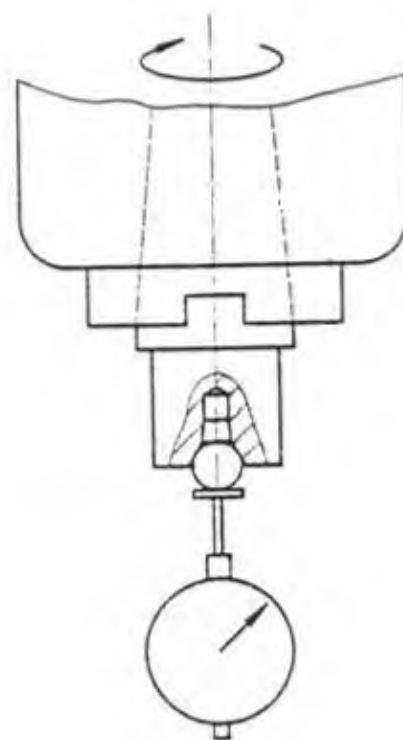


Рис.1.33 Вимірювання осьового биття шпинделя

### Вимірювання 3.

Вимірювання радіального биття внутрішнього конусу проводиться на кінці шпинделя (рис.1.34). Індикатор притискають до оправки на кінці шпинделя і вимірюють радіальне биття. Оправка має бути перпендикулярна столу. Вимірювання було засноване на тому, що індикатор був притиснутий до оправки і відхилення вимірювалося під час обертання.

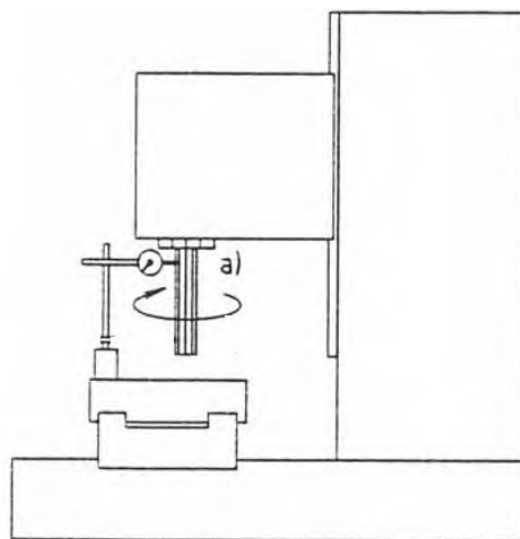


Рис.1.34. Вимірювання радіального биття шпинделя

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

#### Вимірювання 4 .

Вимірювання радіального биття внутрішнього конусу на відстані 300 мм від кінця шпинделя (рис.1.35). Оправка затиснена в шпинделі і шляхом обертання вимірюють радіальне биття. Не має необхідності перевіряти перпендикулярність осі оправки, оскільки це було зроблено в попередніх вимірах.

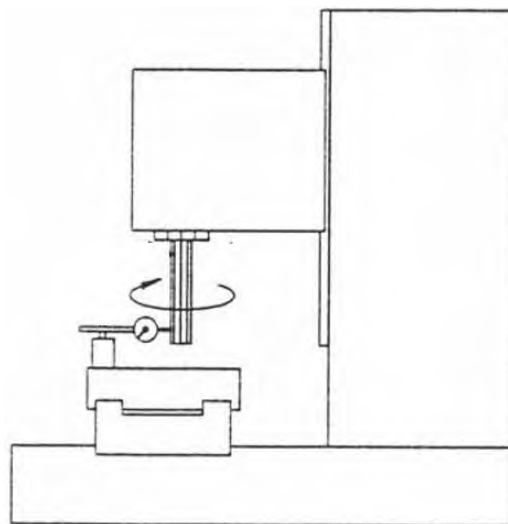


Рис.1.35. Вимірювання радіального биття внутрішнього конусу

#### Вимірювання 5.

Вимірювання паралельності переміщення шпинделя в площині XZ по осі Z проводиться на довжині 300 мм (рис.1.36). Оправка має бути притиснута до осі шпинделя а переміщення здійснюється за рахунок шпинделя по осі Z. Десять вимірювань виконується в початковому положенні, і ще десять вимірювань виконується після обертання оправки 180 °, щоб усунути помилки, що виникають внаслідок неточностей самої оправки, після цього . Для любої ділянки відхилення не повинно перевищувати 0,007 мм / 300 мм

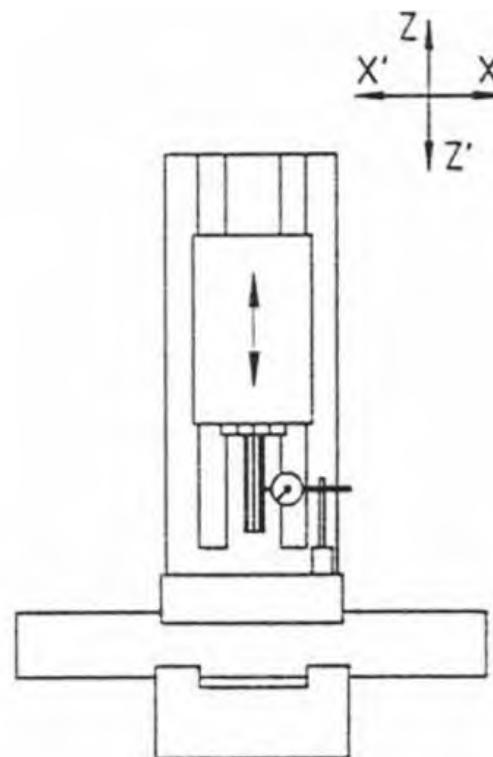


Рис.1.36. Вимірювання паралельності переміщення в площині XZ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вимірювання паралельності переміщення шпинделя в площині YZ виконується в тій же послідовності що й для площини XZ (рис.).

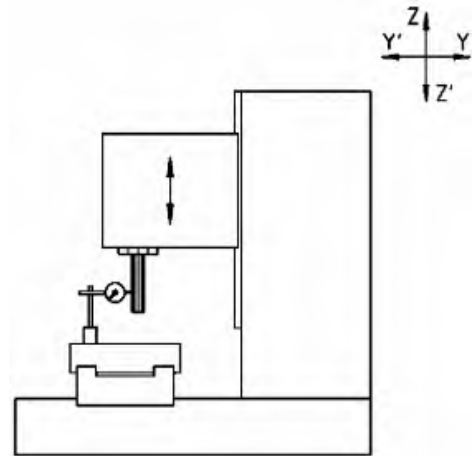


Рис.1.37. Вимірювання паралельності переміщення в площині YZ

Вимірювання 6.

Вимірювання прямолінійності переміщення по осі Y проводиться на відстані 300 мм в поперечному напрямку (рис.1.38). На шпиндельну бабку закріплюється стійка з індикатором, а кінцем індикатора торкаємось столу вимірювання відбувається за рахунок переміщення столу, або шпиндельної бабки. Для будь-якої ділянки відхилення не повинна перевищувати 0,007 мм /300 мм.

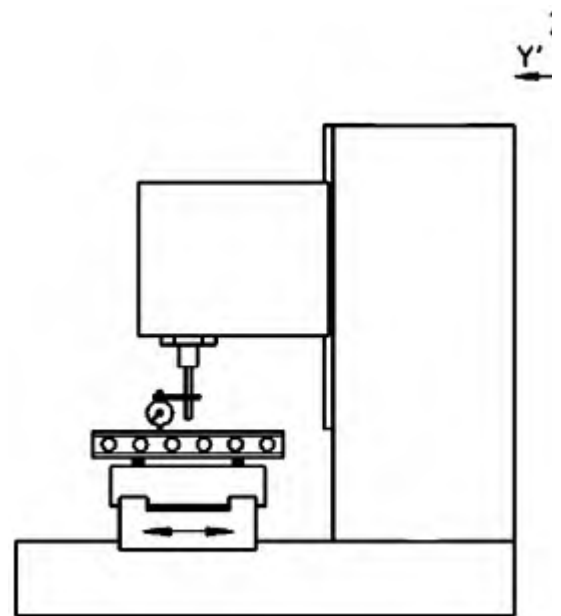


Рис.1.38. Вимірювання прямолінійності переміщення по осі Y

## Вимірювання 7

Вимірювання прямолінійності переміщення по осі  $X$  проводили на відстані 500мм в поздовжньому напрямку (рис.1.39). Порядок розміщення такий, як для попереднього вимірювання. Для будь-якої ділянки відхилення не повинно перевищувати 0,015 мм /500 мм.

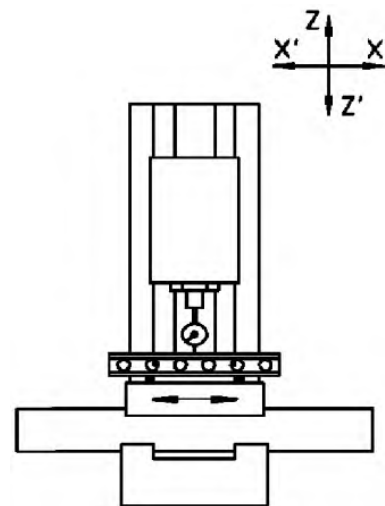


Рис.1.39. Вимірювання кутго відхилення по осі  $X$

## Вимірювання 8.

Вимірювання кутового відхилення по осі  $Y$  проводиться на відстані 1000 мм (рис.1.40). На фрезерному столі встановлюється високоточний рівень, який поступово розміщується в трьох місцях. Перше, на правій стороні столу, потім посередині, і з лівого боку. У кожній з цих позицій необхідно поступово зробили десять вимірів. Після цих вимірів рівень обертася на  $180^\circ$ , і вимірювання знову проводиться десять разів в тих же місцях. Відхилення не повинно перевищувати 60 мікрорадіан на 1000мм.

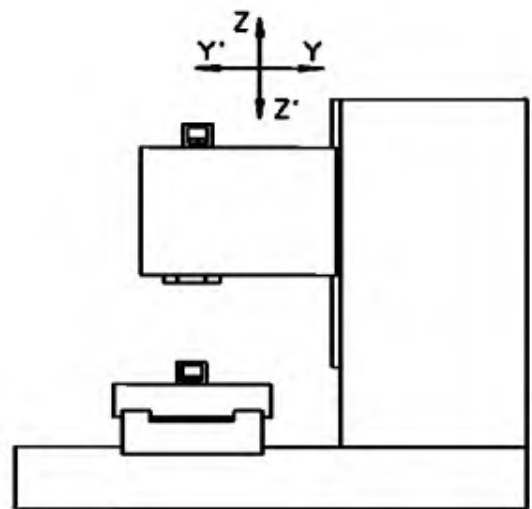


Рис.1.40 Вимірювання кутового відхилення по осі  $Y$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## Вимірювання 9.

Вимірювання кутового відхилення по осі X проводиться на відстані 1000 мм (рис.1.41). Порядок такий як і в попередньому вимірюванні. Відхилення не повинно перевищувати 60 мікрорадіан на 1000мм.

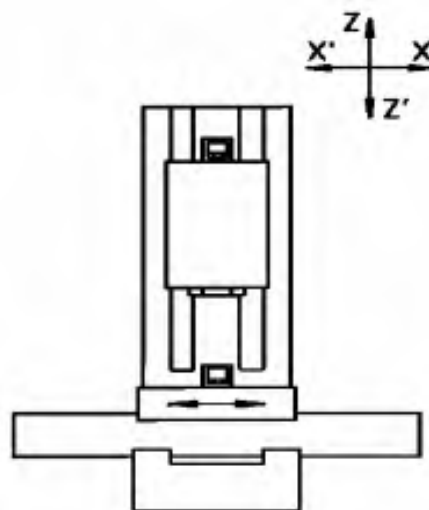


Рис.1.41 Вимірювання кутового відхилення по осі X

## 1.11.МЕТОДИ РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ

Розглянемо шляхи, що в принципі є придатними для базового верстата.

### 1. Підвищення швидкості головного руху.

В базовому верстаті частота обертання шпинделя  $n=10500$  об/хв.

Вивчення документації щодо верстатів-аналогів та продукції фірми Chiron показало, що виробник використовує максимальну частота обертання електрошпинделів даної лінійки верстатів 12000 об/хв, та у базовому верстаті застосовано обмеження в системі керування. За потребою обмеження може бути усунене. Тобто підвищення швидкості приводу головного руху не є нагальною потребою, може здійснюватися безпосередньо виробником.

### 2. Збільшення місткості інструментального магазину.

Обробка складних деталей, які потребують значної кількості інструментів, або обробка кількох різних деталей, які потребують різної комплектації інструментів може потребувати саме такого вдосконалення конструкції.

Базовий верстат передбачає використання інструментального магазину на 12 інструментів, але фірма-виробник може запропонувати використання магазину на 20 інструментів.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення необхідності подальшого збільшення кількості інструментів в магазині необхідно проаналізувати оброблювані деталі та програми випуску. Данні для подібного аналізу відсутні, тому він нездійснювався.

### 3. Збільшення кількості керованих координат.

Дуже популярний метод розширення технологічних можливостей за рахунок забезпечення руху за 4-ою та 5-ю осями керування, тобто компоновки 3+1 та 3+2 замість складного й вартісного п'ятикоординатного верстату. При цьому не збільшується площа, маса верстату не збільшується значним чином і є значно меншою, ніж у п'ятикоординатного. Відповідно, меншими є витрати енергії. Можливою є обробка деталей, які одночасно встановлені на столі, при тому з кількох сторін, системи затиску можуть застосовуватись різноманітні. Можна оброблювати дрібні й середнього розміру деталі.

Конструктивна реалізація здійснюється використанням різного типу поворотних чи поворотно-ділильних столів. Існує досить значна кількість різних конструкцій, що їх випускають відомі фірми. Оберемо саме цей шлях розширення технологічних можливостей базового верстату.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2. РОЗРАХУНКОВО-ПРОЕКТУВАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1. ЗБІЛЬШЕННЯ КІЛЬКОСТІ КЕРОВАНИХ РУХІВ

В базовому верстаті маємо трьох координатну обробку. Всі рухи здійснює шпиндельна бабка за нерухомого стола.

Для розширення технологічних можливостей базового верстата можна використати компоновки 3+1, або 3+2, відповідно, чотири, або п'ять керованих рухів. Вказані рухи можуть мати, безперервне керування в процесі обробки, або дискретно позиційне керування.

Подібні столи виготовляються відповідними виробниками . Використовується подібне рішення для верстатів інших серій.

### 2.2. ВИБІР ПОВОРОТНОГО СТОЛУ

Для розширення технологічних можливостей був обраний поворотний стіл фірми Nikken CNC 180 (рис.2.1) з технічними характеристиками які вказані в таблиці 2.1.



Рис. 2.1. Поворотний стіл Nikken CNC 180

Таблиця 2.1

Технічні характеристики поворотного столу Nikken CNC

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр стола	мм	100
Діаметр отвору шпинделя	мм	Ø34 H7 x ø52
Висота центрів	мм	126.5
Зажимна система		Air
Зусилля зажима	Н·м	303
Інерція стола на валу двигуна	kg m <sup>2</sup> ·10 <sup>-3</sup>	0.08
Серводвигун	min <sup>-1</sup>	2/5000i . 2000
Мін. крок		0.001°
Швидкість обертання	min <sup>-1</sup>	22.2
Загальне передаточне число		1/90
Точність ділення	с	±20
Маса	кг	43
Макс. робоче навантаження на стіл		
По вертикалі	кг	100
По горизонталі	кг	200
Макс. осьове навантаження	Н	10780
	(F X L) Н·м	415
	(F X L) Н·м	980
Макс. інерція (по вертикалі)	kg m <sup>2</sup>	0.40
Крутний момент	Н·м	72

### 2.1.3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОВОРОТНОГО СТОЛУ

В системі застосовується твердосплавний черв'ячний гвинт (рис. 2.2.) – твердий і зберігає міцність при швидкому обертанні. Матеріал гвинта - Карбід марки V - що має високу стійкість до зношення і міцність. Працюючи в дуже важких режимах, Гвинт з твердого сплаву дозволяє забезпечувати високу точність практично постійною. Якщо порівняти конструкцію даного з звичайною конструкцією черв'ячної передачі (черв'ячні колесо з фосфористої або алюмінієвої бронзи і сталевий гвинт) ця черв'ячна передача дозволяє істотно знизити швидкість зносу. Таблиця вимірювань протягом декількох років показує цю велику різницю. Для того щоб досягнути кращу ударну міцність в черв'ячних передачах з малим модуля зуба використовується гвинт із спеціального сталевого сплаву.



Рис 2.2. Твердосплавний черв'ячний гвинт.

Для виготовлення черв'ячного колеса був виготовлений на замовлення компанії NIKKEN спеціальний сталевий сплав. Черв'ячне колесо піддається загартуванню, а зуби - іонному азотуванню. Така технологія обробки вирішує проблему тертя ковзання пари твердий сплав – азотований сталь. Твердість на поверхні зубів черв'ячного колеса досягає HV-930 (на глибину 0,1 мм), твердість серцевини зуба - HRC36 (рис.2.3). Ця технологія обробки дає можливість сприймати поворотним столом високих навантажень на протязі тривалого проміжку часу без погіршення якості і точності обробки деталі.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.2.3. Твердість поверхні зубів черв'ячного колеса.

Якщо порівняти звичайні поворотні столи, в яких встановлені черв'ячні колеса з традиційних матеріалів (фосфориста бронза, алюмінієва бронза), то столи NIKKEN володіють набагато більшою довговічністю та стійкістю до високих навантажень. Ступінь спрацювання черв'ячної системи NIKKEN у багато разів нижча від аналогічних фірм виробників, виготовленої, наприклад, з фосфористої бронзи (рис.2.3).

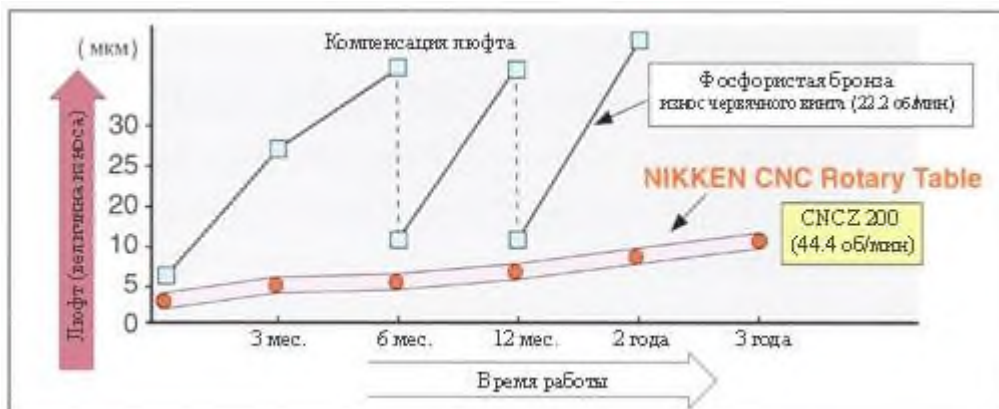


Рис. 2.4. Ступінь зносу черв'ячної передачі.

Якість виготовлення зубчастих передач і дослідження кута тиску черв'ячного гвинта на колесо дало можливість досягти більш високої швидкості обертання стола (66.6 об / хв). У високошвидкісних поворотно-ділильних столах NIKKEN з ЧПУ Z серії за рахунок обертання гвинта створюється високий тиск, що нагнітає масло в зазор між зубами, це дає можливість запобігти контакт метал-метал, за рахунок виникнення ефекту динамічної масляної плівки високого тиску [29] . Це зменшує знос зубів гвинта та черв'ячного і забезпечує системі високу міцність і довговічність.

## 2.2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ ТА СИЛ РІЗАННЯ

Вихідні данні:

Матеріал: Алюміній Д16Т  $\delta_B = 400$  МПа

Вибір глибини різання визначаємо по рекомендаціях фірми Sandvik Coromant (каталог Обертів інструменти: фрезерування, свердління, 2018 рік)

Розрахунок виконувався на сайті фірми Sandvik Coromant:

<https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/tools.aspx>

**Інструмент:** CoroMill® Plura R216.24-20030BAJ10G 1610 (рис.2.5)

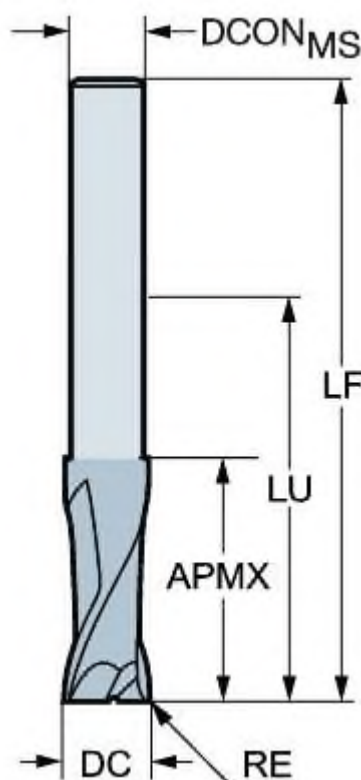


Рис.2.5. Основні розміри фрези CoroMill® Plura

Діаметр різання (DC) **20 mm**

Радіус при вершині (RE) **2,5 mm**

Максимальна глибина різання (APMX) **26 mm**

Робоча довжина (LU) **100 mm**

Число ефективних різальних кромки 2

Сплав **H10F**

Діаметр з'єднання (DCON) **19,7 mm**

Функціональна довжина (LF) **150 mm**

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Максимальне число перезаточування 3

Максимальна частота обертання 40000 1/min

Маса елемента 0,604 кг.

### Результати розрахунку:

Глибина різання: 4мм;

Ширина фрезерування: 17,5 мм;

Подача на зуб: 0,35мм/зуб;

Швидкість різання: 309м/мин;

Оберти шпинделя: 4910 об. мин;

Швидкість подачі: 3440 мм/мин;

Потужність різання: 7,04 кВт;

### Розрахунок сил різання:

Коефіцієнти пропорційності та показники степеня для розрахунку швидкості різання [1]:

$$C_p=825 \quad x_p=1 \quad y_p=0,75 \quad w_p=0,2 \quad q_p=1,3 \quad u_p=1,1$$

$$P_z = \left( \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_z^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^w} \right) \cdot K_p;$$

Загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_p = K_{\mu p} \cdot K_{vp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\phi p};$$

Визначемо коефіцієнт при обробці, показник степеня  $n=0,3$ . Тоді:

$$K_{\mu p} = \left( \frac{\delta_B}{750} \right)^n = \left( \frac{400}{750} \right)^{0,3} = 0,828;$$

$$K_{\gamma p} = 1 \quad K_{\phi p1} = 1,2 \quad K_{\phi p2} = 1,06$$

Тоді значення загально поправного коефіцієнта дорівнює

$$K_p = 0,828 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,06 = 1,053;$$

Головна складова сили різання при фрезеруванні:

$$P_z = \left( \frac{10 \cdot 825 \cdot 4^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 2}{20^{1,3} \cdot 4910^{0,2}} \right) \cdot 1,053 = 2034 \text{Н};$$

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_y = 0.35 \cdot P_z = 0.35 \cdot 2034 = 711.9;$$

$$P_x = 0.53 \cdot P_z = 0.53 \cdot 2034 = 1078;$$

### Значення моментів:

Крутний момент від сили  $P_z$ :

$$M_z = P_z \cdot D \cdot \frac{10^{-3}}{2} = 2034 \cdot 20 \cdot \frac{10^{-3}}{2} = 20.3 \text{ Н/м};$$

Згинальний момент від сили  $P_x$ :

$$M_x = P_x \cdot D \cdot \frac{10^{-3}}{2} = 1078 \cdot 20 \cdot \frac{10^{-3}}{2} = 10.7 \text{ Н/м};$$

Згинальний момент від сили  $P_y$ :

$$M_y = P_y \cdot \left[ \left( H_{\text{ф}} + L_{\text{опр}} \frac{L_{\text{к}}}{2} \right) 10^{-3} \right];$$

$H_{\text{ф}}=150\text{мм}$  висота фрези, мм

$L_{\text{опр}}=35\text{мм}$  відстань від торця шпинделя до заднього торця корпусу фрези, мм

$L_{\text{к}}=68.4\text{мм}$  довжина конусу BT40 7/24, мм

$$M_y = 711.9 \left[ \left( 150 + 35 + \frac{68.4}{2} \right) \cdot 10^{-3} \right] = 155.85 \text{ Н/м};$$

## 2.3. РОЗРАХУНОК ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА

### 2.3.1. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ШПИНДЕЛІВ

Шпинделі призначені для закріплення і обертання заготовок або різального інструменту, та забезпечують задане положення їх відносно інших вузлів верстата. Для забезпечення необхідної точності верстата протягом необхідного терміну служби до шпиндельних вузлів верстаті пред'являють в наступні основні вимоги [12]:

- 1) точність обертання яка вимірюється биттям переднього кінця шпиндельного вузла в радіальному чи осьовому напрямках;
- 2) твердість шпиндельного вузла, обумовлена пружними переміщеннями переднього кінця шпинделя, обумовлене піддатливістю власне шпинделя і його

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опор; радіальна й осьова твердість шпиндельного вузла чильно впливає на точність обробки;

3) вібростійкість шпиндельного вузла.;

4) довговічність шпиндельних вузлів, що пов'язана з довговічністю опор шпинделя;

5) обмеження тепловиділення і температурних деформацій шпиндельного вузла, що сильно впливають на точність обробки;

За умовами роботи шпинделі можуть бути розділені на наступні групи:

1) шпинделі, що піддаються згинальним і крутним впливам (токарних, фрезерних, шліфувальних і інших верстатів); 2) шпинделі, піддані переважно крутним впливам і тому мало впливають на точність і переважно шорсткість оброблюваних поверхонь (свердлильних, різьбонарізних, хонінгувальних верстатів).

Одним із основних факторів, що впливають на вибір матеріалу шпинделя, є твердість та зносостійкість робочих частин, базуючих поверхонь фланців і сталість розмірів і форми шпинделя в процесі його виготовлення і роботи.

Для шпиндельних вузлів нормальної й підвищеної точності (Н і П), які установлюються в підшипниках кочення, у якості головного методу зміцнення рекомендується загартування верхнього з індукційним нагріванням до твердості HRC 48 – 56. Ця твердість має забезпечується при збиранні шпинделів зі сталей марок 40Х 45, 50.

В більшості обробних верстатах шпиндельні опори являють собою підшипники кочення різних видів.

### 2.3.2. РОЗРАХУНОК ШВ

Вихідні дані:

$l = 194 \text{ мм}; a = 81 \text{ мм}.$

За значенням параметру швидкохідності  $K_v = dn_{\max} K_v = d_{n \max}$ , обираємо компоновальну схему ШВ – тип, кількість, розташування підшипників (рис.2.6).

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



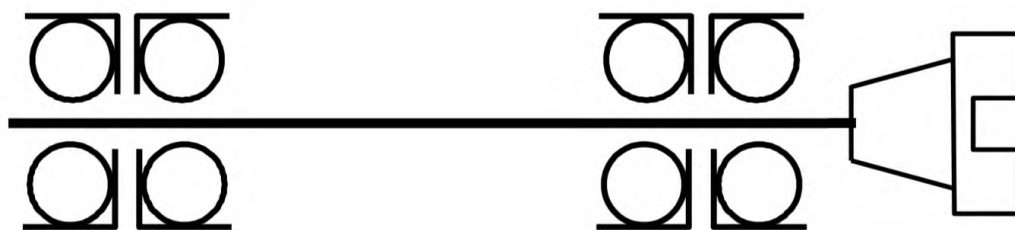


Рис 2.6 Компонувальна схема шпиндельного вузла

Швидкохідність -  $(d \cdot n) \cdot 10^5 = 8.8 \text{ мм} \cdot \text{хв}^{-1}$

Уточнюємо швидкісний параметр ШВ, в залежності від конструктивних умов.

Для цього необхідно попередньо вибрати тип змащування, оцінюємо навантаженість верстата, клас жорсткості верстата, тип попереднього натягу. Максимально допустиму частоту обертання підшипників приймаємо для попередніх розрахунків  $[n_{max}] = n_k \gamma$  де  $n_k$  – припустима частота обертання за каталогом;

$\gamma = 0,8$  – коефіцієнт, що враховує умови теплопередачі та якість монтажу

Шпиндель з опорами є зазвичай статично невизначеною системою, навантаженою зовнішніми зусиллями (сили різання та зусилля від приводу) та внутрішніми (теплові, кінематичні, монтажні).

Розрахункова схема відображає навантаження, які прикладені на шпиндельний вузол, елементи, що сприймають це навантаження (опори ШВ), параметри, що характеризують розташування елементів розрахункової схеми та властивості цих елементів (розміри, жорсткість, тощо).

Для попередніх розрахунків шпиндель розглядають як статично визначену балку східчасто-змінного перерізу опорах, при цьому з усіх опор обирають найвіддаленіші одна від одної. Тип опор на розрахунковій схемі обирають в залежності від типу та компоновки підшипників (рис.2.7).

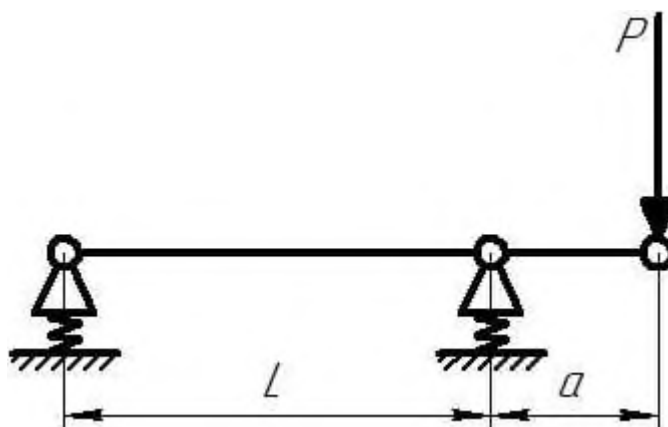


Рис. 2.7 Схема навантаження шпинделя

### 2.3.3. РОЗРАХУНОК ЖОРСТКОСТІ ОПОР

Жорсткість ШВ визначають з врахуванням жорсткості його опор, визначення якої є найвищою задачею при розрахунку ШВ на жорсткість.

Внаслідок селективного методу складання підшипників їх параметри, навіть у невеликої групи підшипників одного типу, можуть відрізнятися досить суттєво.

Вважають, що радіальні підшипники мають лише радіальну жорсткість, радіально-упорні — радіальну, осьову та кутову; упорно-радіальні — осьову та кутову жорсткість. Тобто жорсткість опор залежить від типу підшипників. Радіальна жорсткість опор з дворядним роликопідшипником вища ніж у випадку двох радіально-упорних шарикопідшипників в 2-3 рази.

Достовірні способи оцінки якості складання підшипникових опор відсутні, що зумовлює невизначеність стану підшипника в опорі. Це стосується монтажних навантажень, дійсних значень перекосів кілець, додаткових спотворень форми доріжок кочення і т. ін.

Визначаємо реакції в передній  $R_1$  та задній  $R_2$  опорах відповідно.

Реакція передньої опори

$$R_1 = \frac{P \cdot (a + l)}{l} = \frac{1627 \cdot (194 + 81)}{194} = 2.36 \text{ kN};$$

Реакція задньої опори

$$R_1 = \frac{P \cdot a}{l} = \frac{1627 \cdot 81}{194} = 704 \text{ Н};$$

Жорсткість передньої (задньої) опори на підшипниках кочення :

$$C_{r1} = \frac{R_1}{\delta_r' + \delta_r''}, \quad C_{r2} = \frac{R_2}{\delta_r' + \delta_r''};$$

де  $\delta_r'$ ,  $\delta_r''$  – пружне зближення тіл кочення та кілець підшипників і контактне зближення на посадочних поверхнях підшипника, шпинделя і корпусу.

$\delta_r = (\delta_r' + \delta_r'') = k_{\text{ш}} \cdot R^{\frac{2}{3}}$ ; де  $k_{\text{ш}}$  – коефіцієнт піддатливості.

$$K_{\text{ш}} = 10^{-4}(0,7-0,02 \cdot) = 0,000058 \text{ см} \cdot \text{кгс}^{-2/3};$$

$$\delta_{r1} = (\delta_r' + \delta_r'') = k_{\text{ш}} \cdot R_1^{\frac{2}{3}} = 0,000058 \cdot 2.36^{\frac{2}{3}} = 0,00016;$$

$$\delta_{r2} = (\delta_r' + \delta_r'') = k_{\text{ш}} \cdot R_2^{\frac{2}{3}} = 0,000058 \cdot 0.706^{\frac{2}{3}} = 0.0000583;$$

Жорсткість передньої опори :

$$C_{r1} = \frac{1627}{0.0016} = 0.14 \cdot 10^5 \text{ кН/мм};$$

Жорсткість задньої опори:

$$C_{r2} = \frac{1627}{0,0000583} = 0.11 \cdot 10^5 \text{ кН/мм};$$

Визначаємо піддатливість передньої опори:

$$e_1 = \frac{1}{C_{r1}} = \frac{1}{0.14 \cdot 10^5} = 0.07 \cdot 10^{-7} \text{ мм/кН};$$

Визначаємо піддатливість задньої опори:

$$e_2 = \frac{1}{C_{r2}} = \frac{1}{0.11 \cdot 10^5} = 0., \cdot 10^{-7} \text{ мм/кН};$$

#### 2.3.4 ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЛЬНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ПЕРЕДНЬОГО КІНЦЯ ШПИНДЕЛЯ

$$y = y_{\text{ш}} + y_{\text{по}} + y_{\text{зс}};$$

де  $y_{\text{ш}}$ ,  $y_{\text{по}}$ ,  $y_{\text{зс}}$  – радіальне переміщення, що виникає під дією сил згину шпинделя, піддатливістю опор та зсуву дії поперечних сил (величиною  $y_{\text{зс}}$  можна знехтувати, так як вона не перевищує 3 – 6 % від  $y$ , тому:

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y = y_{ш} + y_{по};$$

Радіальне переміщення від згину шпинделя :

$$y_{ш} = \frac{P \cdot a^2}{3E} \left[ \frac{a}{j_2} + \frac{l(1 - E_3)}{j_1} \right],$$

де  $E$  – модуль пружності,  $E = 2,1 \cdot 10^6$  Па;  $J_1, J_2$  – осьові моменти інерції відповідно міжопорної частини та передньої консолі;

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{d_0}{d} \right)^4 \right],$$

Осьовий момент інерції міжопорної частини:

$$J_1 = \frac{\pi \cdot 70^4}{64} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{36}{70} \right)^4 \right] = 1096140.3 \text{ мм}^4$$

Осьовий момент інерції передньої консолі:

$$J_2 = \frac{\pi \cdot 90^4}{64} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{36}{90} \right)^4 \right] = 3138178.7 \text{ мм}^4$$

Радіальне переміщення під дією згину шпинделя:

$$y_{ш} = \frac{P \cdot a^2}{3E} \left[ \frac{a}{j_2} + \frac{l(1 - E_3)}{j_1} \right] = \frac{1627,2 \cdot 81^2}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5} \left[ \frac{81}{1096140.3} + \frac{194(1 - 0,4)}{3138178.7} \right] = 3.48 \text{ мкм}$$

Визначаємо піддатливість опор:

$$\begin{aligned} y_{оп} &= P \left\{ e_1 \left[ \frac{a \cdot (1 - E_3) + l^{-2}}{l} \right] + e_2 \cdot (1 - E_3) \cdot \left( \frac{a}{l} \right)^2 \right\} = \\ &= 1627.2 \left\{ 0.07 \cdot 10^{-7} \left[ \frac{81 \cdot (1 - 0.4) + 194^{-2}}{194} \right] + 0.09 \cdot (1 - 0.4) \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \left( \frac{81}{194} \right)^2 \right\} = 1.86 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Радіальне переміщення переднього кінця шпинделя:

$$y = y_{ш} + y_{он} = 3.48 + 1.86 = 5.34 \text{ мкм};$$

### 2.3.5 ВИЗНАЧЕННЯ РАДІАЛЬНОГО БИТТЯ ПЕРЕДНЬОЇ ТА ЗАДНЬОЇ ОПОРИ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА

Передньої опори:

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_A = \frac{\Delta}{6 \cdot \left(1 + \frac{a}{l}\right)} = \frac{0.003}{6 \cdot \left(1 + \frac{81}{194}\right)} = 0.0004 \text{ мм};$$

Задньої опори:

$$\delta_B = \frac{\Delta}{6 \cdot \frac{a}{l}} = \frac{0.003}{6 \cdot \frac{81}{194}} = 0.0012 \text{ мм}$$

де  $\Delta$  – допуск на радіальне биття кінця шпинделя .

### 2.3.6 ВИЗНАЧЕННЯ ДЕМФІРУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШВ

Демпфіруючі властивості шпиндельного вузла можна кількісно оцінити за допомогою логарифмічного декременту коливань  $[y]$ , які для верстатів токарної групи складають  $[y] = 0,40$ .

$$\lambda_{ш} = 0.5 \frac{\psi_1 \cdot \psi_2 \cdot l^2}{a^2 \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot (l \cdot a)^2}$$

$\psi_{1,2}$  – відносне розсіювання енергії як в передній так і в задній опорах.

Приймаємо в залежності від типу підшипників  $\psi_1 = 0,4$ ;  $\psi_2 = 0,21$

$$\lambda_{ш} = 0.5 \cdot \frac{0.4 \cdot 0.21 \cdot 194^2}{81^2 \cdot 0.4 \cdot 0.21 \cdot (194 + 81)^2} = 0.3$$

$\lambda_{ш} = 0.3 > [\lambda] = 0.27$  – умова демфірування виконується.

## 2.4. РОЗРАХУНОК ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА В СЕРЕДОВИЩІ AUTODESK INVENTOR

### 2.4.1. РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА

Для шпинделя фрезерного обробного центра верстата CHIRON FZ12W передні радіально-упорні кулькові однорядні підшипники HS 7014 C.T.P4S FAG замінюємо двома опорами рівномірно розташованими по ширині внутрішнього кільця підшипника, жорсткість кожної з яких дорівнює 0,25 жорсткості зазначеного підшипника. Перша опора від переднього кінця шпинделя є вільною, а друга – фіксована. А два підшипника задньої опори HS 71914 C.T.P4S FAG замінюємо однієї пружною опорною точкою між

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підшипниками.

Розрахункова схема шпинделя з врахуванням сказаного вище має вигляд, показаний на рис.2.8 .

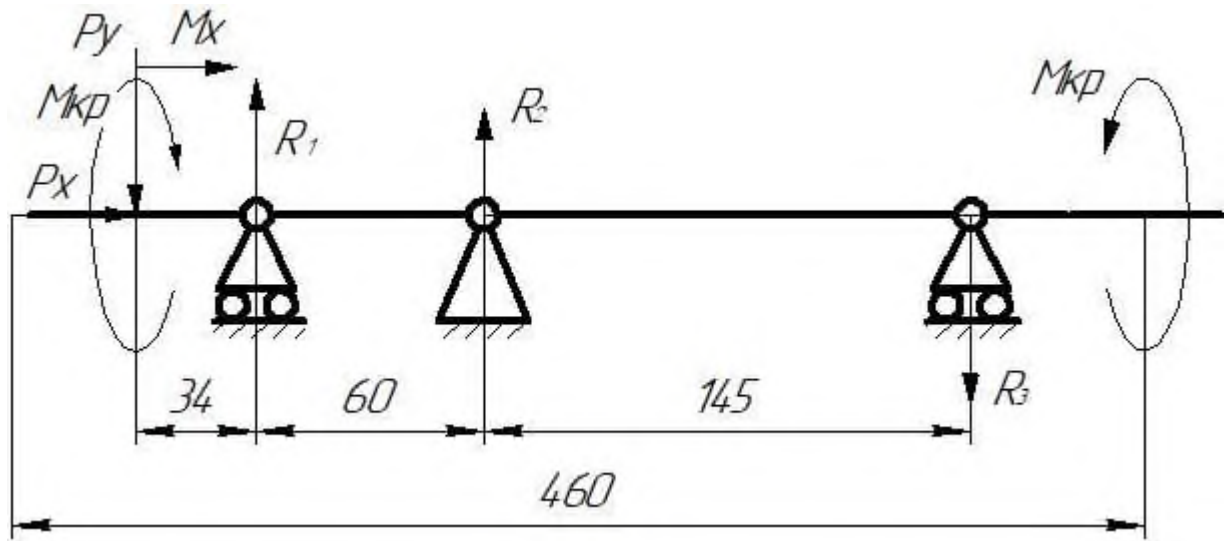


Рис.2.8. Розрахункова схема шпинделя як балки на кількох опорах

## 2.4.2. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ШПИНДЕЛЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

### Матеріал

Матеріал		Сталь
Модуль пружності E		206000 МПа
Модуль жорсткості G		80000 МПа
Щільність	$\rho$	7860 кг/м <sup>3</sup>

### Властивості розрахунку

Включити			
Да	Щільність	$\rho$	7860 кг/м <sup>3</sup>
Да	Коефіцієнт зміщення при зсуві $\beta$		1,188 бр
	Кількість ділянок		1000 бр
	Режим приведеного напруження		Tresca-гость

### Навантаження

Індекс	Положення	Радіальна сила	Изгибающий момент	Осевая	Крутящий	Отклонение
--------	-----------	----------------	-------------------	--------	----------	------------

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			70

		Y	X	Значение	Направление	Y	X	Значение	Направление	сила	момент	Y	X	Значение	Направление
M1	36 мм					155,8 Н м	10,7 Н м	156,1 Н м	3,93 град			-1,252 мкМ	-0,211 мкМ	1,269 мкМ	189,59 град
T1	36 мм										-20,30 Н м	-1,252 мкМ	-0,211 мкМ	1,269 мкМ	189,59 град
F1	36 мм									1078,0 Н		-1,252 мкМ	-0,211 мкМ	1,269 мкМ	189,59 град
F2	36 мм	2034 Н	711 Н	2154,6 Н	19,27 град							-1,252 мкМ	-0,211 мкМ	1,269 мкМ	189,59 град
T2	460 мм										20,30 Н м	-1,118 мкМ	-0,097 мкМ	1,122 мкМ	184,95 град

## Опоры

Индекс	Тип	Положение	Сила реакции					Тип	Отклонение				Угол отклонения
			Y	X	Значение	Направление	Осевая сила		Y	X	Значение	Направление	
1	Свободные	70 мм	596 5 Н	1241 Н	6092, 8 Н	11,75 град		Пользовательский	0 мкМ м	0 мкМ м	0,000 мкМ	21,54 град	0,00 град
2	Фиксированные	130 мм	- 358 9, Н	-486,3 Н	3622, Н	187,7 2 град	1078, 000 Н	Пользовательский	0,0 01 мкМ м	0 мкМ м	0,001 мкМ	10,53 град	0,00 град
3	Свободные	460 мм	- 248 Н	-43,6 Н	252,2 Н	189,9 7 град		Пользовательский	0,0 01 мкМ м	0 мкМ м	0,001 мкМ	11,40 град	0,00 град

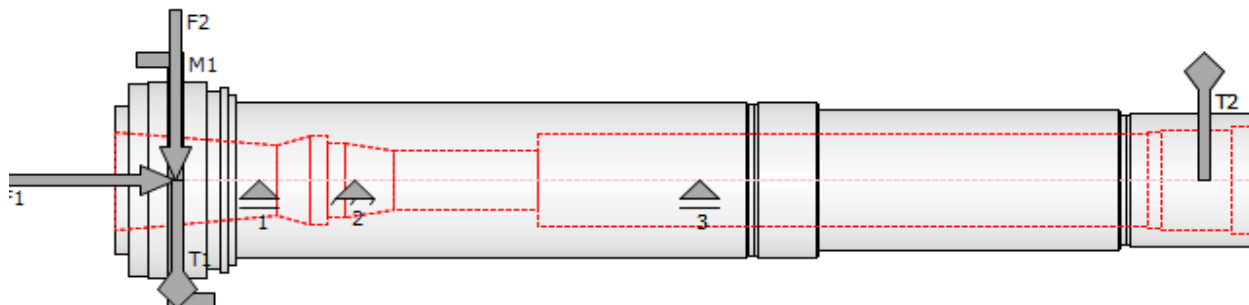
## Результаты

Длина	L	481,500 мм
Масса	Масса	9,466 кг
Максимальное напряжение при изгибе	$\sigma_B$	6,518 МПа
Максимальное напряжение при сдвиге	$\tau_S$	1,522 МПа
Максимальное напряжение при кручении	$\tau$	0,731 МПа
Максимальное напряжение при растяжении	$\sigma_T$	0,416 МПа
Максимальное приведенное напряжение	$\sigma_{red}$	7,412 МПа

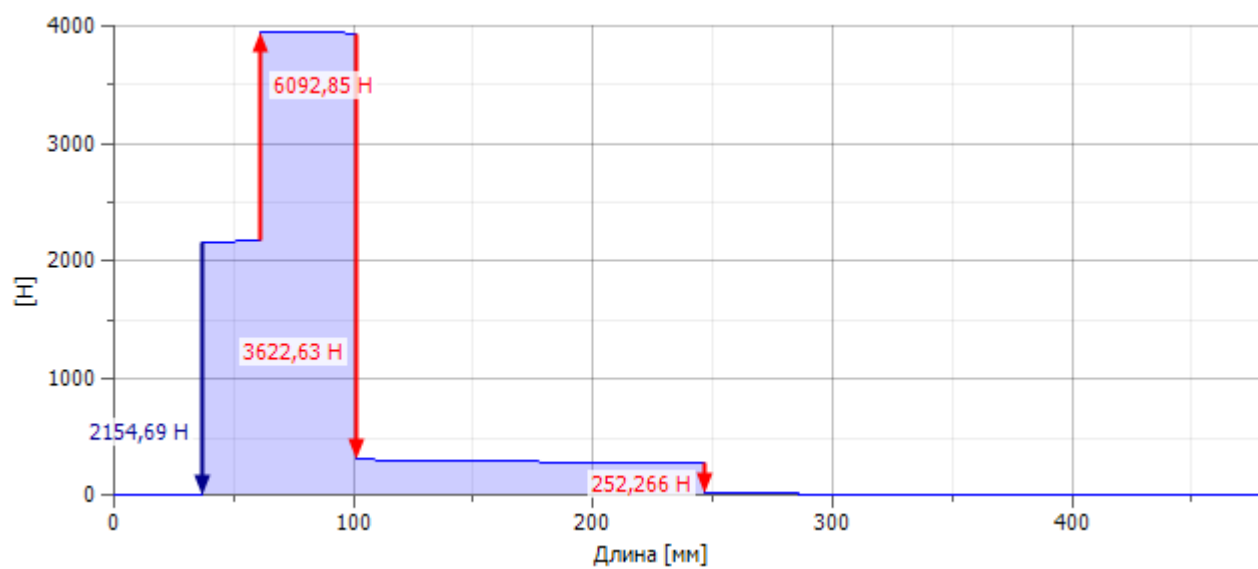
					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальное отклонение	$f_{\text{макс}}$	3,062 мкм
Угол закручивания	$\varphi$	-0,00 град

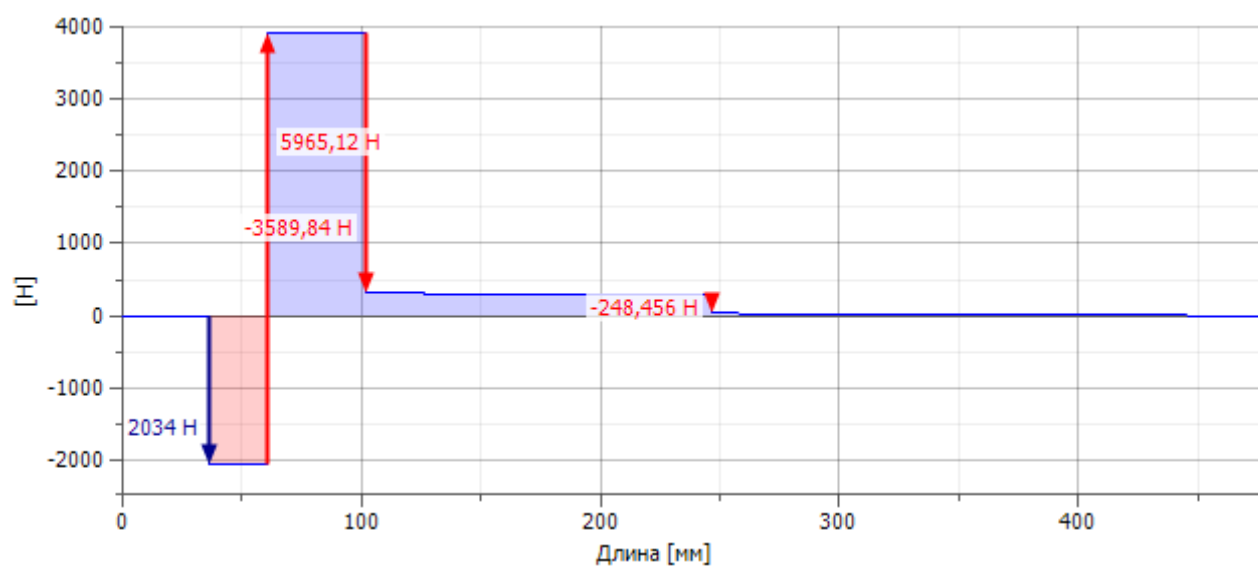
## Просмотр



## Сила сдвига



## Сила сдвига, Плоскость YZ



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

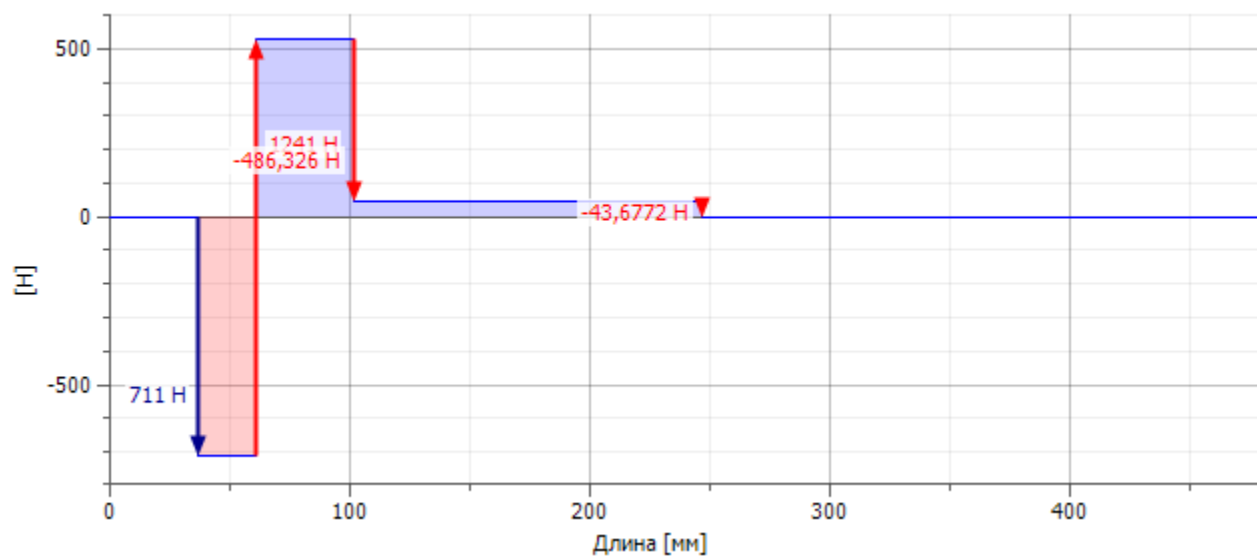
МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ

Арк.

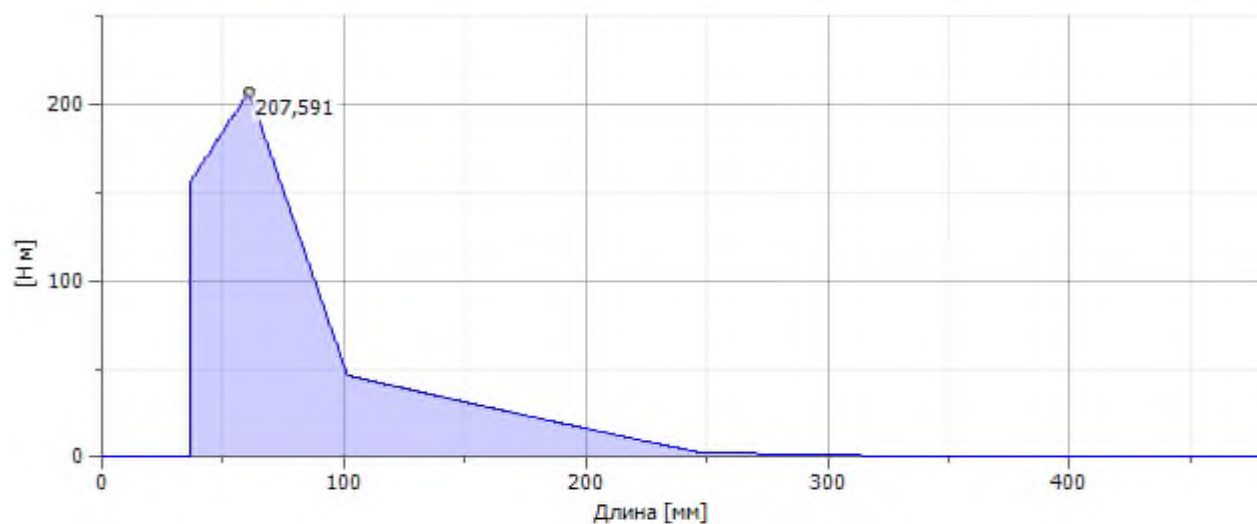
72



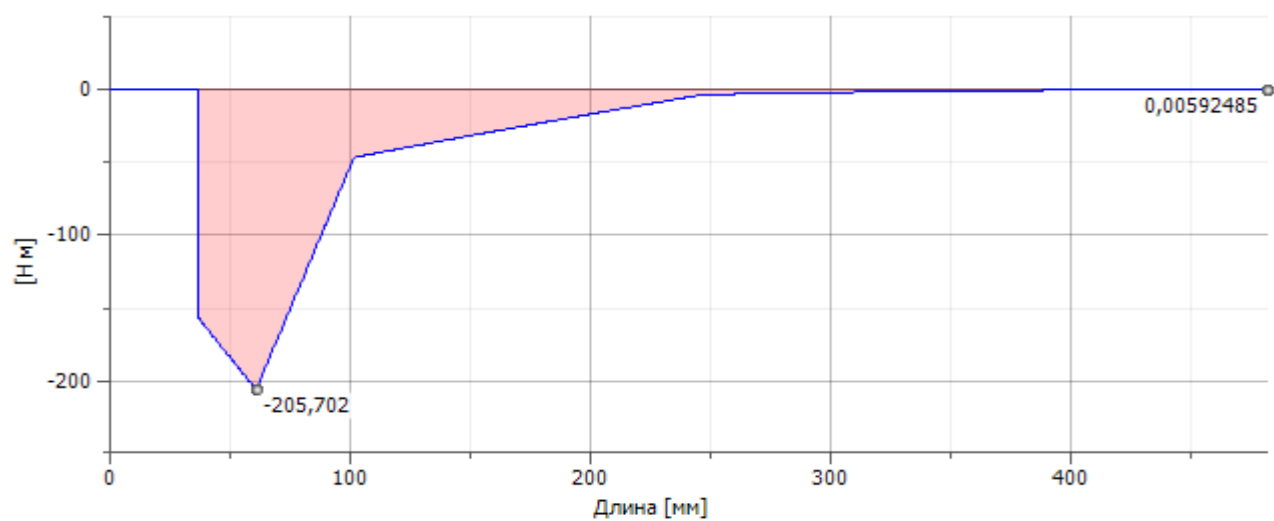
### Сила сдвига, Плоскость XZ



### Изгибающий момент

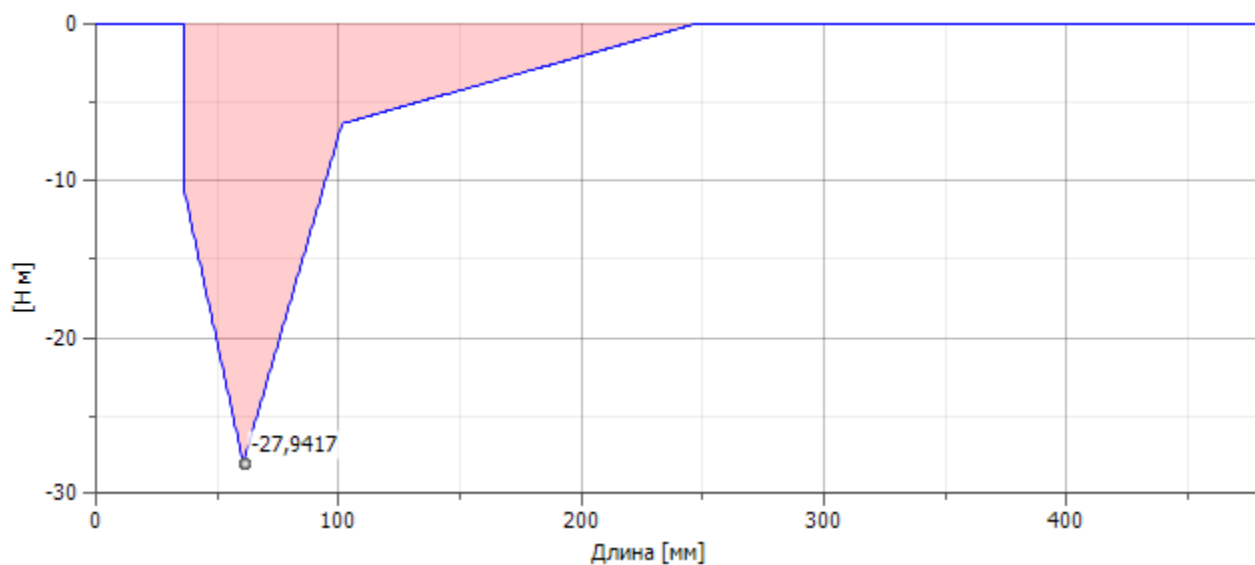


### Изгибающий момент, Плоскость YZ

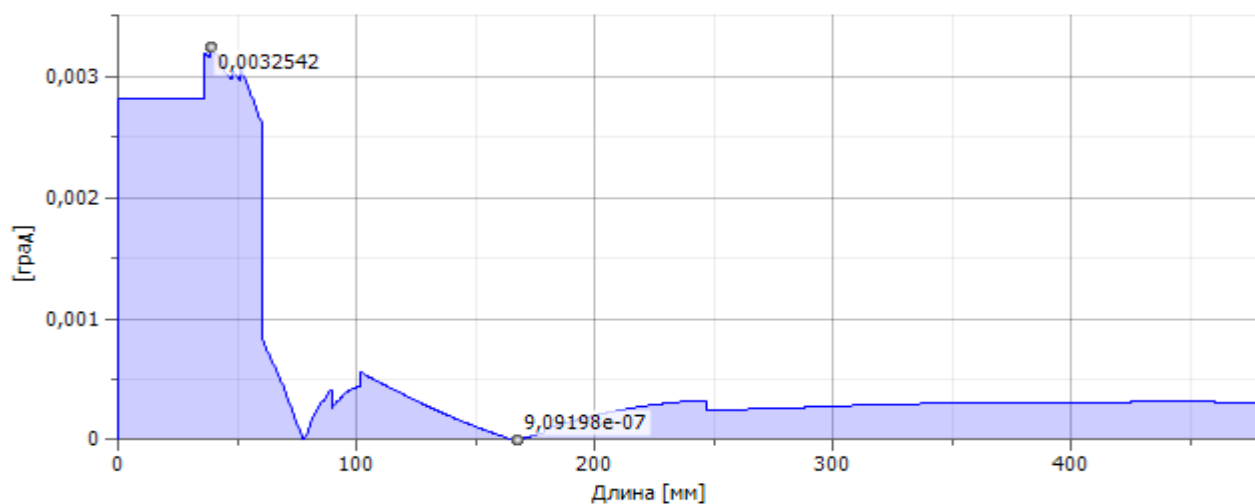


					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

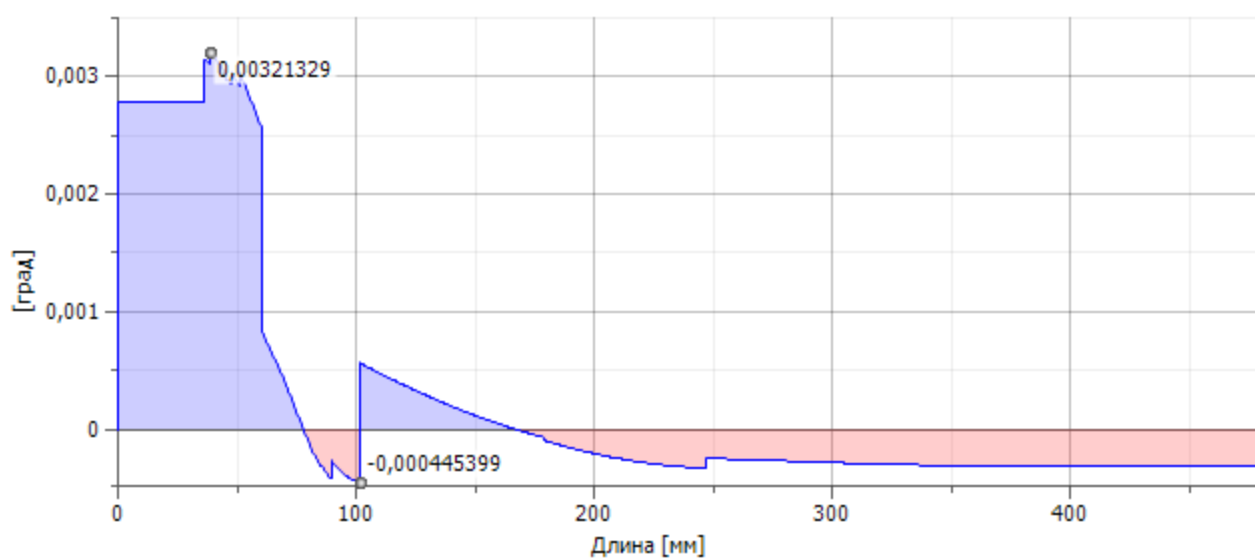
### Изгибающий момент, Плоскость XZ



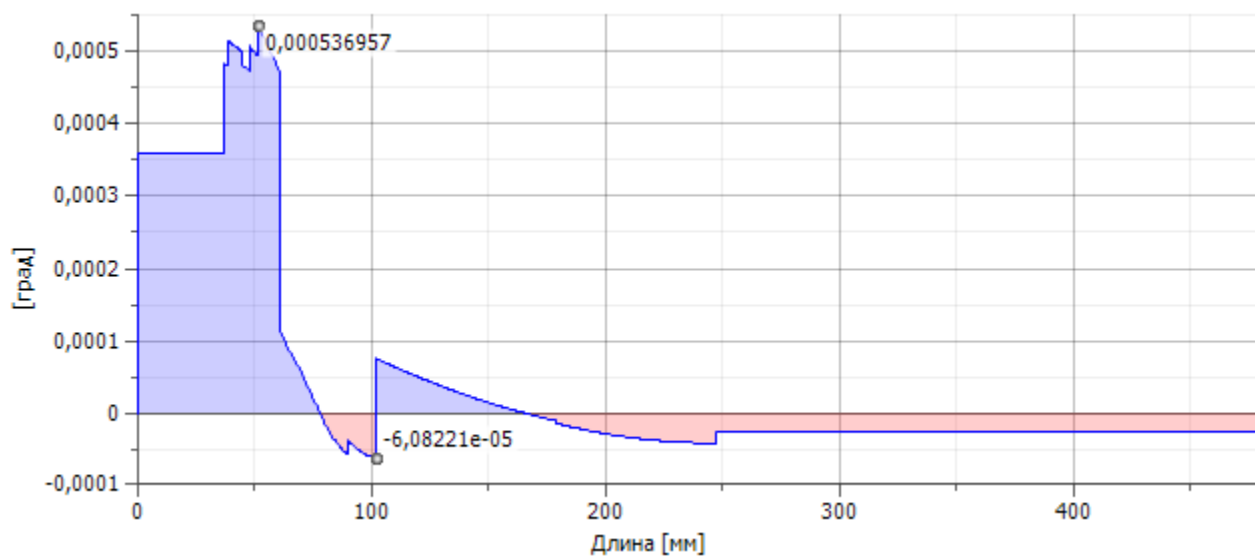
### Угол отклонения



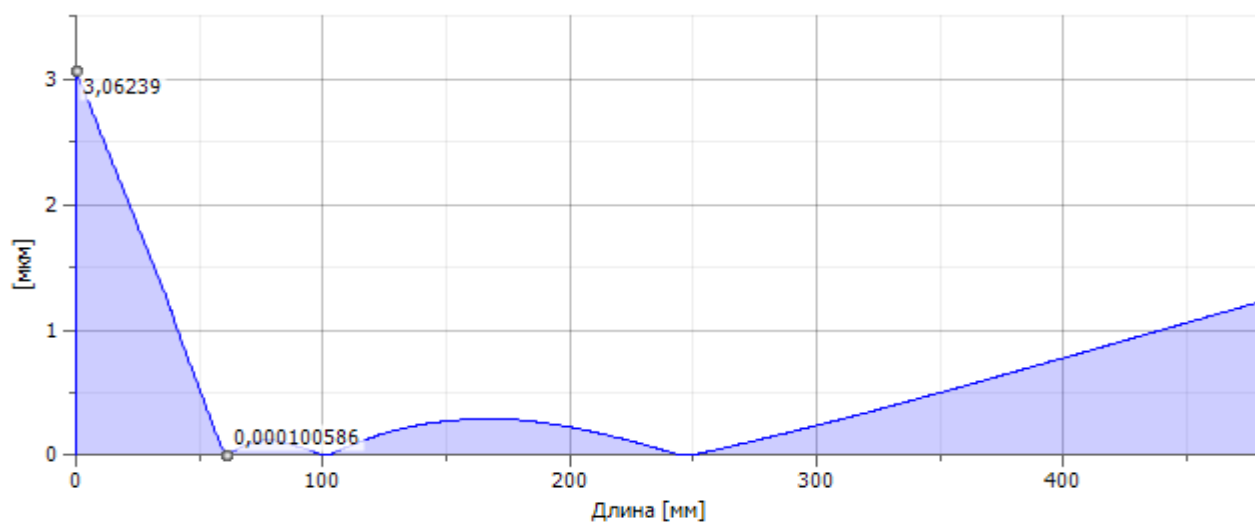
### Угол отклонения, Плоскость YZ



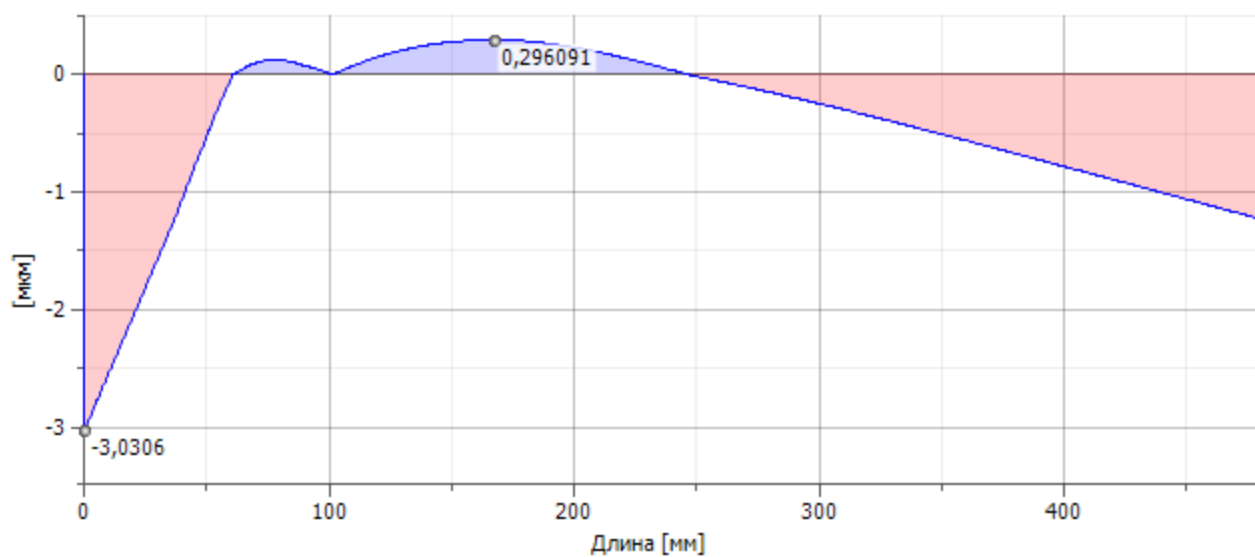
### Угол отклонения, Плоскость XZ



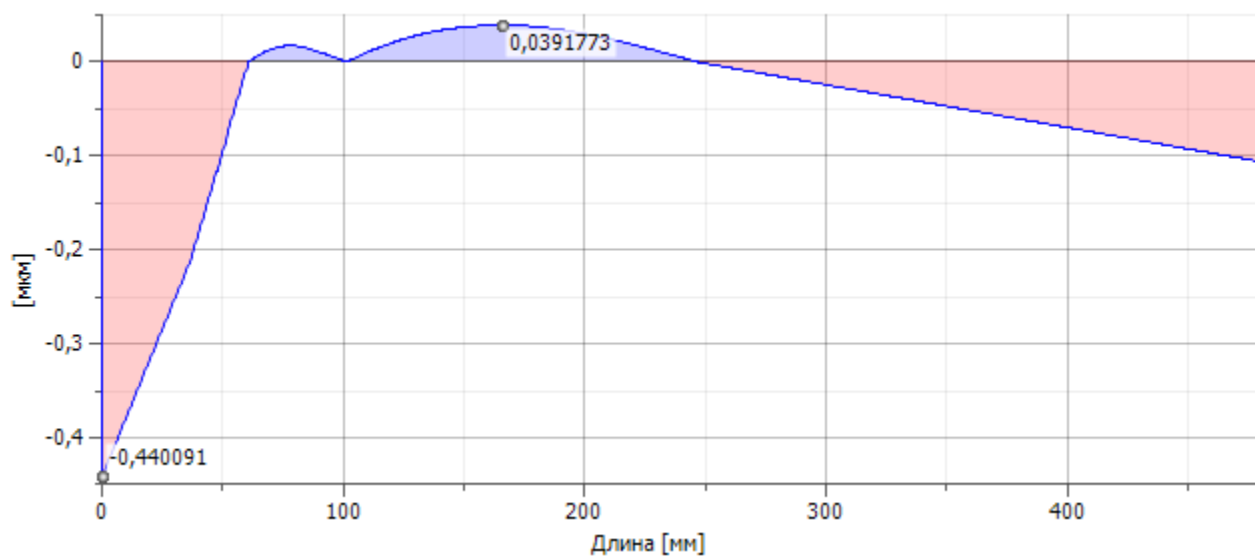
### Отклонение



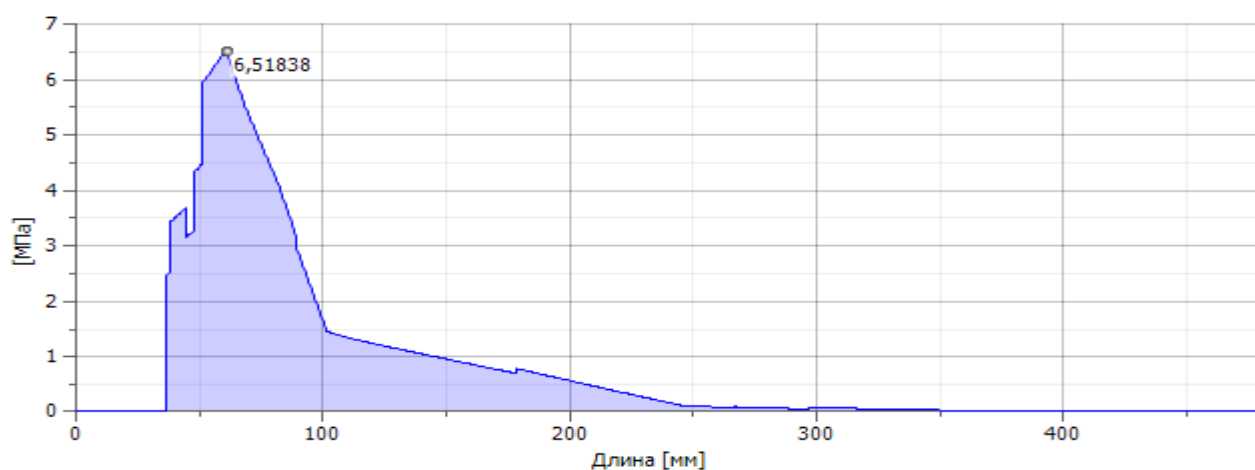
### Отклонение, Плоскость YZ



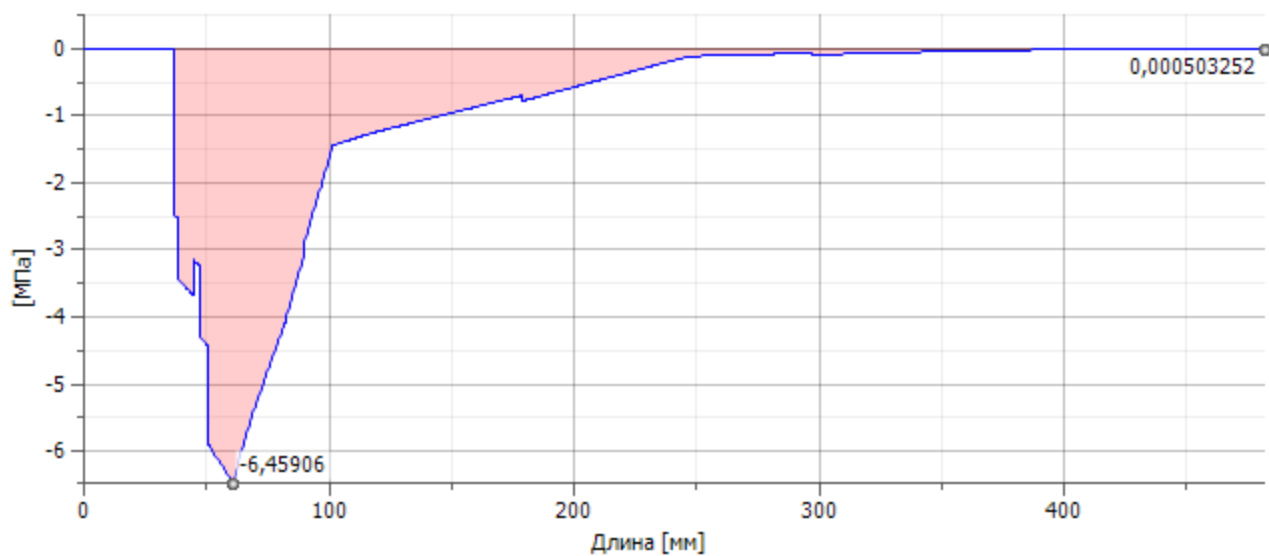
### Отклонение, Плоскость XZ



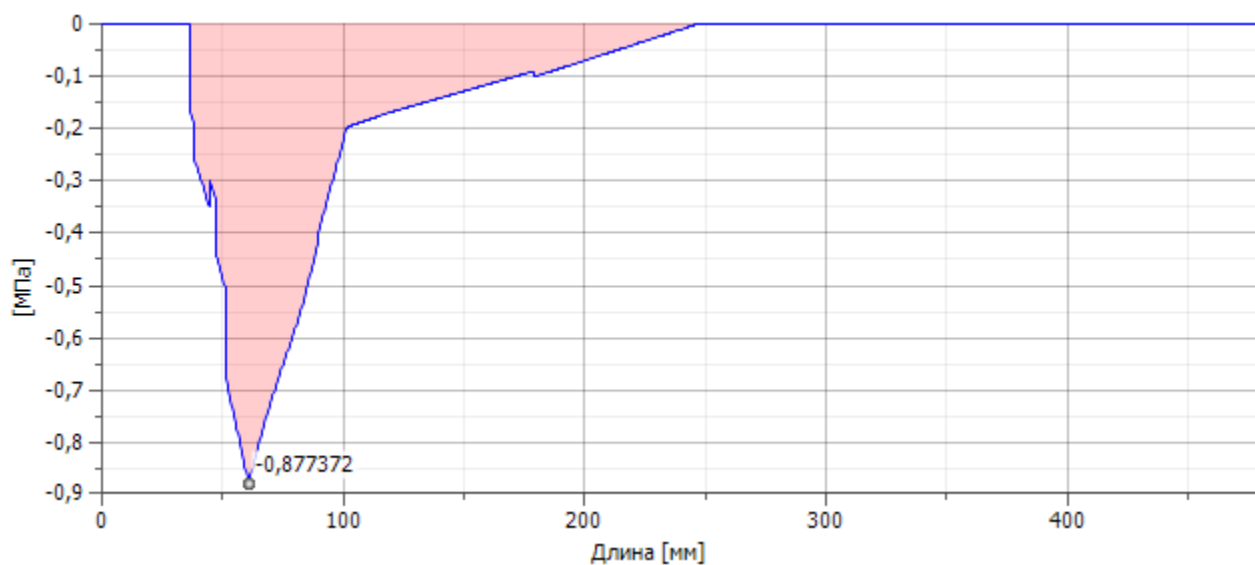
### Напряжение при изгибе



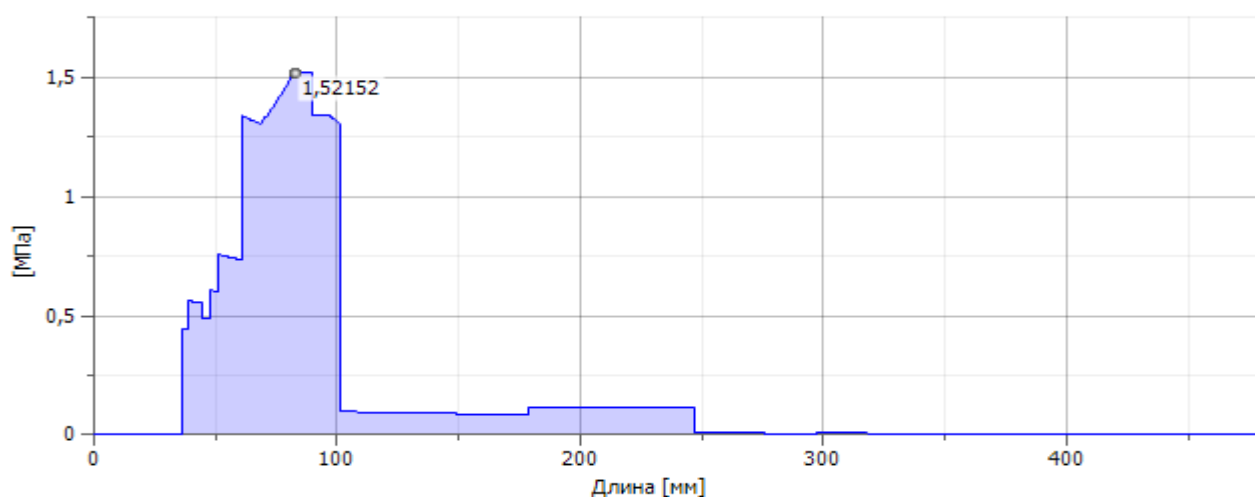
### Напряжение при изгибе, Плоскость YZ



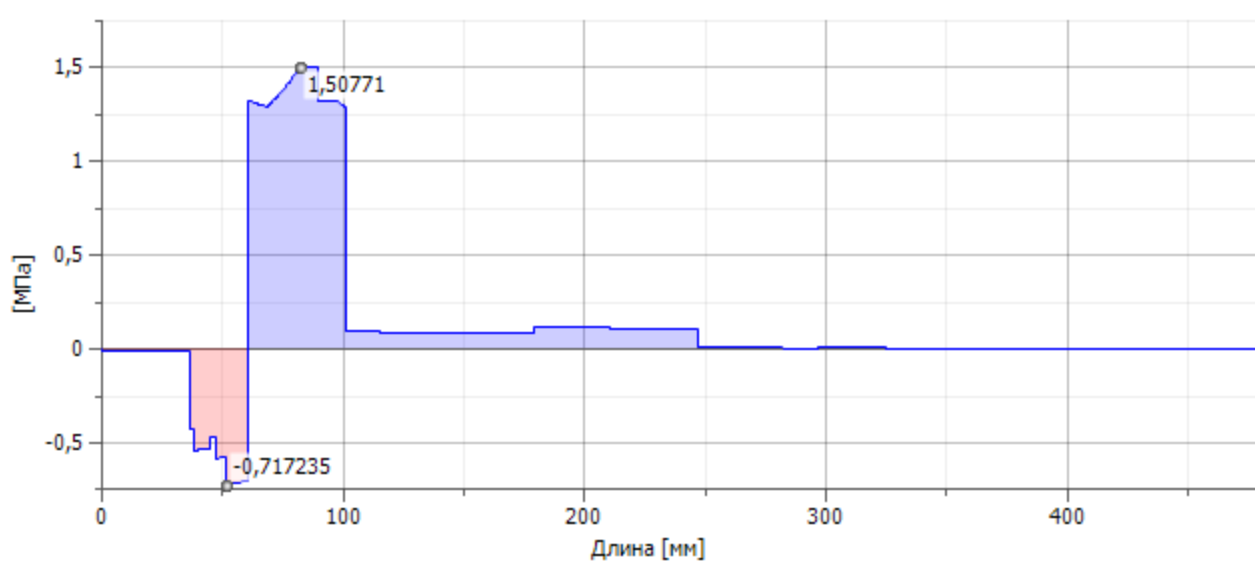
### Напряжение при изгибе, Плоскость XZ



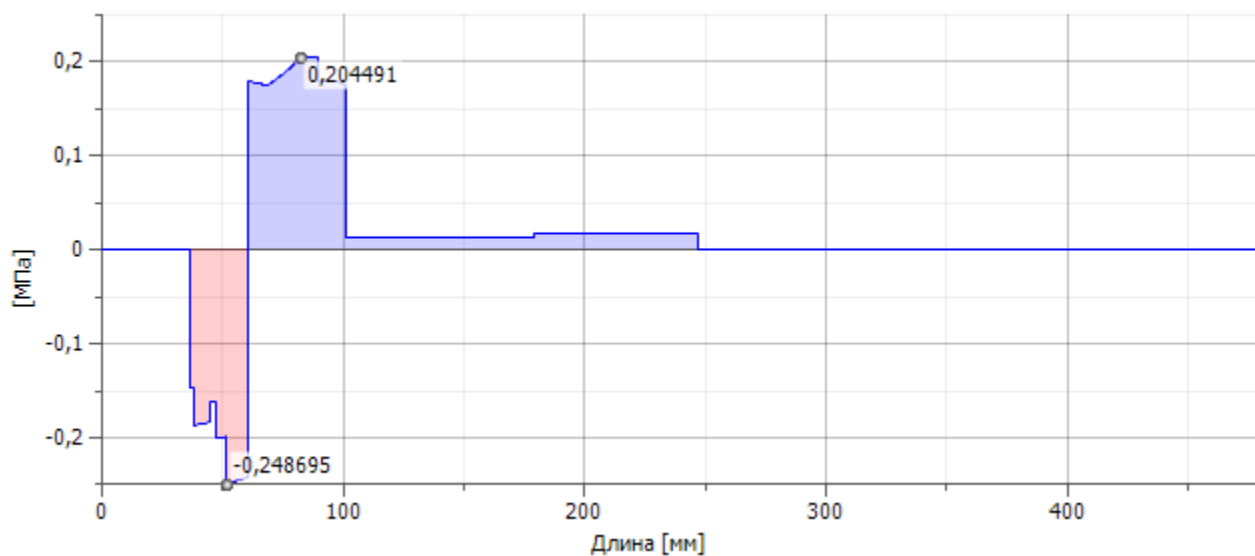
### Напряжение сдвига



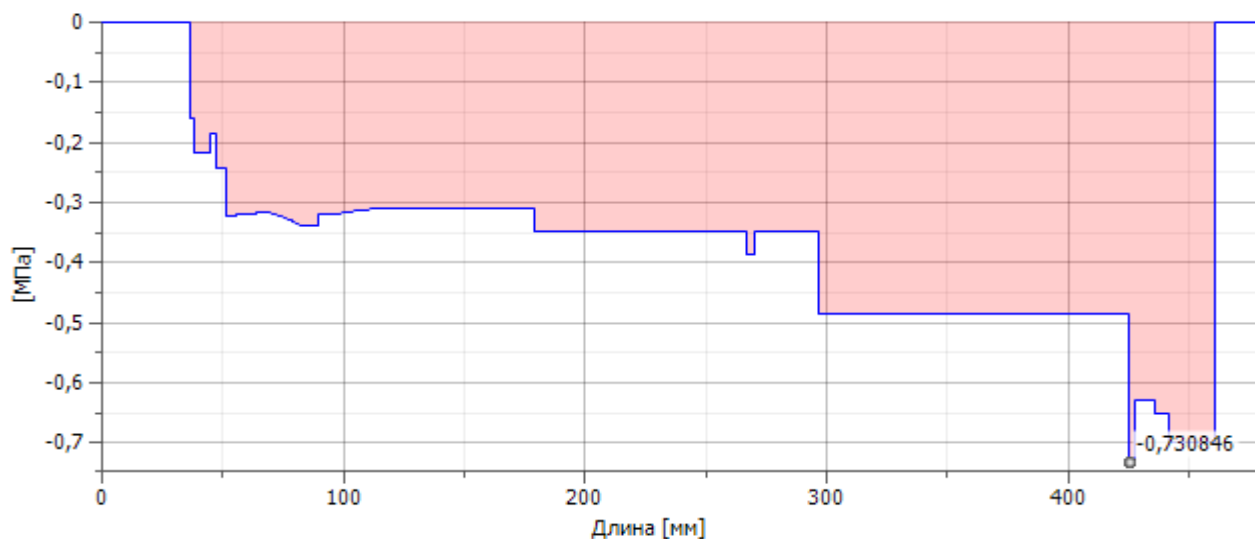
### Напряжение сдвига, Плоскость YZ



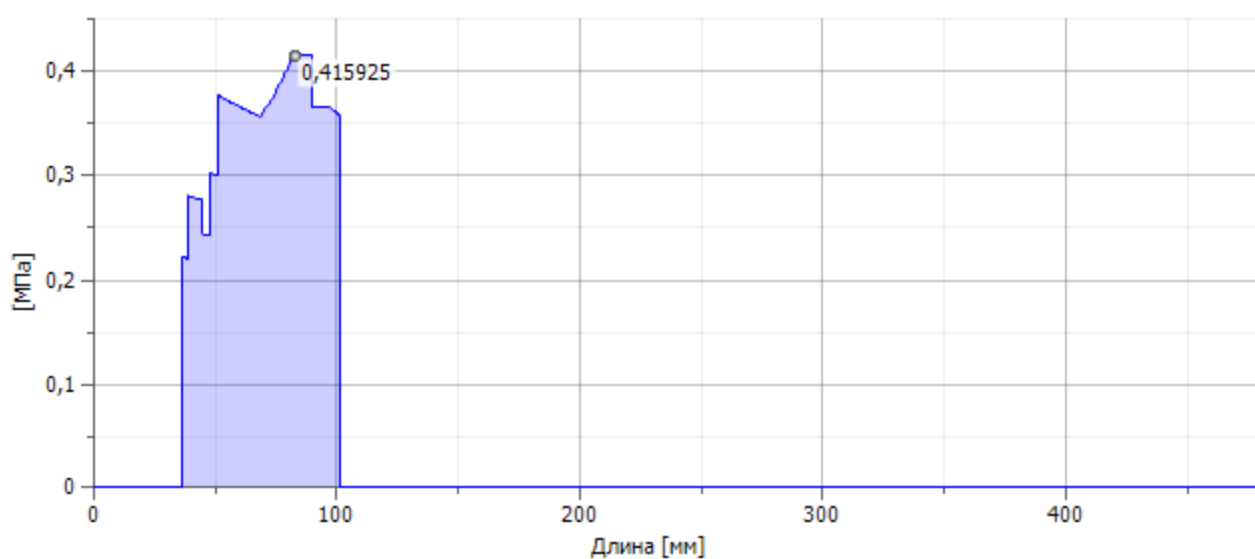
### Напряжение сдвига, Плоскость XZ



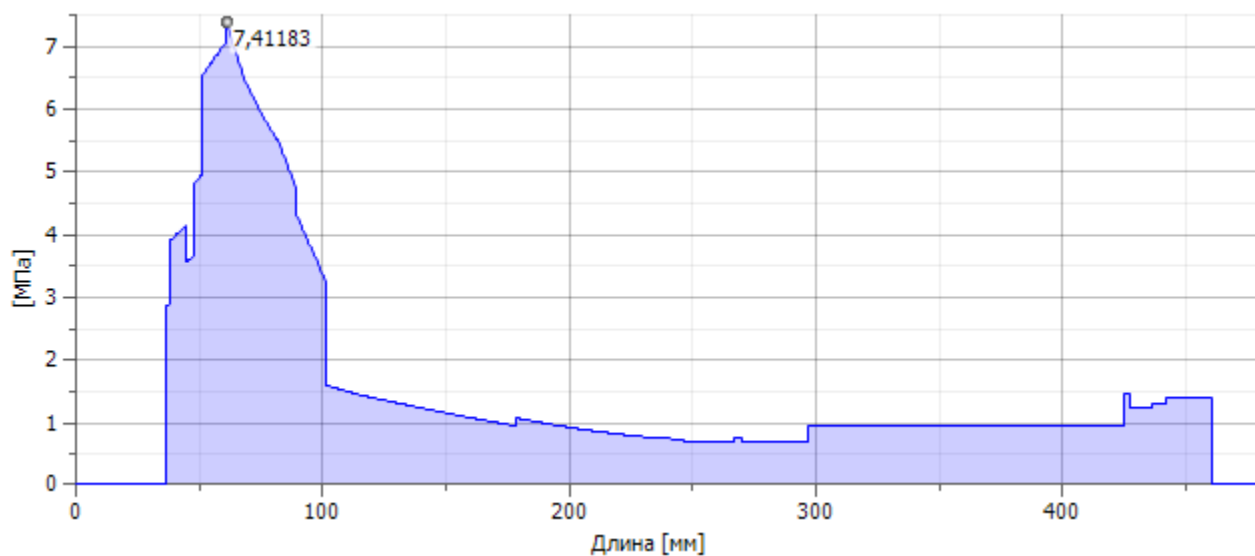
### Напряжение при кручении



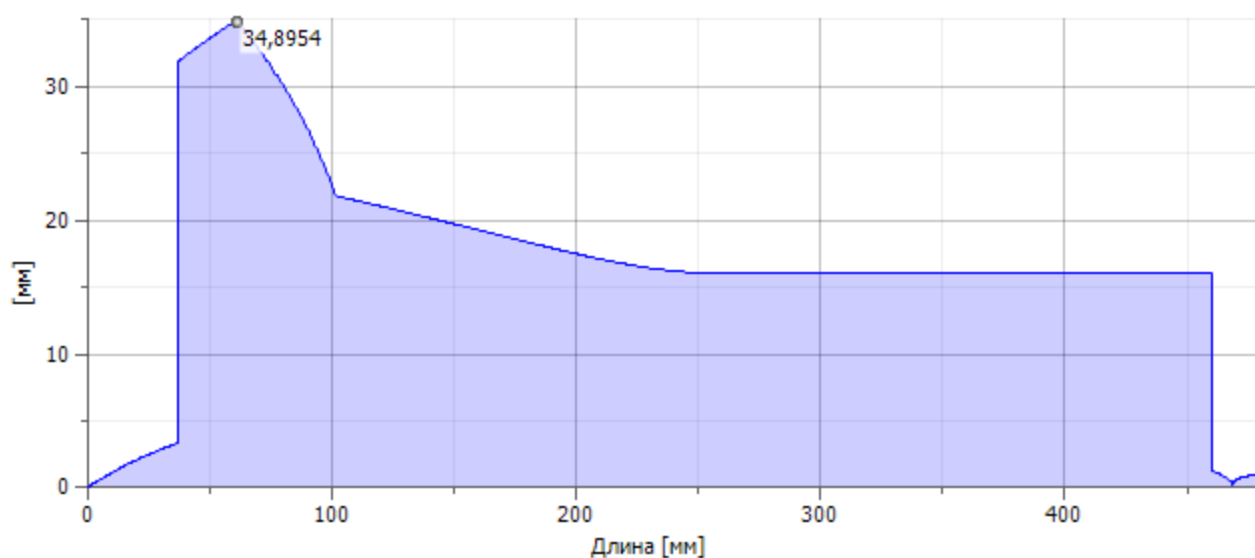
### Напряжение при растяжении



## Приведенное напряжение



## Идеальное сечение



Враховуючи отримані результати на даному етапі, можна зробити такі висновки:

- еквівалентні напруження не перевищують 10 МПа.
- жорсткість шпинделя відповідає класу точності П.
- коригувальні заходи на даному етапі не потрібні.

## 2.4.3. РОЗРАХУНОК ПІДШИПНИКІВ, ШЛІЦЕВОГО З'ЄДНАННЯ ТА ГВИНТІВ КРИШОК

### РОЗРАХУНОК ПІДШИПНИКІВ

Після розрахунку шпинделя у звіті, фрагмент якого представлено в табл.2.2, приведені дані про реакції в опорах.

Таблица 2.2

#### Опоры

Индекс	Тип	Положение	Сила реакции				
			Y	X	Значение	Направление	Осевая сила
1	Свободные	70 мм	5965 Н	1241 Н	6092,8 Н	11,75 град	
2	Фиксированные	130 мм	-3589, Н	-486,3 Н	3622, Н	187,72 град	1078,000 Н
3	Свободные	460 мм	-248 Н	-43,6 Н	252,2 Н	189,97 град	

Перші дві опори відносяться до передньої опори шпинделя. Для розрахунку підшипника в генераторі підшипників обчислена рівнодіюча радіальних навантажень в двох точкових опорах 1-2 [ ]. Вона дорівнює  $R3714,1$  Н. Осьове навантаження в першій фіксованій опорі сприймає радіально-упорний шарикопідшипник.

Через різноманітність умов при монтажі та експлуатації термін служби підшипника не може бути точно розрахований. Найбільш вірогідно його можна оцінити шляхом порівняння з подібними випадками застосування. Орієнтовні значення терміну служби підшипника в залежності від типу машини його місця установки можна вибрати, із каталогу фірми[ ].

#### Нагрузка

Радиальная нагрузка подшипника	$F_r$	3714 Н
Осевая нагрузка подшипника	$F_a$	1074 Н



Скорость	n	4910 об_мин
Коэффициент требуемого статического запаса прочности	S <sub>0</sub>	

#### Подшипник

Обозначение		NSK 70 - стандартная серия
Внутренний диаметр подшипника	d	70,000 мм
Наружный диаметр подшипника	D	110,000 мм
Ширина подшипника	B	20,000 мм
Номинальный контактный угол подшипника	$\alpha$	20 град
Основная динамическая грузоподъемность	C	44500 Н
Основная статическая грузоподъемность	C <sub>0</sub>	41000 Н
Коэффициент динамической радиальной нагрузки	X	0,60 бр / 0,60 бр
Коэффициент динамической осевой нагрузки	Y	0,50 бр / 0,50 бр
Предельное значение F <sub>d</sub> /F <sub>r</sub>	e	0,07 бр
Коэффициент статической радиальной нагрузки	X <sub>0</sub>	0,60 бр
Коэффициент статической осевой нагрузки	Y <sub>0</sub>	0,50 бр
Консистентная смазка для ограничения скорости	n <sub>lim1</sub>	11200 об_мин
Смазочное масло для ограничения скорости	n <sub>lim2</sub>	

#### Расчет срока службы подшипника

Метод расчета		ANSI/AFBMA 9-1990 (ISO 281-1990)
Требуемый номинальный срок службы	L <sub>req</sub>	25000 ч
Требуемая надежность	R <sub>req</sub>	90 бр
Коэффициент настройки срока службы для специальных свойств подшипника	a <sub>2</sub>	1,00 бр
Коэффициент настройки долговечности для рабочих условий	a <sub>3</sub>	1,00 бр
Максимальная рабочая температура	T	100 C
Коэффициент дополнительных сил	f <sub>d</sub>	

#### Смазка

Коэффициент трения	$\mu$	0,0015 бр
--------------------	-------	-----------

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Смазка	Консистентная смазка
--------	----------------------

### Результаты

Основной номинальный срок службы	$L_{10}$	34147 ч
Настроенный номинальный срок службы	$L_{на}$	34147 ч
Расчетный коэффициент статического запаса прочности	$S_{0c}$	25,18428 бр
Потеря мощности при трении	$P_z$	76,90937 Вт
Необходимая минимальная нагрузка	$F_{мин}$	410 Н
Статическая эквивалентная нагрузка	$P_0$	3714 Н
Динамическая эквивалентная нагрузка	$P$	3132 Н
Коэффициент ускоренного вращения	$k_n$	1,067 бр
Коэффициент настройки срока службы для надежности	$a_1$	1,00 бр
Температурный коэффициент	$f_t$	1,00 бр
Эквивалентная скорость	$n_e$	4910 об_мин
Минимальная скорость	$n_{мин}$	4910 об_мин
Максимальная скорость	$n_{макс}$	4910 об_мин
Проверка прочности	<b>Положительная</b>	

## РОЗРАХУНОК ШЛІЦЕВОГО З'ЄДНАННЯ

### Направляющая

Метод расчета нагрузки - Расчет крутящего момента для указанной мощности и скорости

Тип расчета прочности - Проверка предела прочности для указанной нагрузки, размеров и свойств соединения

### Нагрузка

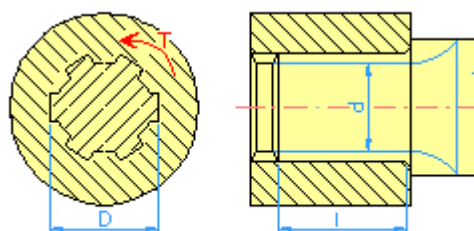
Мощность	$P$	7,500 кВт
Скорость	$n$	4910,000 об_мин
Крутящий момент	$T$	14,587 Н м

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Размеры

Наружный диаметр вала	D	60,000 мм
Внутренний диаметр полого вала	$d_h$	45,000 мм

Количество канавок	N	16,000 бр
Внутренний диаметр вала	d	52,000 мм
Наружный диаметр вала	D	60,000 мм
Ширина зуба	b	5,000 мм
Фаска	s	0,500 мм
Радиус	R	0,100 мм



## Свойства соединения

Коэффициент распределения нагрузки	$K_m$	0,750 бр
Коэффициент контакта стороны зуба	$K_s$	1,000 бр
Необходимый запас прочности	$S_v$	1,000 бр

## Материал

### Вал

Материал	Углеродистая сталь	
Окончательный предел прочности растяжения	$S_u$	500 МПа
Допустимое давление	$p_A$	130,000 МПа
Допустимое напряжение среза	$\tau_A$	200,000 МПа

### Ступица

Материал	Углеродистая сталь	
Окончательный предел прочности растяжения	$S_u$	500 МПа
Допустимое давление	$p_A$	130,000 МПа
Допустимое напряжение среза	$\tau_A$	200,000 МПа

## Результаты

Проверка прочности	Положительная	
Мин. диаметр вала	$d_{min}$	36,400 мм
Мин. длина шлица	$l_{min}$	8,111 мм

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ

Арк.

83

## РОЗРАХУНОК ГВИНТІВ КРИШОК

При обробці при обробці деталі такими типами фрез, як, наприклад, пальцеві та циліндричні з гвинтовими зубами, осьова сила  $P_x$  може бути направлена від шпинделя. При обробці кінцевою фрезою стружку необхідно відводити вгору гвинтовими канавками фрези, щоб вона не знижувала якість обробленої поверхні і не призвела до поломки зуба фрези. Це можливо лише в тому випадку, коли напрямок канавки збігається з напрямком обертання фрези. Складова осьової сили різання  $P_x$  при цьому буде направлена вниз і прагне витягнути фрезу з гнізда шпинделя. Тому при обробці пазів кріплення фрези доводиться виконувати більш надійно, ніж при обробці кінцевою фрезою відкритої площини. Тому цьому випадку осьова сила  $P_x$  буде прикладатися на гвинти передньої кришки підшипника.

### Статический расчет

#### Нагрузка

Коэффициент плотности	k	1,50 бр
Максимальная осевая сила	$F_a$	1074 Н
Коэффициент входящей силы	n	0,50 бр
Максимальное тангенциальная сила	$F_t$	0 Н
Коэффициент трения в сочленении	f	0,40 бр

#### Болт

Номер болта	z	7 бр
Диаметр резьбы	d	8,000 мм
Шаг резьбы	p	1,250 мм
Средний диаметр болта	$d_s$	7,188 мм
Минимальный диаметр болта	$d_{мин}$	6,466 мм
Материал		Пользовательский материал

Предел текучести	$S_y$	689 МПа
Коэффициент требуемого запаса прочности	$k_s$	4,00 бр
Допустимое давление в резьбе	$p_a$	40 МПа
Модуль упругости	$E$	206700 МПа
Коэффициент трения резьбы	$f_1$	0,20 бр
Коэффициент трения головки	$f_2$	0,25 бр

### Материал

Функциональная ширина соединения	$L$	36,000 мм
Модуль упругости	$E$	206000 МПа

### Результаты

Предварительное напряжение	$F_v$	214,806 Н
Рабочая сила	$F_{\text{max}}$	230,143 Н
Требуемый момент затягивания	$M_u$	0,528 Н м
Напряжение при растяжении	$\sigma_t$	6,541 МПа
Напряжение при кручении	$\tau_k$	9,945 МПа
Уменьшенное напряжение	$\sigma_{\text{red}}$	18,426 МПа
Напряжение максимальной силы	$\sigma_{\text{max}}$	7,008 МПа
Давление в резьбе	$p_c$	2,888 МПа
Проверка прочности		Положительная

### 2.4.8. СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА

На рис. 2.8 показано епюру переміщень. Модель складається із шпинделя, підшипників передньої і задньої опори, дистанційної втулки, кілець, та гайки в конусі шпинделя встановлена оправка з різальним інструментом.

Передня і задня опора моделюється за допомогою пружних зав'язків. До різального інструмента закріпленого в конусі шпинделя прикладаються сили різання. На шпиндель діє момент який рівний моменту сили різання.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

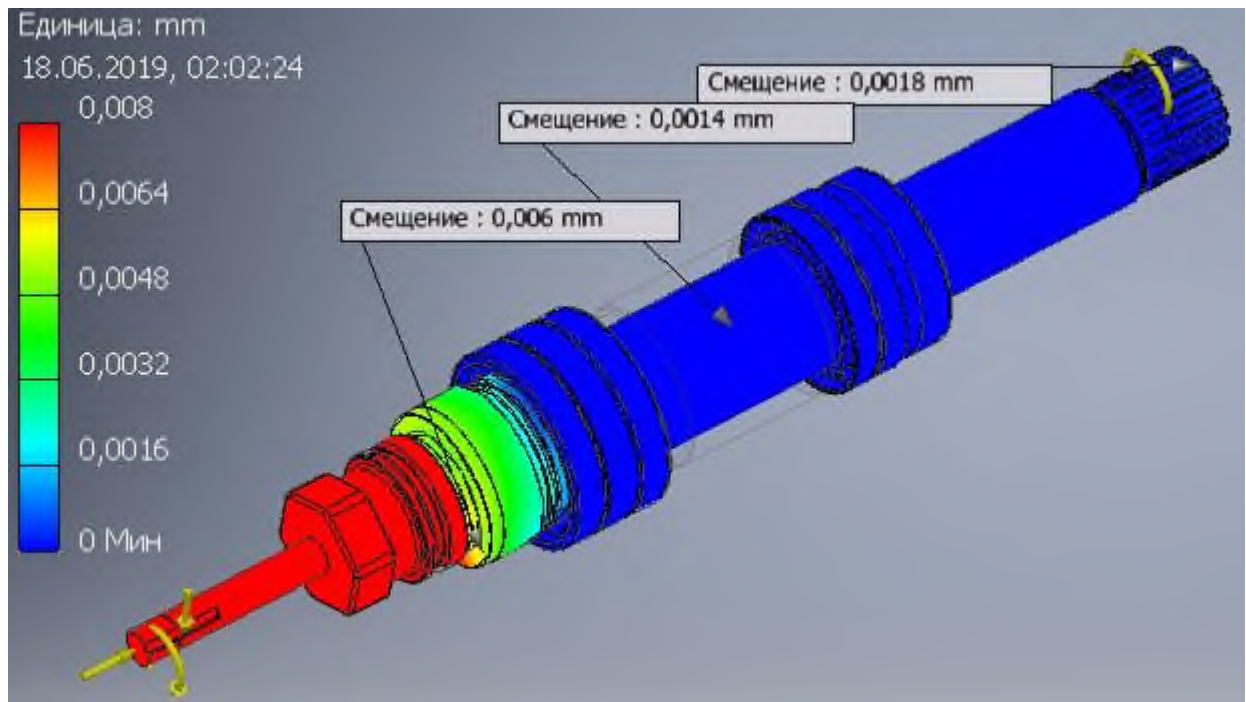


Рис.2.8 Епюра переміщень

Проаналізуємо рисунок 2.8. На ньому відображені переміщення моделі шпиндельного вузла, які виникли внаслідок пружних деформацій. Максимальні значення зміщення шпиндельного досягають не більше 0.006мм . Також можна побачити всі максимальні переміщення знаходяться в передній частині шпинделя. Це означає що передня опора повністю сприймає навантаження від сил різання.

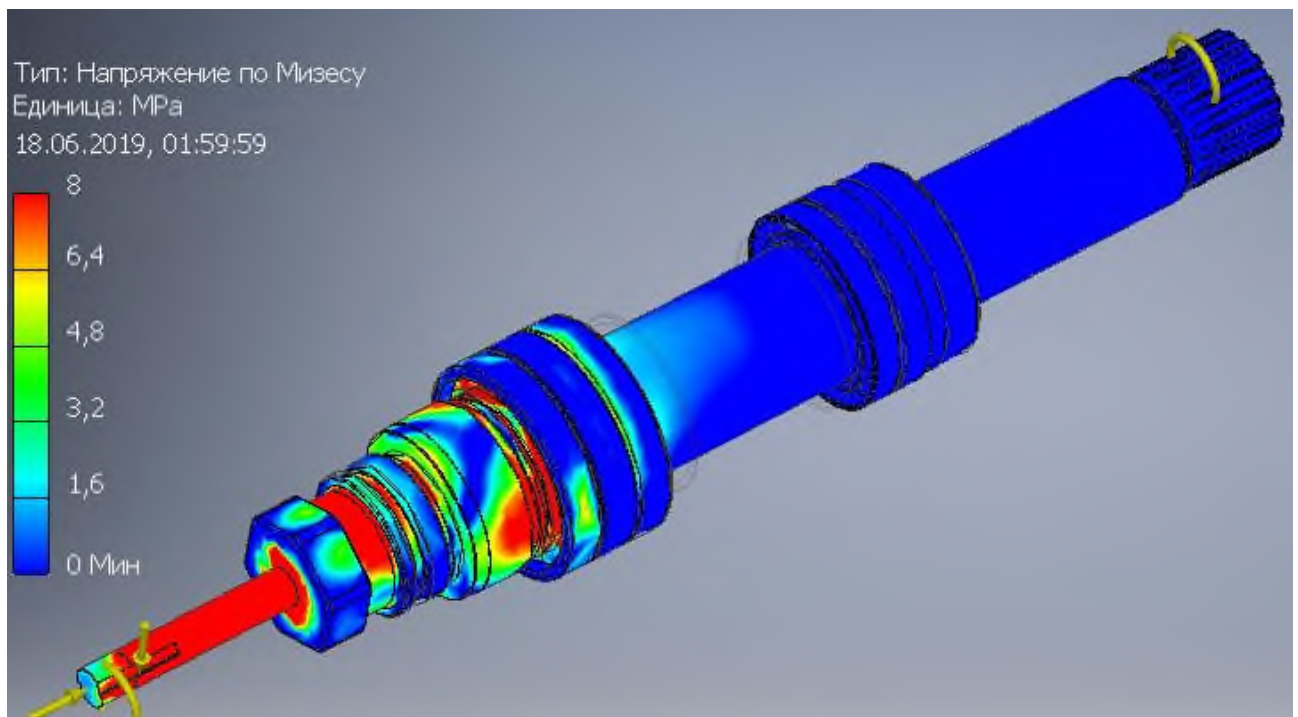


Рис.2.9. Епюра розподілення напружень

По епюрі, показаній на рис. 2.9 можна судити про місця концентрацій напружень. Спостерігається висока щільність напружень на шпинделі в місті переходу з шийки під передній підшипник до посадочного діаметру

На рисунку 2.9 показано коефіцієнт запасу міцності. Це дає нам можливість визначити мінімальний коефіцієнт запасу міцності. Після дослідження результату виявилось що мінімальний коефіцієнт запасу міцності мають кульки переднього підшипника який має значення 3.62.

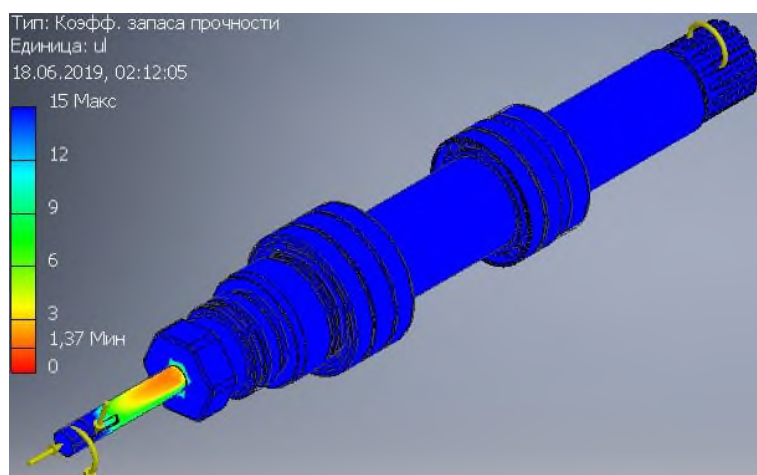


Рис. 2.9. Коефіцієнт запаса міцності.

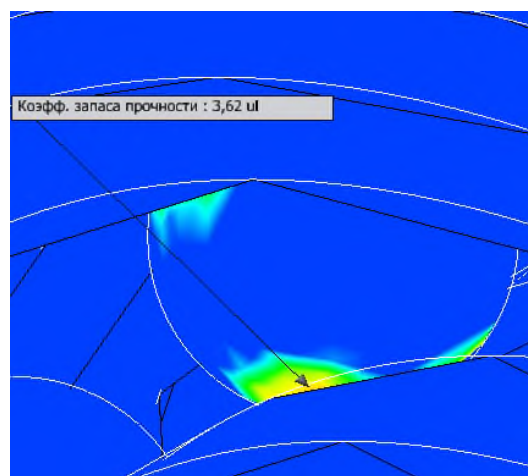


Рис. 2.9. Коефіцієнт запаса міцності

Моделювання шпиндельного вузла аналізом методом кінцевих елементів в середовищі Autodesk Inventor дозволило встановити значення переміщення основних елементів шпинделя, а також коефіцієнт запасу міцності, а також виявити елементи які впливають на жорсткість шпиндельного вузла.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 1. – 9-е изд., перераб. и доп./ под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 928 с.
2. Барбашов Ф.А. Фрезерное дело [Текст]: учеб. пособие / Ф.А. Барбашов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1975. - 214 с.
3. Гейчук, В. М. Оптимізація вузлів і деталей верстатів та машин за допомогою модуля "Анализ напряжений" Autodesk Inventor [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю "Прикладна механіка" / В.М. Гейчук, К.М. Рудаков ; НТУУ "КПІ" ; відп. ред. О. О. Боронко. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,72 Мбайт). – Київ : НТУУ "КПІ", 2016. – 176 с.
4. Детали и механизмы металлорежущих станков /Под. ред. Д.Н. Решетова. М., Машиностроение, 1972.
5. Динамічне моделювання механізмів верстатів та машин в Autodesk Inventor: навч. посіб. Навчальне електронне видання. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.М. Гейчук, С.В. Вакуленко. - Київ: НТУУ "КПІ", 2015. – 167 с.
6. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. "Расчет и проектирование деталей машин" - 3е изд., перераб. и доп. -Х.: Основа, 1991. -276с.:схем.
7. Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. -М.: Машиностроение, 1983. - 359с.
- 8.Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування. Підручник.: ЖДТУ , Житомир, 2005. – 835 с.
- 9.Методические указания к самостоятельным работам по курсу "Металлорежущие станки", раздел "Расчет и конструирование станков для студентов специальности 1202 "Металлорежущие станки и инструменты"/сост. И.И.Верба, И.Г.Федоренко, С.В.Чикин. -Киев:КПИ, 1989. -52.
10. Методичні вказівки. – Київ: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" (НТУУ «КПІ») ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 104 с.
11. Міренський І.Г. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 275 с.
12. Основы технологии машиностроения. Под ред. В.С. Корсакова. Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.
13. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справочник. - М.: Машиностроение, 1988.-512 с.
14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова,- 4-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1986.

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 912 с.

16. Функціональне проектування верстатів, роботів та машин в Autodesk Inventor. Частина II: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" спеціалізації "Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів і машин" / В.М. Гейчук; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: X,XX Мбайт). - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 75 с.

17. Функціональне проектування верстатів, роботів та машин в Autodesk Inventor (Частина I): навч. посіб. Навчальне мережне електронне видання. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.М. Гейчук. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 394 с.

18. Хітілов І. О., Гавриш В. С. / Ремонт машин і обладнання: Навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2012. – 184 с

19. VSB — Technical University of Ostrava, Department of Machining and Assembly, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic

20. (ISO 10791-7:2014, Test conditions for machining centers — Part 7: Accuracy of a finished test piece, IDT

Посилання на веб ресурс

21.«CADMASTER» [https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm\\_52\\_05.html](https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_52_05.html)

22. «CHIRON 08» <https://chiron.de/en/products/machine-tools/the-08-series>

23. «CHIRON 18» <https://chiron.de/en/products/machine-tools/the-18-series>

24. «CHIRON 12» <https://chiron.de/en/products/machine-tools/the-12-series>

25. «CHIRON 15» <https://chiron.de/en/products/machine-tools/the-15-series>

26. «CHIRON 16» <https://chiron.de/en/products/machine-tools/the-16-series>

27. «CHIRON 24» <https://chiron.de/en/products/machine-tools/the-24-series>

28. «CHIRON MILL» <https://chiron.de/en/products/machine-tools/mill-series>

29. «CNC MACHINES» <https://cnc-machine.by/g5286584-povorotnye-stoly-nikken>

30. «DOCPLAYER» <https://docplayer.ru/61180315-Seriya-12-vysokoskorostnye-kompaktnye-odnoi-mnogoshpindelnye-precizionnye-obrabatvayushchie-centry-razrabotano-i-sdelano-v-germanii.html>

31. «HAAS» <https://www.haascnc.com/service/troubleshooting-and-how-to/how-to/40-taper---inline---spindle-replacement.html>

32. «HAAS» <https://www.haascnc.com/service/troubleshooting-and-how-to/how-to/lathe---extruded-spindle-liner---adapter-kit-01-75---installatio221.html>

33. «Japantool» <http://www.japantool.ru/nikken/table.shtml>

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

34. «Wikipedie»

[https://wikipedie.info/ru/wiki/Chiron\\_\(%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F\)](https://wikipedie.info/ru/wiki/Chiron_(%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F))

35. «Студпедія» [https://studopedia.su/12\\_12347\\_leksiya-bagatotsilovi-verstati-z-chpu.html](https://studopedia.su/12_12347_leksiya-bagatotsilovi-verstati-z-chpu.html)

36. «Студпедія» [https://studopedia.su/12\\_12348\\_leksiya-----osnashchennya-i-instrument-dlya-bagatotsilovih-verstativ-z-chpu.html](https://studopedia.su/12_12348_leksiya-----osnashchennya-i-instrument-dlya-bagatotsilovih-verstativ-z-chpu.html)

37. «ЕЛЕКТРОННА БІБЛІОТЕКА» <http://uk.x-pdf.ru/6tehnicheckie/142810-1-mashinopriladobuduvannya-transport-udk-621822187-b-lya-va-kand-tehn-nauk-nacionalniy-tehnichniy.php>

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					МВ-5114.ДПБ000.2019 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



# ПОРІВНЯННЯ З СТАНКАМИ АНАЛОГАМИ

DMG Mori DMU 50



MIKRON VCE 500



TOYODA FH 550 S



MIKRON UMC 600



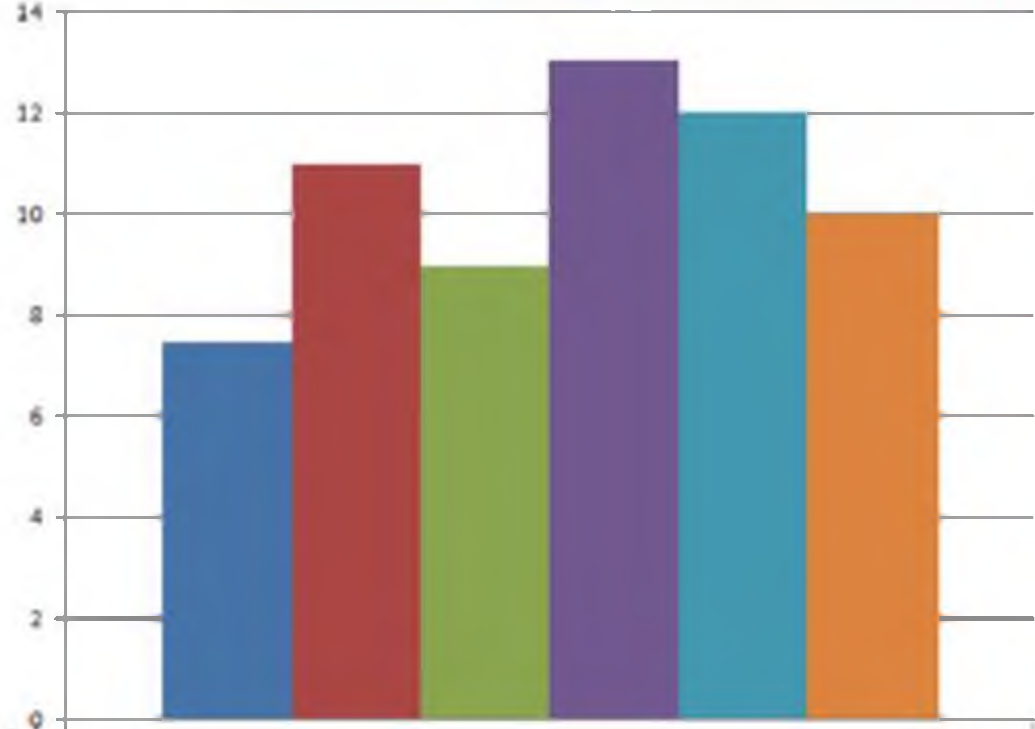
CHIRON FZ 12 W



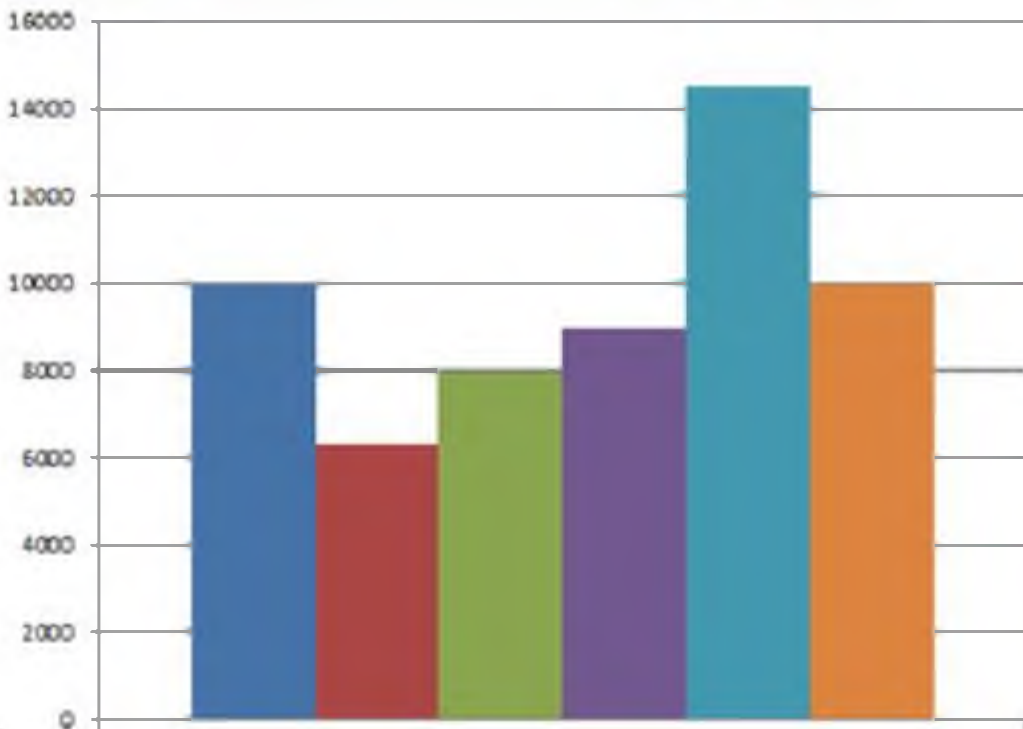
ALZMETAL BAZ 15



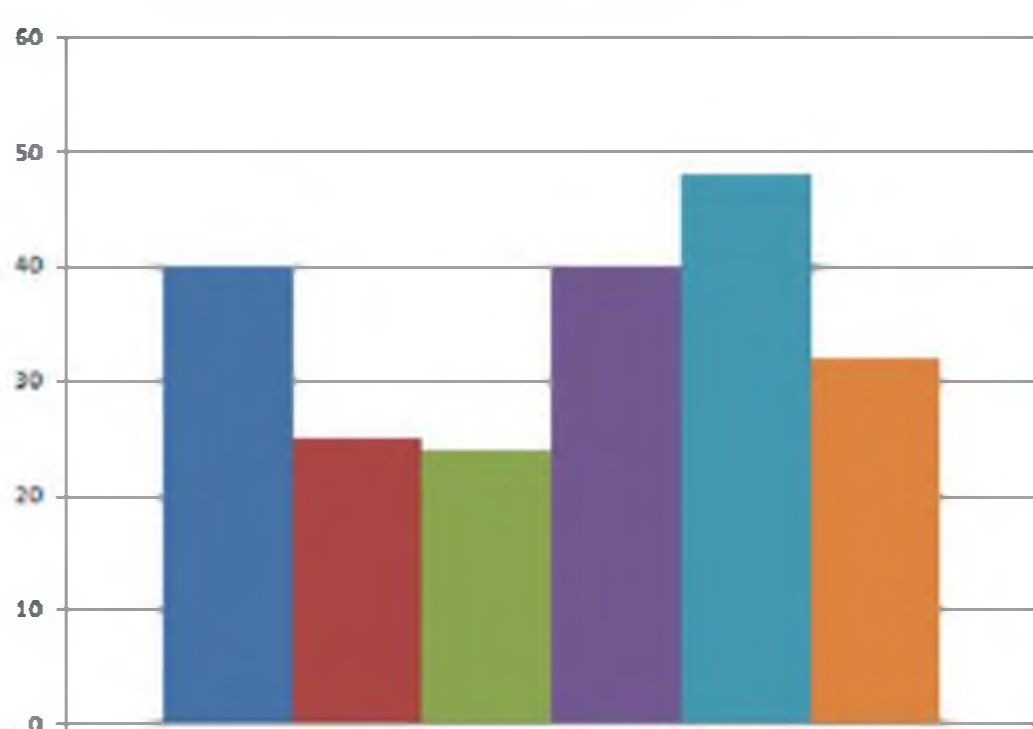
ПОТУЖНІСТЬ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ



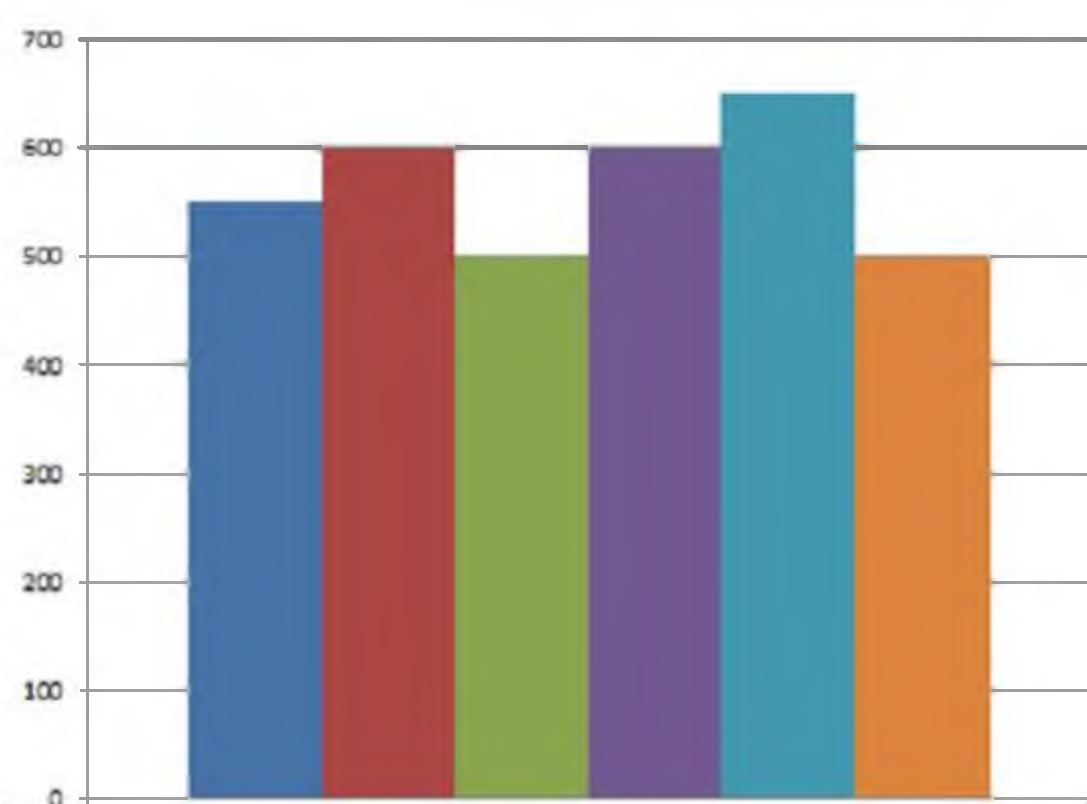
МАКСИМАЛЬНІ ОБЕРТИ ШПИНДЕЛЯ ОБ/ХВ



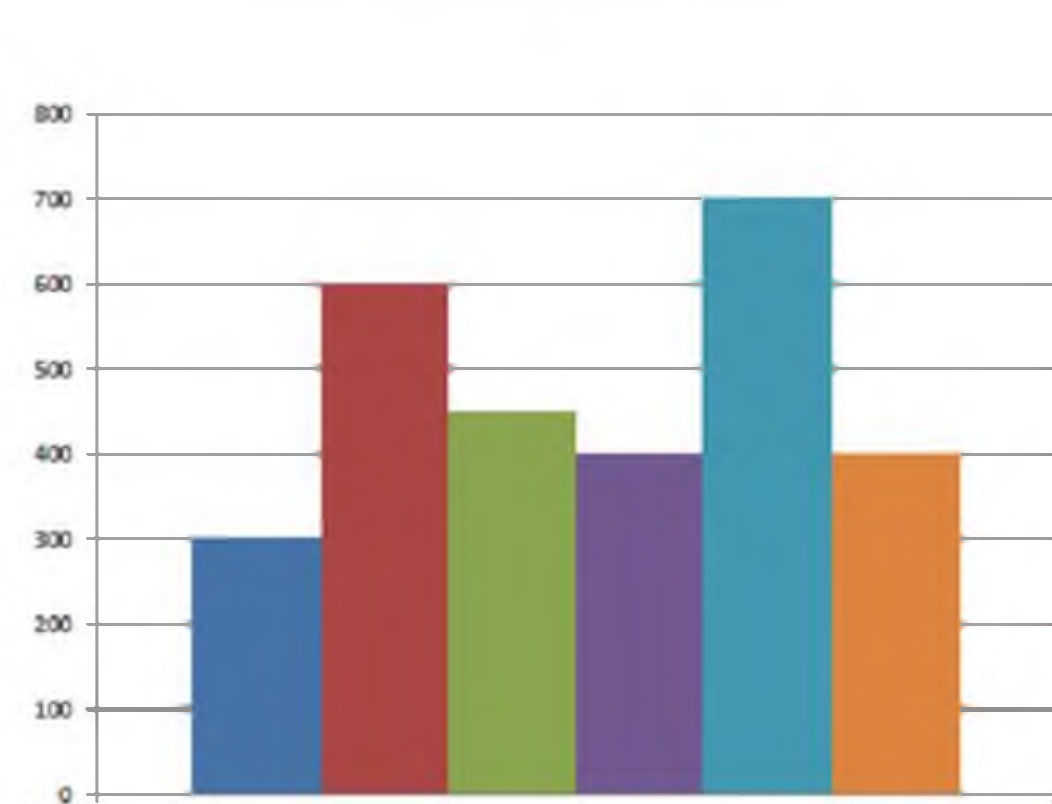
ШВИДКЕ ПЕРЕМІЩЕННЯ М/ХВ



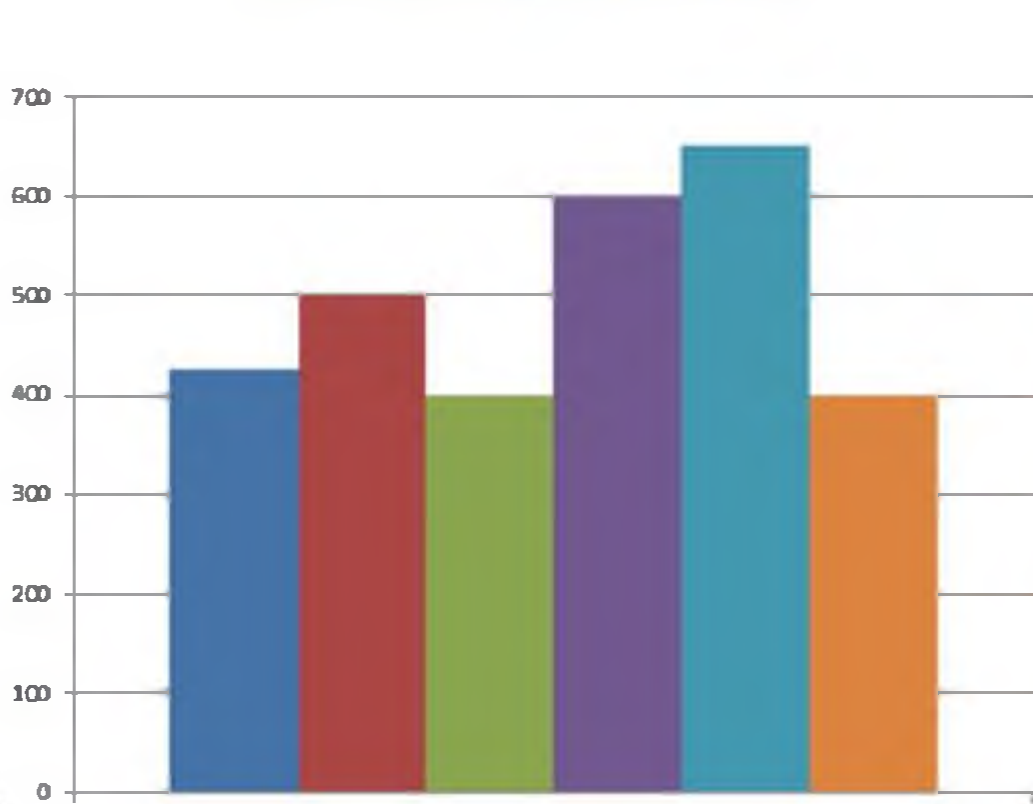
ПЕРЕМІЩЕННЯ ПО ОСІ X MM



ПЕРЕМІЩЕННЯ ПО ОСІ Y MM



ПЕРЕМІЩЕННЯ ПО ОСІ Z MM



Виконав: Лещенко К. А.  
Перевірив: Верба І. І.



# ВИРОБНИЧА ЛІНІЙКА CHIRON

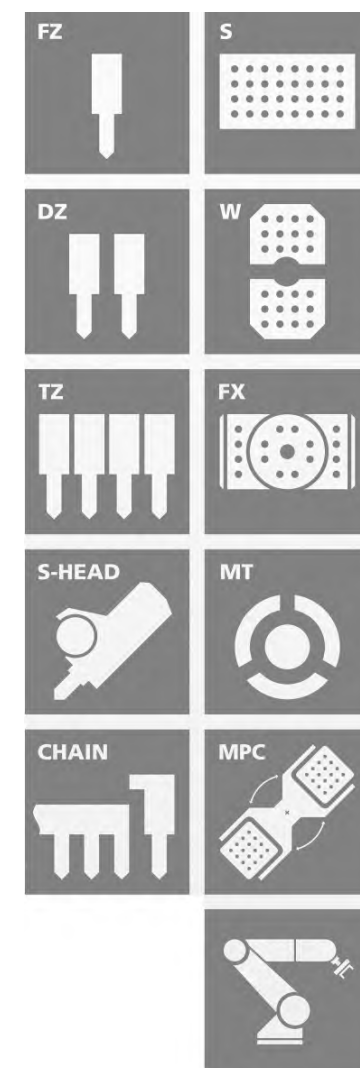


## Серія 08

Швидкі, компактні оброблюючі центри для різноманітної високоточної обробки.

Переміщення X-Y-Z до 450-270-310 мм  
Потужність шпинделя до 14 кВт  
Швидкість шпинделя до 53,000 об / хв  
Зміна інструменту близько 13 с  
Кількість інструменту максимум 226

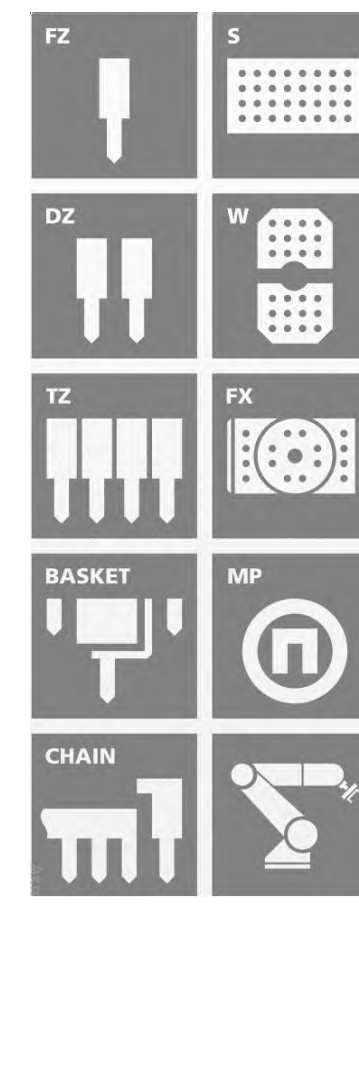
Конус інструменту HSK 32 / HSK 40



## Серія 12

Швидкі, компактні одно та багатшпиндельні мультифункціональні високоточнооброблюючі центри.

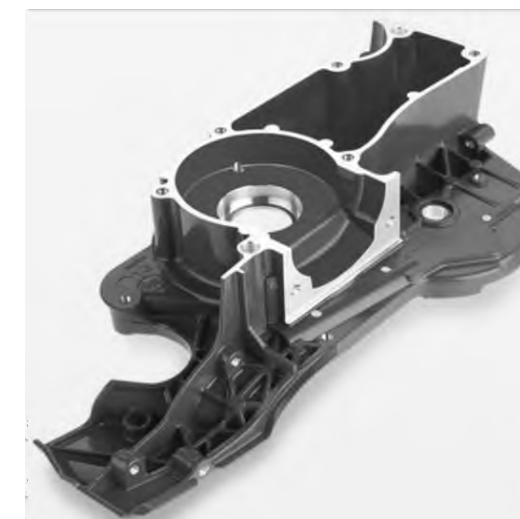
Переміщення X-Y-Z до 550-400-420 мм  
Потужність шпинделя до 40 кВт  
Швидкість шпинделя до 40,000 об / хв  
Зміна інструменту близько 2.2 с  
Кількість інструменту максимум 206  
Конус інструменту HSK 40 / HSK 50 / HSK 63



## Серія 15

Швидкі, потужні високоточні оброблюючі центри для комплексної одне і багатшпиндельною обробки.

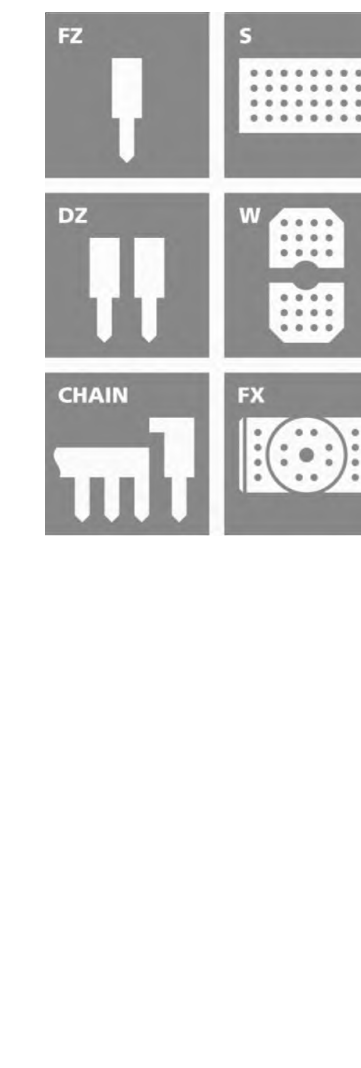
Переміщення X-Y-Z до 730-400-425 мм  
Потужність шпинделя до 58 кВт  
Швидкість шпинделя до 20,000 об / хв  
Зміна інструменту близько 1.7 с  
Кількість інструменту максимум 210  
Конус інструменту SK 40 / HSK 63



## Серія 18

Потужні одно і двашпиндельні оброблюючі центри для високошвидкісної складної обробки.

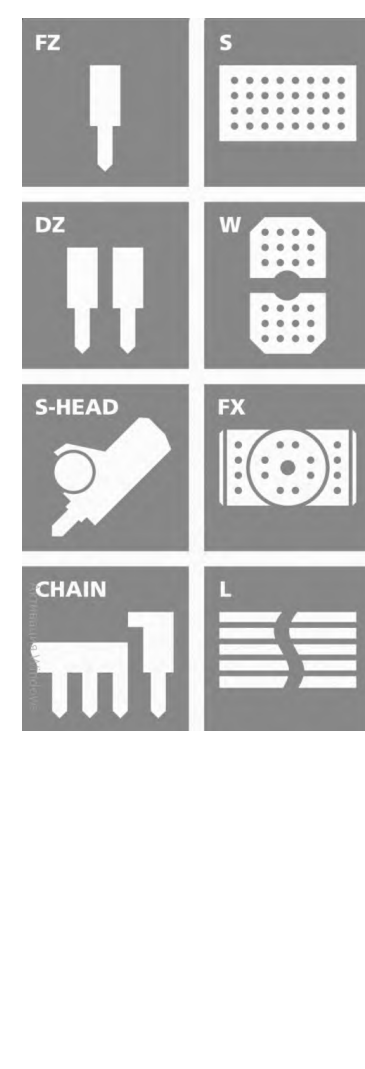
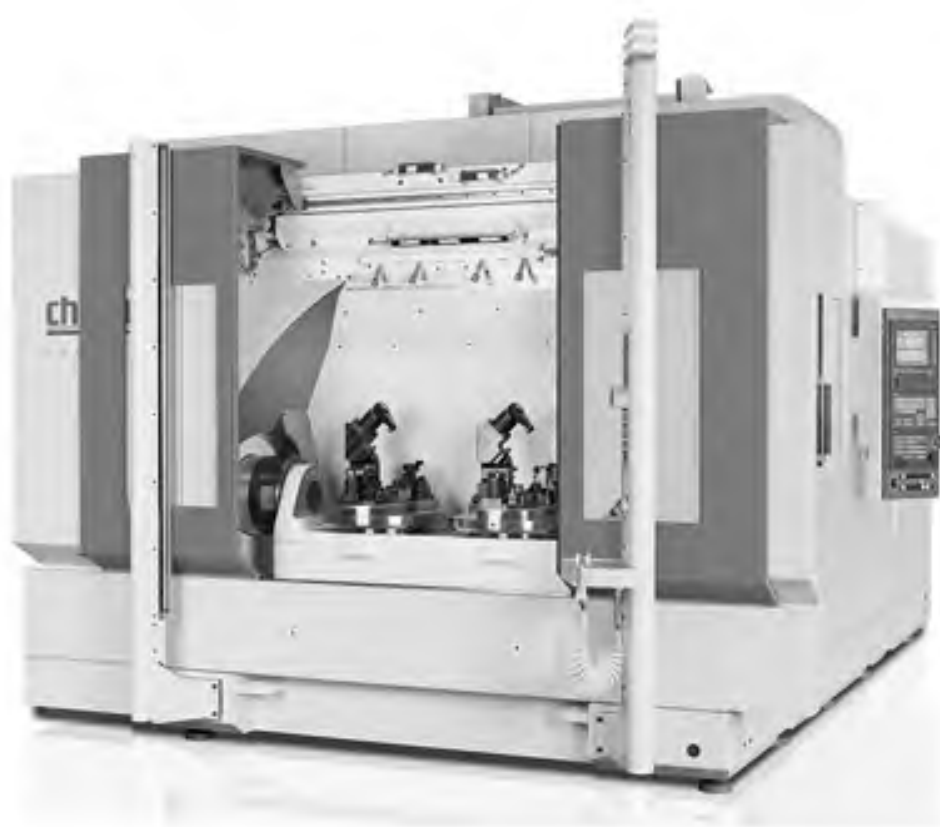
Переміщення X-Y-Z до 730-550-630 мм  
Потужність шпинделя до 65 кВт  
Швидкість шпинделя до 20,000 об / хв  
Зміна інструменту близько 1.9 с  
Кількість інструменту 20/2 x 30  
Конус інструменту SK 40 / HSK 63



## Серія 24

Потужні одно і двашпиндельні оброблюючі центри для високопродуктивної обробки складних великогабаритних деталей.

Переміщення X-Y-Z до 830-630-630 мм  
Потужність шпинделя до 65 кВт  
Швидкість шпинделя до 20,000 об / хв  
Зміна інструменту близько 2.7 с  
Кількість інструменту максимум 210  
Конус інструменту HSK 63



## Серія 26

Потужні горизонтальні двашпиндельні оброблюючі центри для високопродуктивної обробки складних великогабаритних деталей.

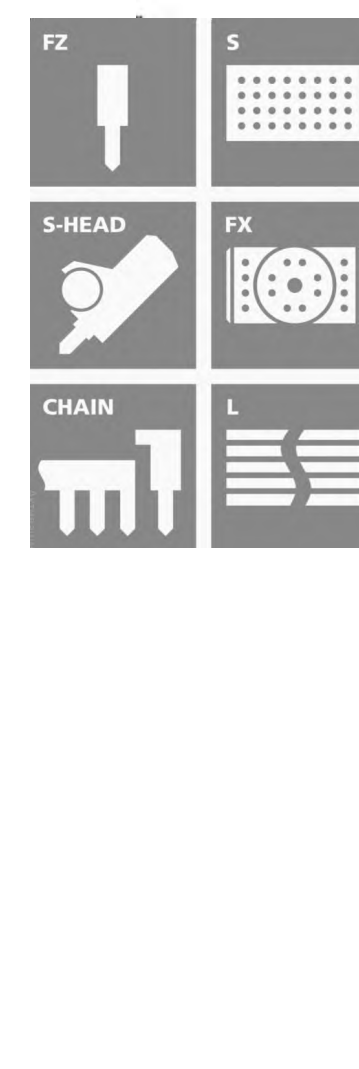
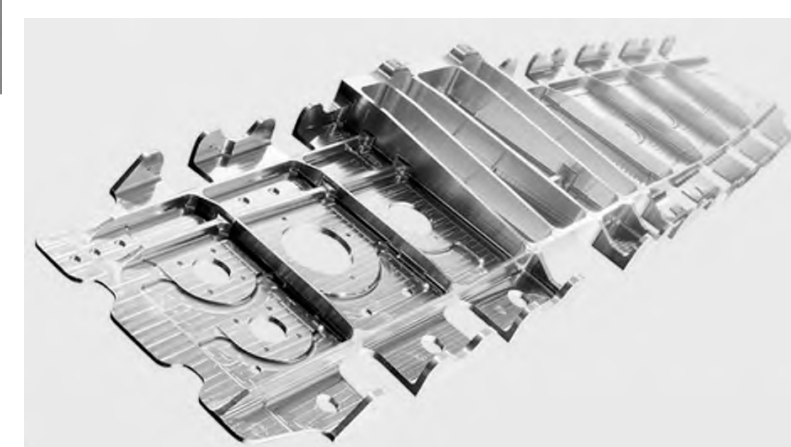
Переміщення X-Y-Z до 950-630-600 мм  
Потужність шпинделя до 81 кВт  
Швидкість шпинделя до 16,000 об / хв  
Зміна інструмента близько 2.7 с  
Кількість інструменту максимум 2 x 45  
Конус інструменту HSK 63 / HSK 100



## Серія MILL

Універсально точні обробні центри для високопродуктивної обробки від дрібних до великогабаритних деталей.

Переміщення X-Y-Z до 8,000-915-715 мм  
Потужність шпинделя до 75 кВт  
Швидкість шпинделя до 20,000 об / хв  
Зміна інструмента близько 2.9 с  
Кількість інструменту максимум 163  
Конус інструменту SK 40 / HSK 63



## Серія BIG MILL

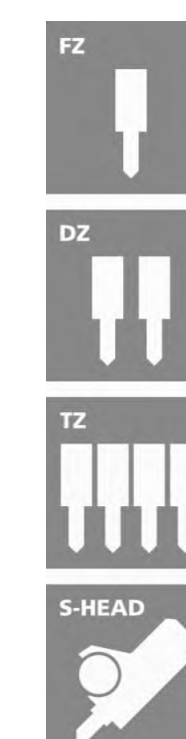
Високоточні оброблюючі центри для обробки складних великогабаритних деталей.

Переміщення X-Y-Z до 6,000-800-1,000 мм  
Потужність шпинделя до 60 кВт  
Швидкість шпинделя до 10,500 об / хв  
Зміна інструменту близько 4.9 с  
Кількість інструменту максимум 219  
Конус інструменту HSK 100



## Умовні позначення:

### Шпинделі і шпиндельні системи



Одношпиндельний оброблюючий центр

Двашпиндельні оброблюючий центр

Чотирьшпиндельний оброблюючий центр

Поворотна головка

### Столи (варіанти виконання)



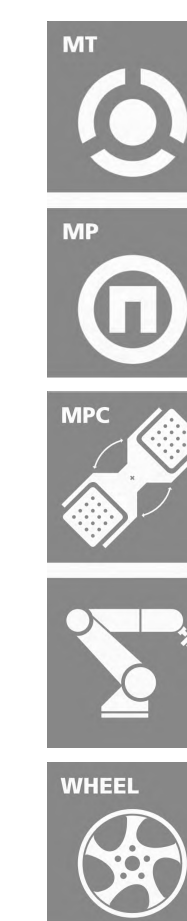
Нерухомий стіл

Поворотний стіл – пристрій зміни виробів

5-ти осьовий верстат з похило-поворотним столом

Повдовжена станина

### Системи обробки



Обробка пруткового матеріалу з 6-ти сторін

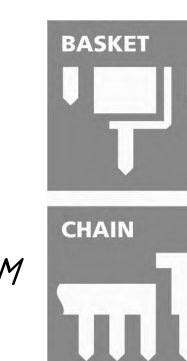
Система обробки профілів

Система зміни палет

Інтегрована система автотавантаження роботом

Гнучкі системи для обробки колісних дисків

### Системи заміни інструменту



Корзинного типу

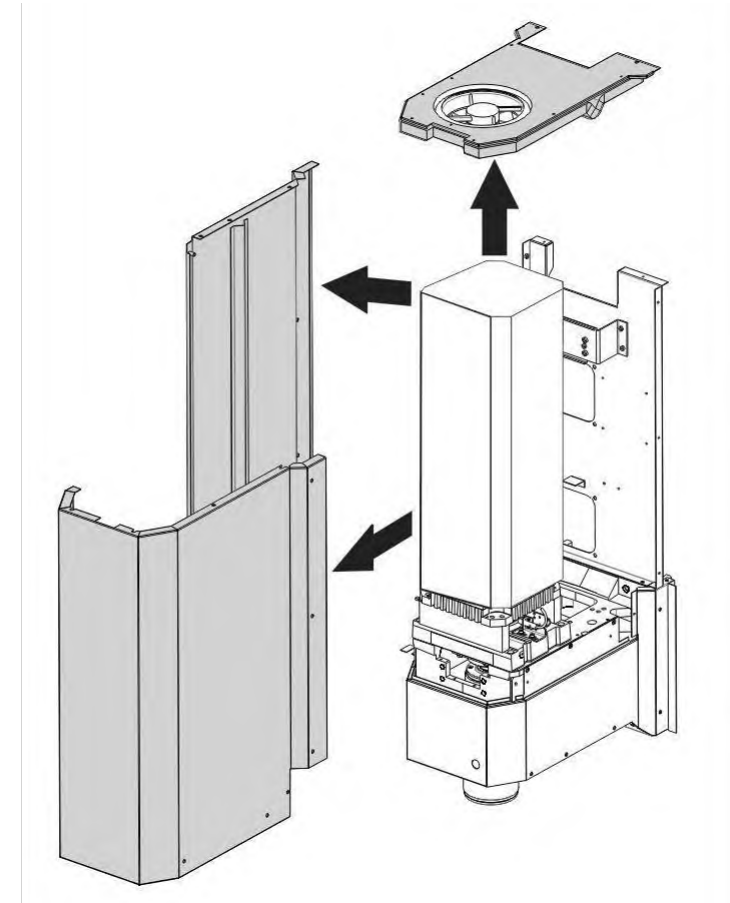
Цепного типу

Виконав: Лещенко К. А.  
Перевірив: Верба І. І.

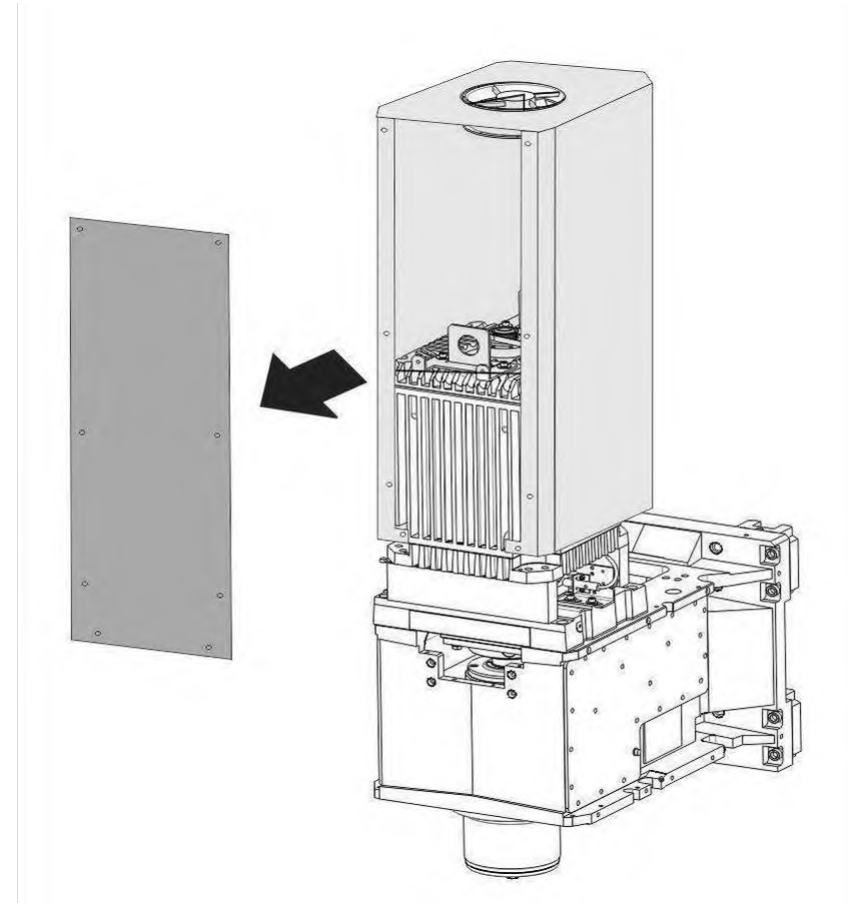


# Послідовність заміни шпиндельного вузла при відновленні верстата

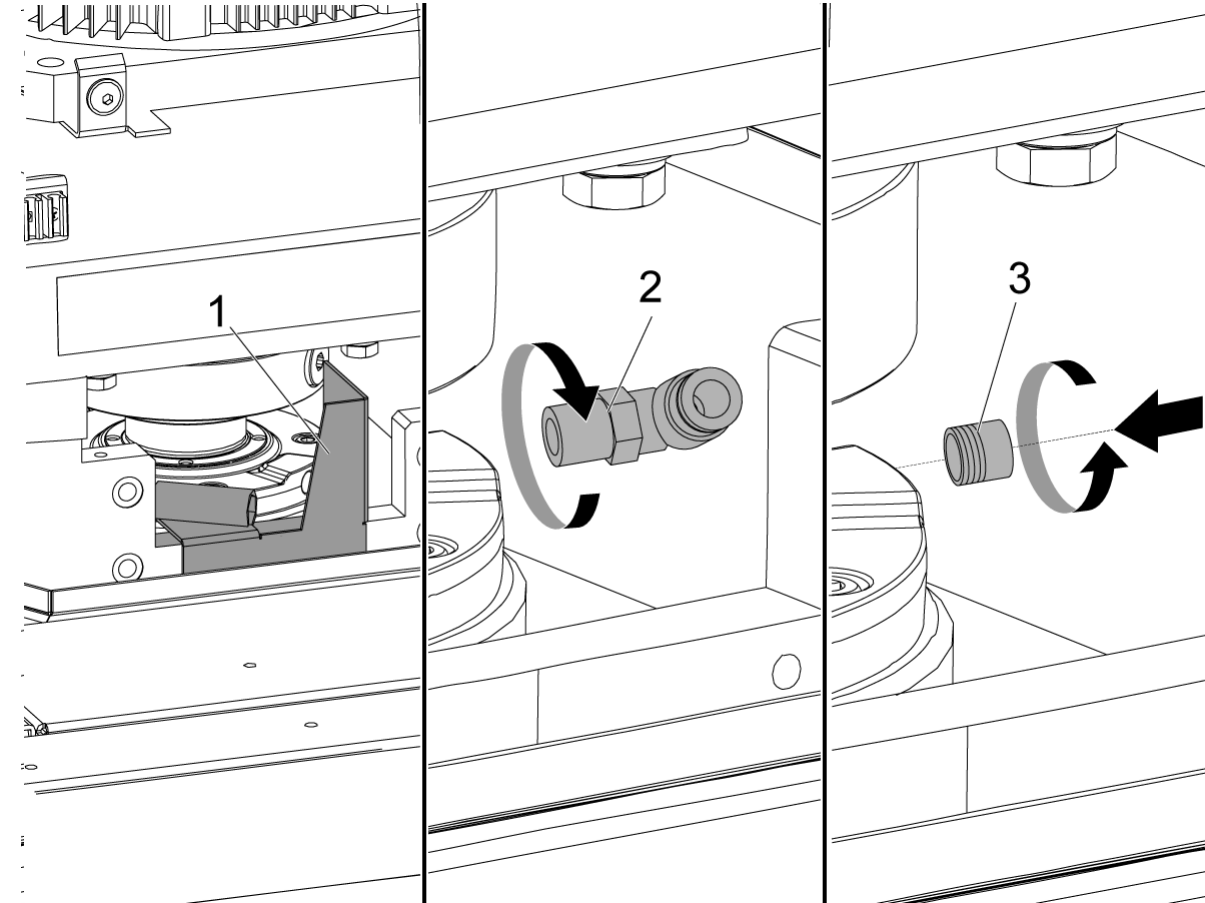
## I. Вилучення старого шпиндельного вузла який був в експлуатації



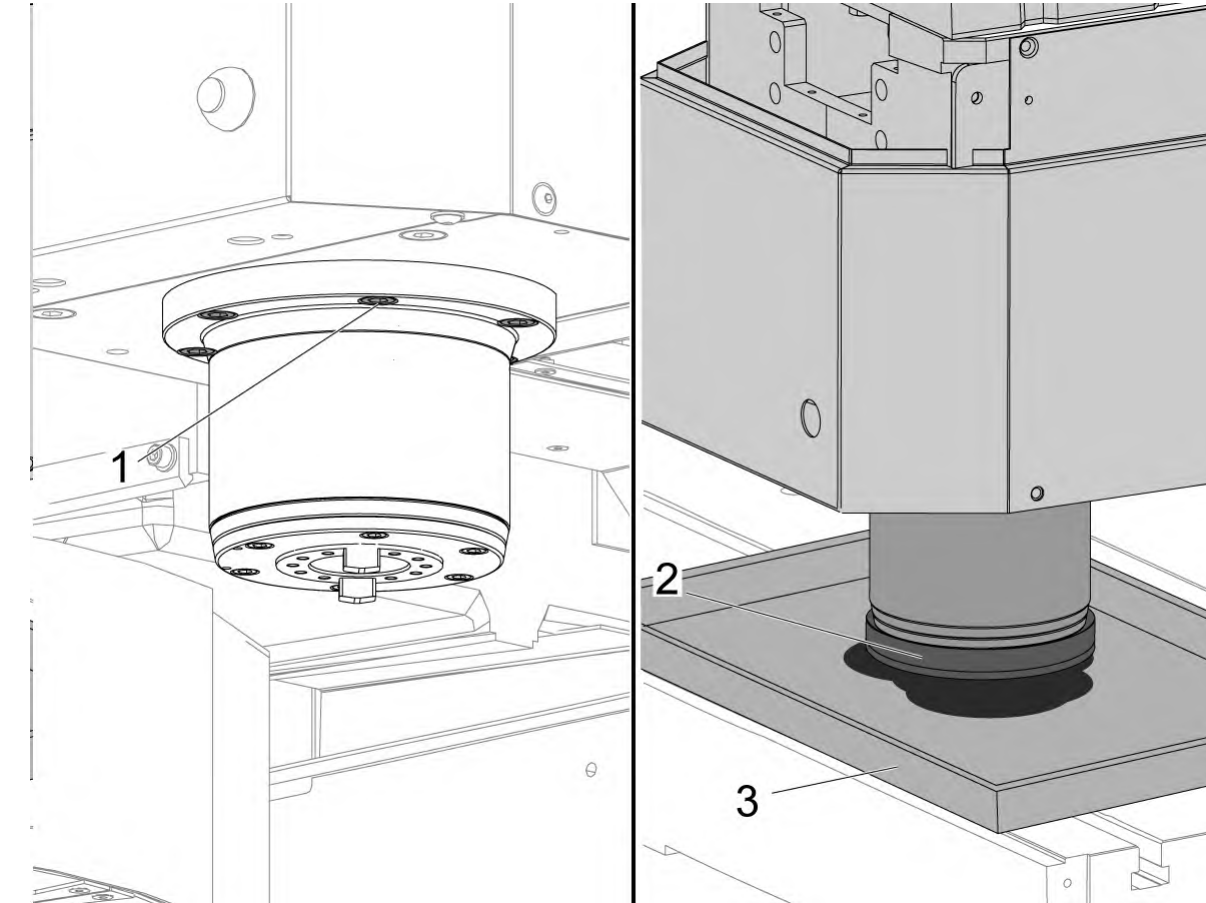
1. Зняти панелі кришки головки шпинделя



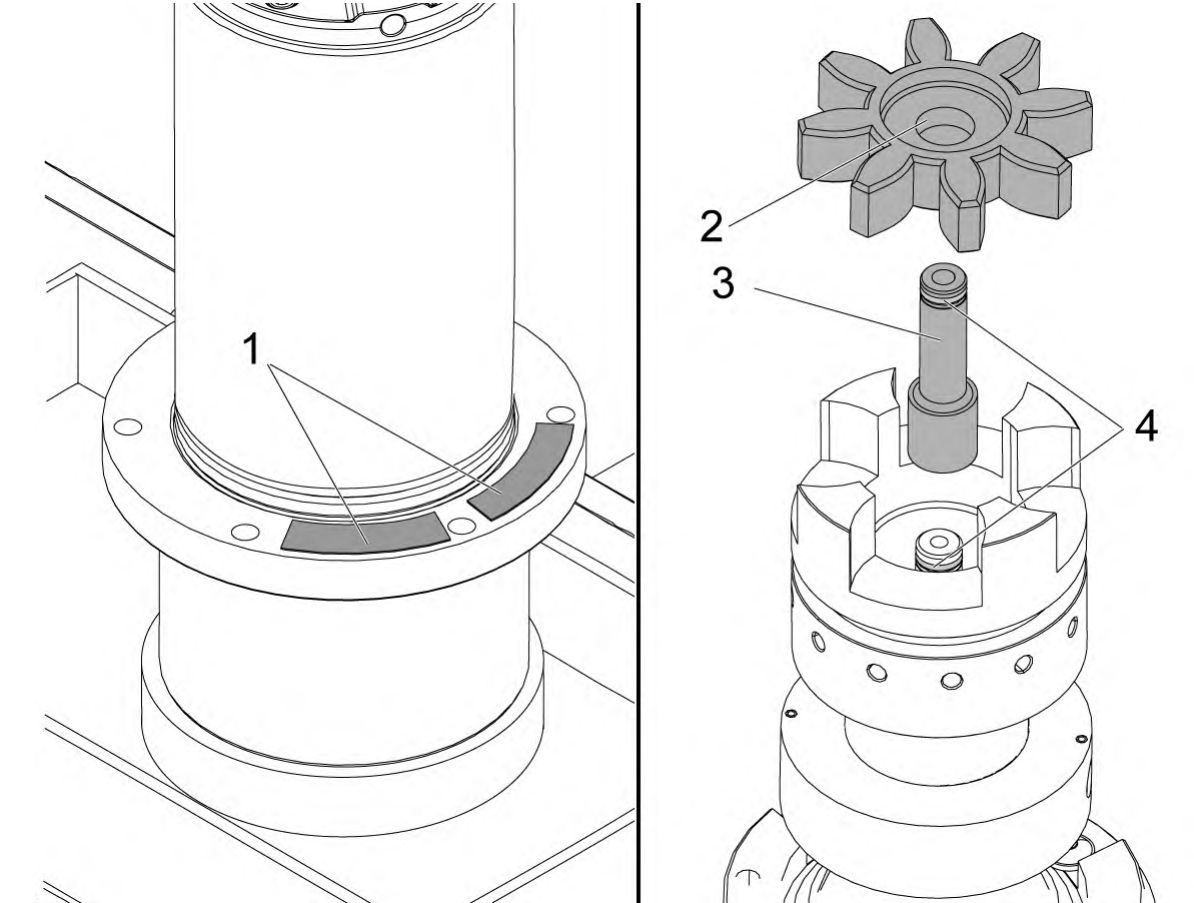
2. Зняти передню панель кожуха двигуна



3. Зняти передній скребок повітря [1].  
Зняти трубку змащення шпинделя.  
Зняти фітинг змащення шпинделя на 90 ° [2].  
Встановити пробку [3] в порт масляного з'єднання на шпинделі.  
Послабити болти, які прикріплюють двигун до монтажної пластини.

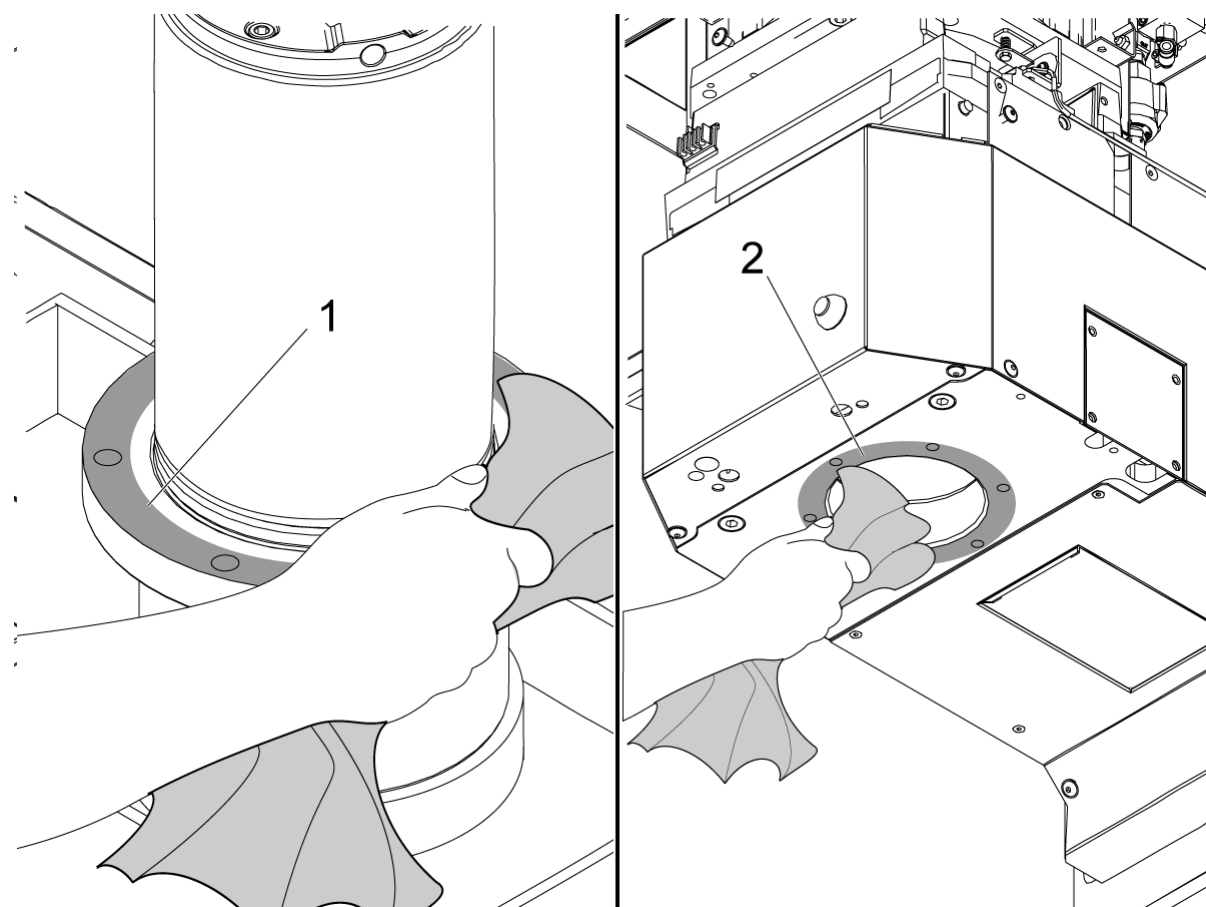


4. Поставити масляну ванну [3] на стіл, щоб уникнути витоків масла.  
Послабити гвинти шпинделя [1] приблизно двома оборотами.  
Встановити захисний ковпачок [2] на ніс шпинделя.  
Прокрутити вісь Z в негативному напрямку, поки шпиндель не торкнеться столу.  
Зняти гвинти шпинделя.  
Прокрутити вісь Z у позитивному напрямку, поки шпиндель повністю не вийде з головки шпинделя.

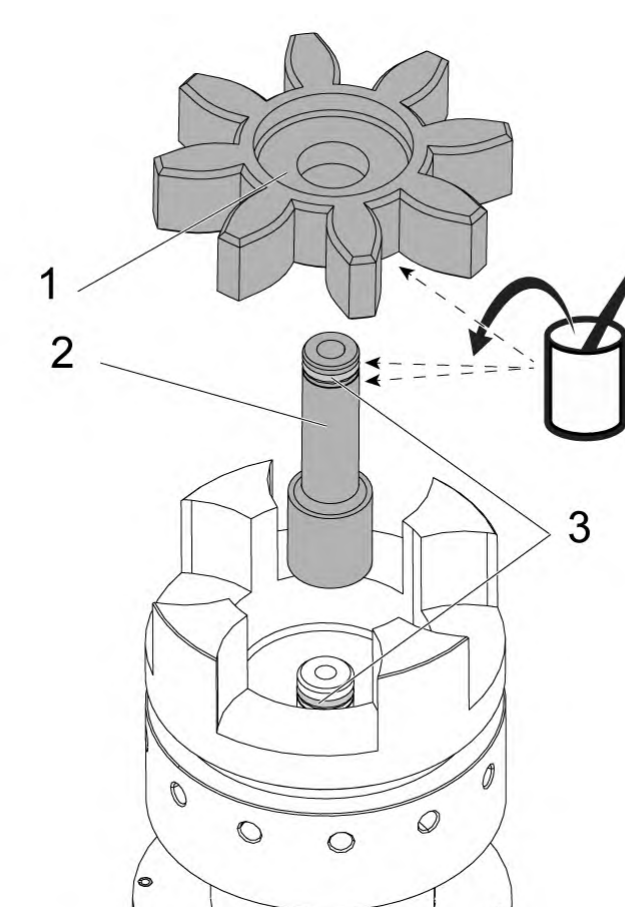


5. Зняти прокладки [1].  
Видалити ці частини: паук [2], трансферна труба [3], ущільнювальні кільця [4].

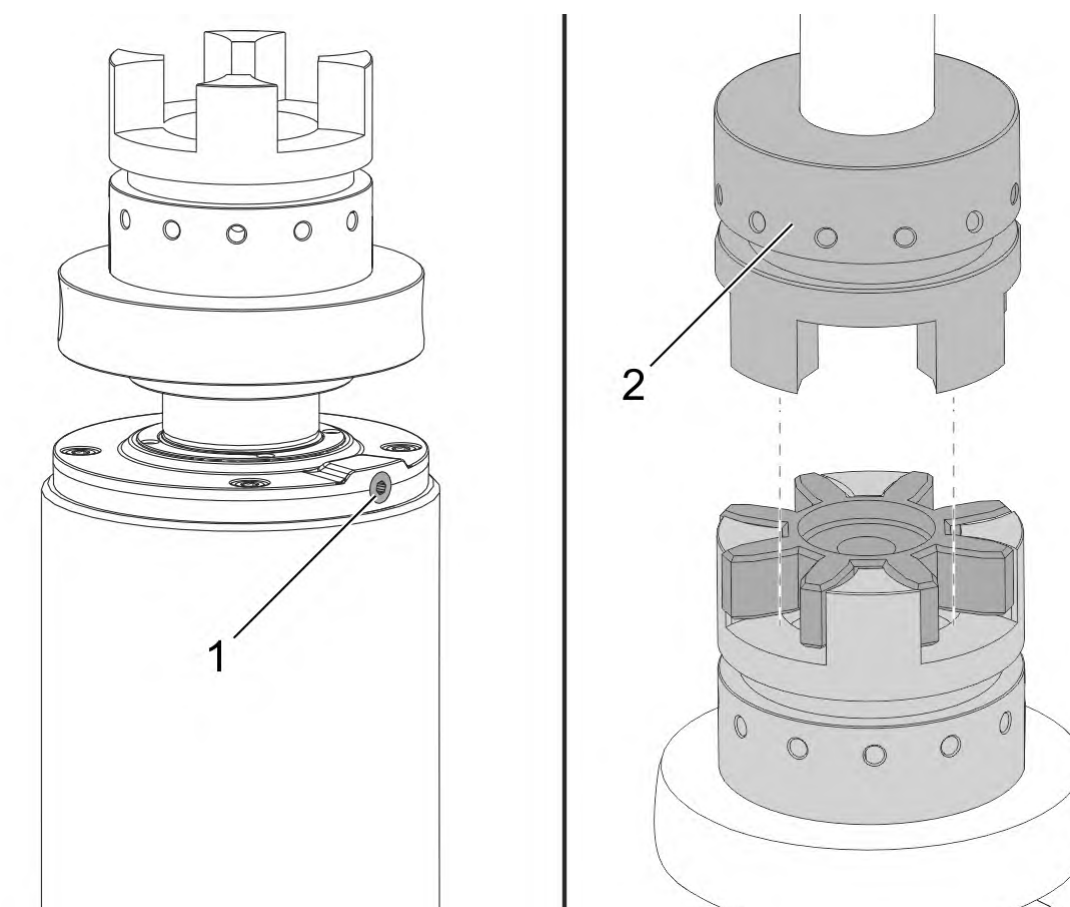
## II. Встановлення нового шпиндельного вузла Порядок дій зворотній. Відмінності показані.



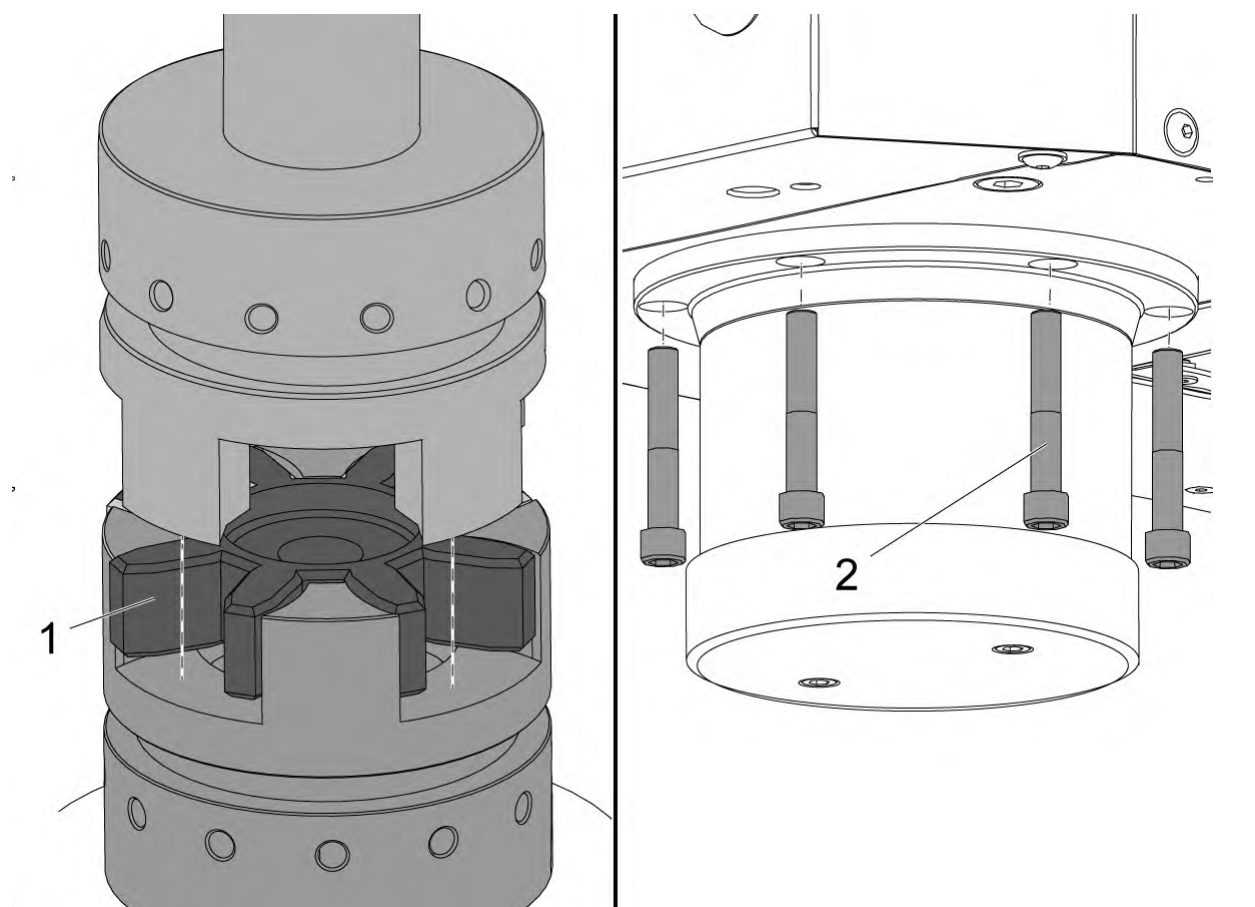
1. Прокрутити вісь Z у позитивному напрямку до верхньої руху.  
Очистити фланець шпинделя [1] і поверхню головки шпинделя [2], де торкається фланець шпинделя.



2. Нанести на ці частини тонкий шар мастила: паук [1], передавальна трубка [2], ущільнювальні кільця [3].  
Встановити передавальну трубку в шпиндель.  
Встановити паук.

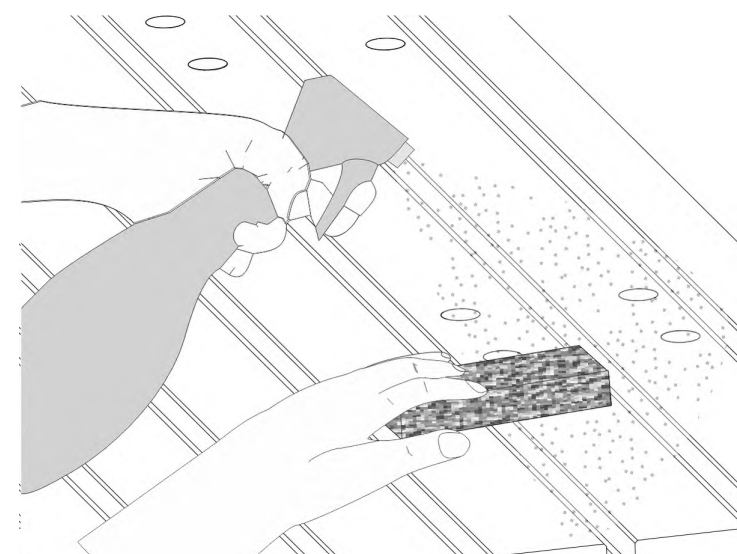


3. Повернути шпиндель, поки порт масляного з'єднання [1] не вкаже на передній правий край машини.  
Візуально вирівняти муфту шпинделя з муфтою двигуна [2].

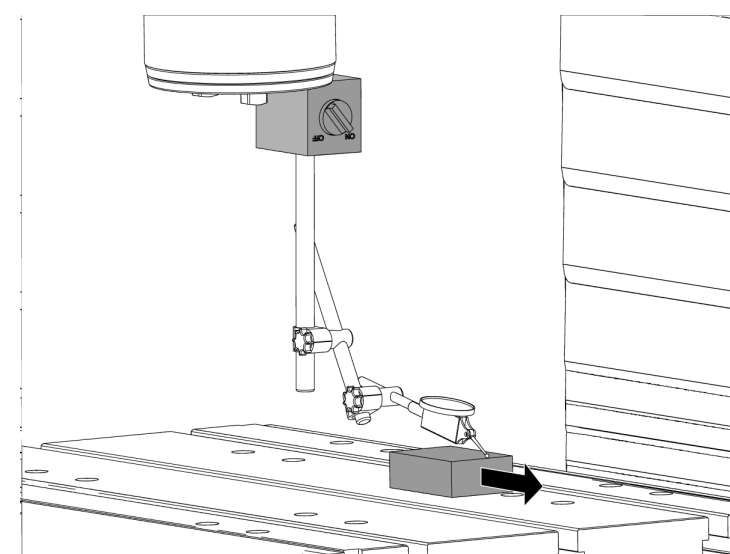


4. Правильно нахилити вісь Z в негативному напрямку над шпинделем.  
Переконайтеся, що шпиндельний зчепний пристрій та муфта двигуна вирівняні з патрубком паука [1].  
Коли шпиндель повністю входить у корпус шпинделя необхідно виконати такі дії: такі дії: Повернути шпиндель, щоб вирівняти його з отворами, що відбиваються, у виливці.  
Встановити гвинти шпинделя [2].  
Закрутити гвинти

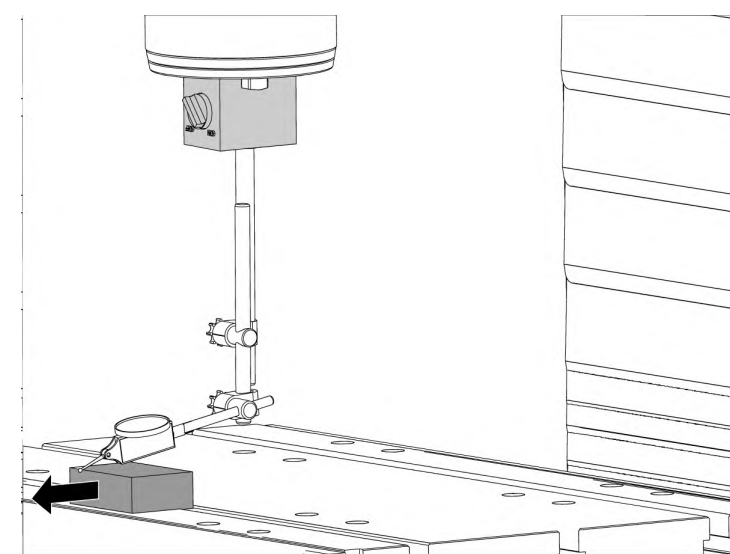
## III. Перевірка точності встановлення шпиндельного вузла за перпендикулярністю осей X. Y



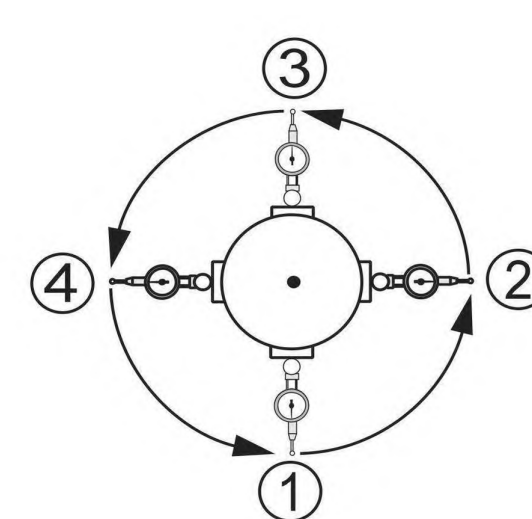
1. Переконайтеся, що стіл чистий. Видаліть всю поверхню корозії.  
Використовуйте рН-нейтральний очисник, абразивну подушку.



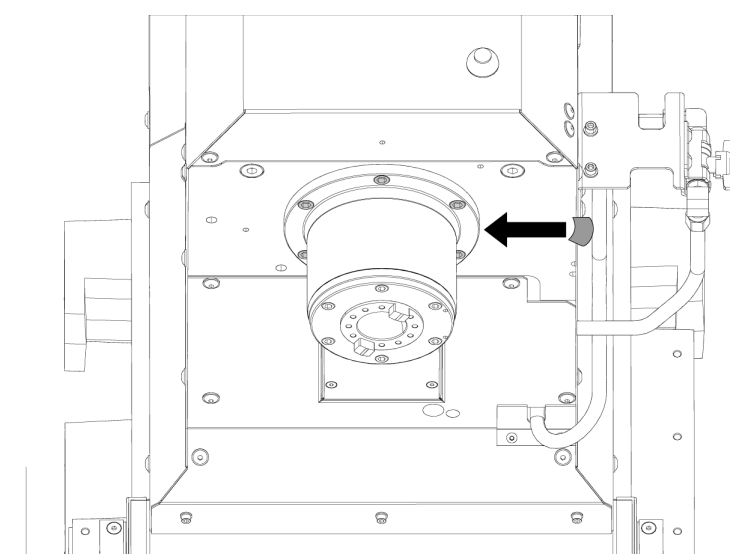
2. На шпиндель покладіть магнітну основу з 0,01 мм індикатором.  
Максимальна допустима похибка становить 0,02 мм на відстані 100 мм



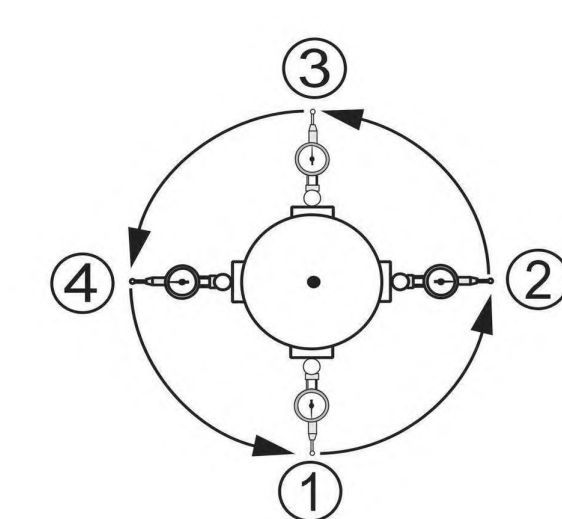
3. Перемістіть шпиндель до центру області з найменшою помилкою.  
Перемістіть магнітну основу індикатора на кінець шпинделя. Встановіть стилус 100 мм з центральної лінії шпинделя.



4. Перемістіть блок вимірювання під індикаторним стилусом з задньої частини індикатора.  
Підтвердіть на кожному інтервалі 90 градусів.  
Якщо помилка більше 0,01 мм то необхідно додати або видалити прокладки з шпинделя.



5. Якщо потрібне регулювання, відпустити кріпильні гвинти шпинделя.  
Додати прокладки або змінити положення прокладок між фланцем шпинделя і головкою. Це виправляє вирівнювання.  
Затягнути кріпильні гвинти шпинделя за зразком зірки до 14 Н/м.



6. Повторити кроки 2-5. При необхідності відрегулювати прокладки.  
Примітка: Не використовувати використані прокладки

Виконав: Лещенко К. А.  
Перевірив: Верба І. І.

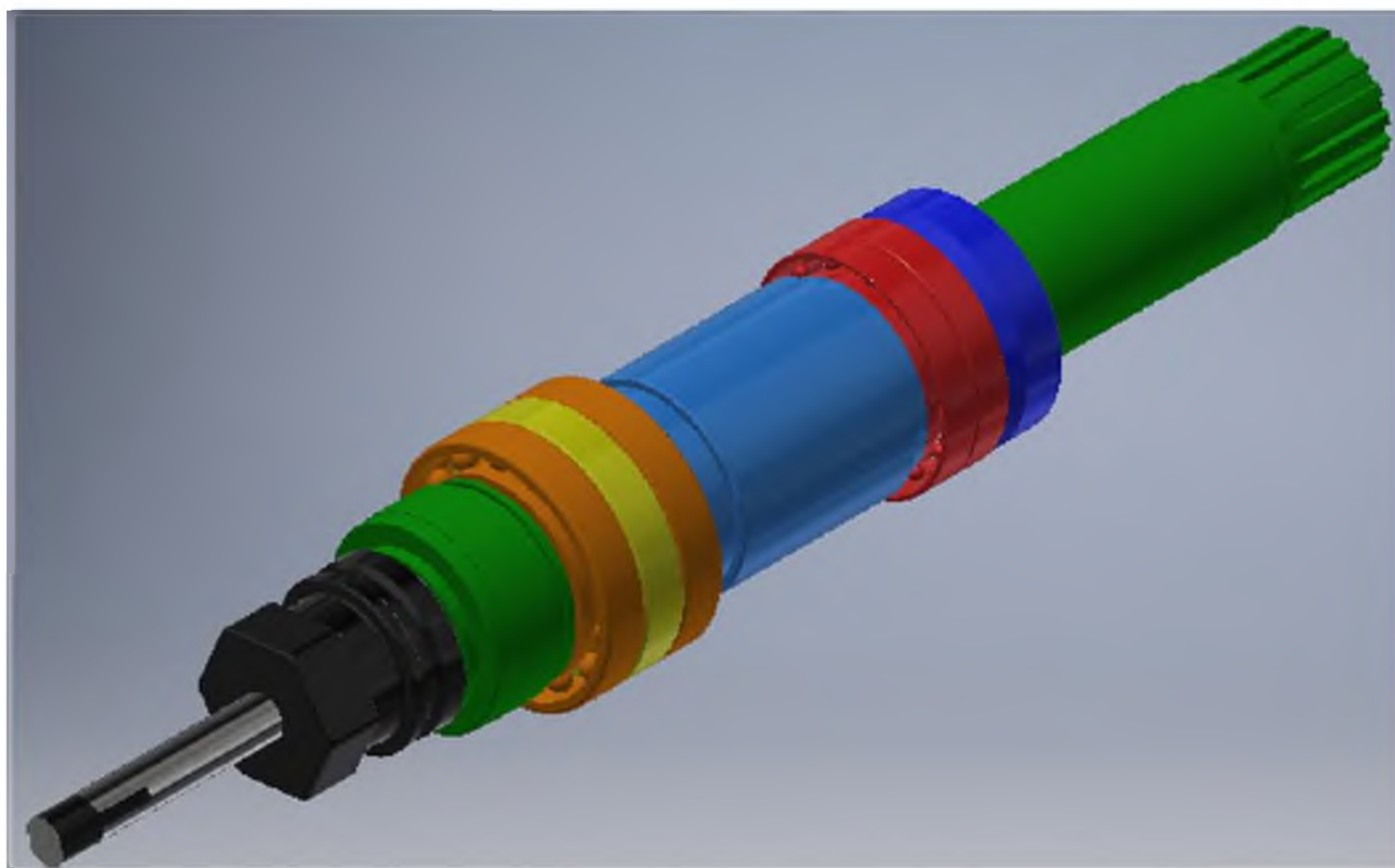


# Використання модулю Аналіз напружень Autodesk Inventor для оцінки податливості шпиндельного вузла вертикально-фрезерного верстату CHIRON FZ 12 W

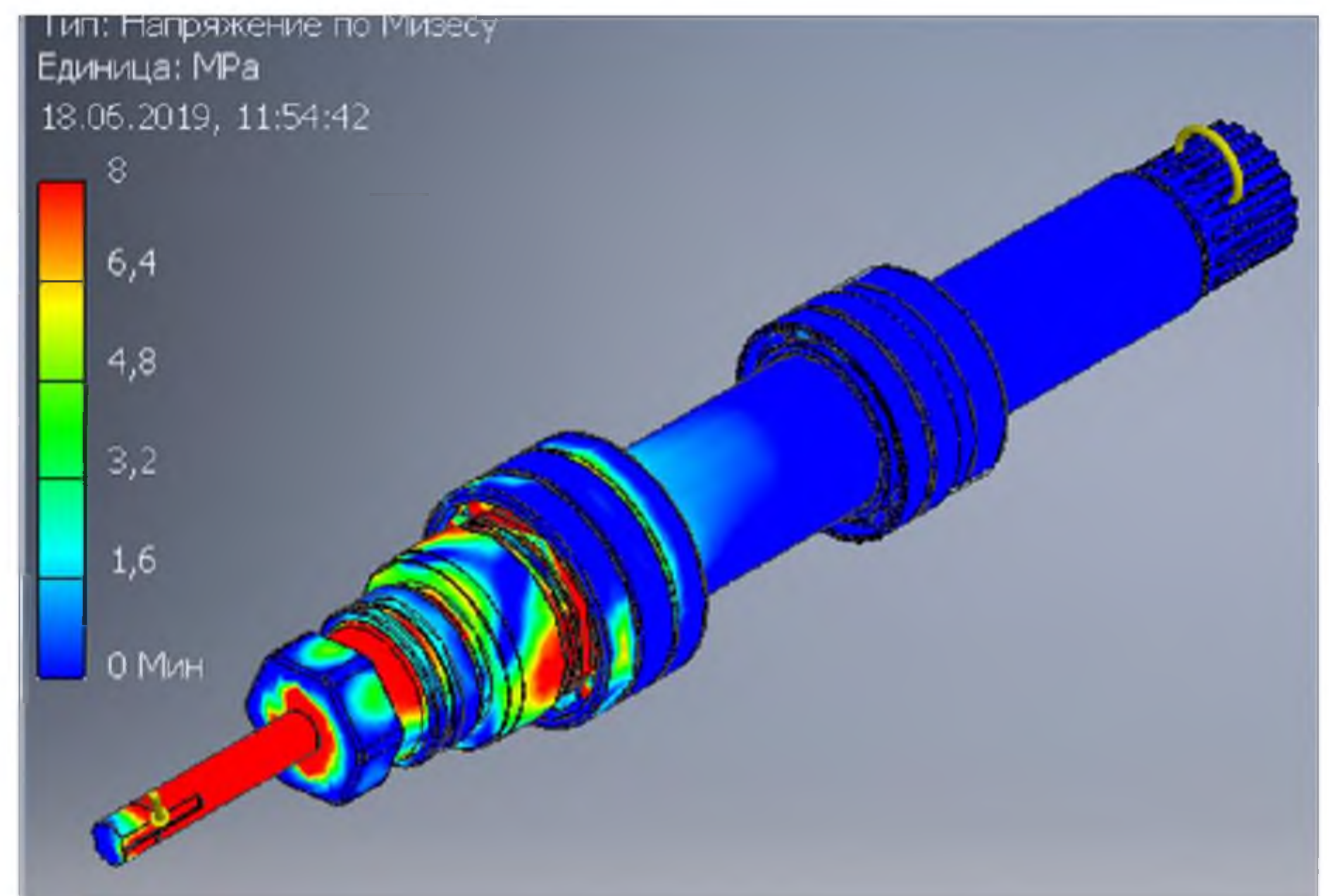
## Схема навантажень

Відповідає типовому процесу обробки - чорнове фрезеруванняпазу пальцевою фрезою D=20 мм;  
Режими різання:  
Глибина різання 4мм ;  
Швидкість різання 390 м/хв ;  
Подача на оберт 0.7мм;  
Частота обертання шпинделя 4910 об/хв;  
Сили різання прикладені до зуба фрези:  
 $F_z=2034\text{Н}$ ,  $F_y=711.9\text{Н}$ ,  $F_x=1078\text{Н}$ ;  
Крутний момент який прикладено до ділянки, де знаходяться шліци  $M_{кр}=20.3\text{Н/м}$

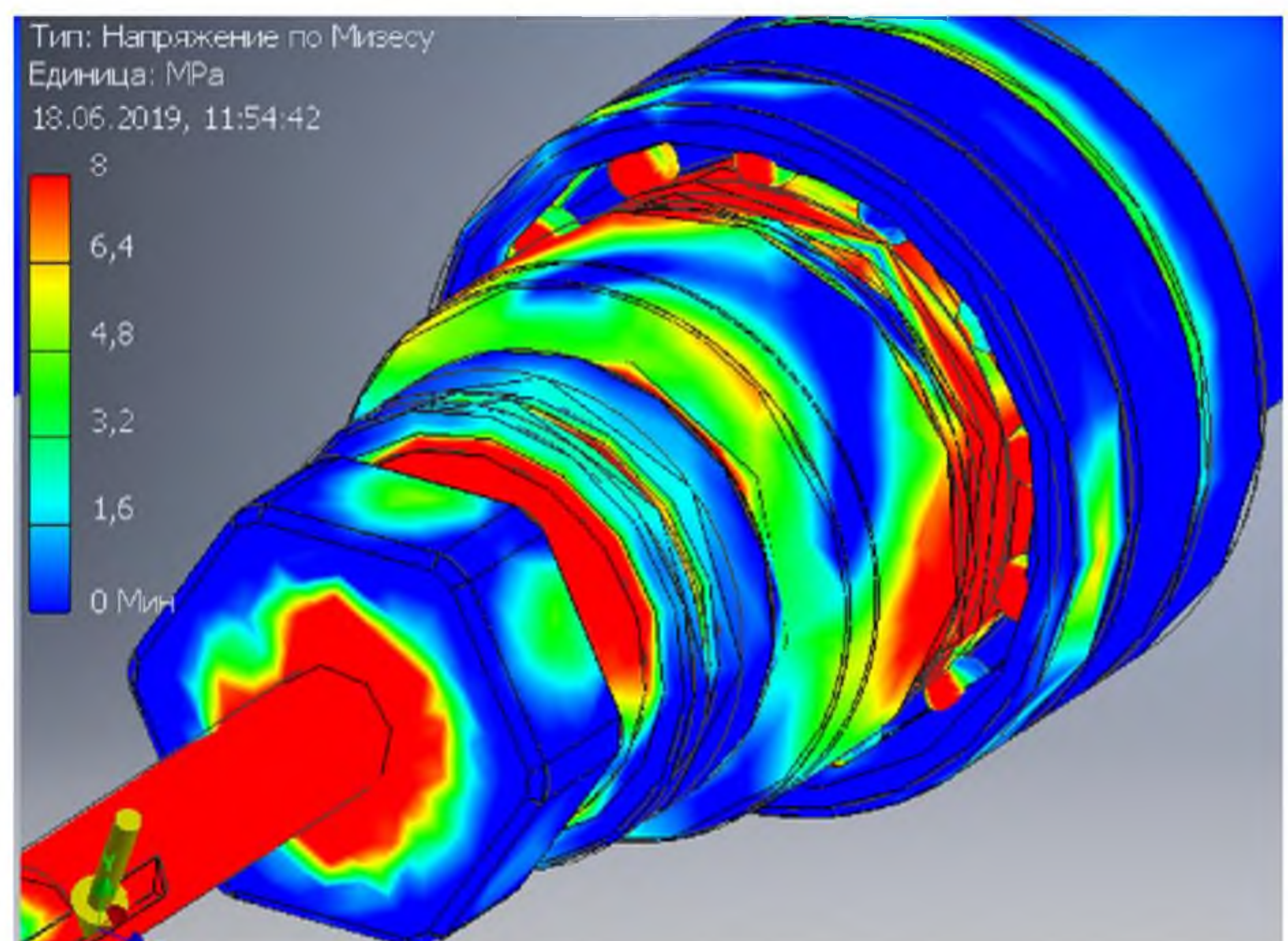
## Розрахункова модель шпиндельного вузла



## Розподіл напружень на шпиндельному вузлі



## Розподіл напружень на кінці шпинделя



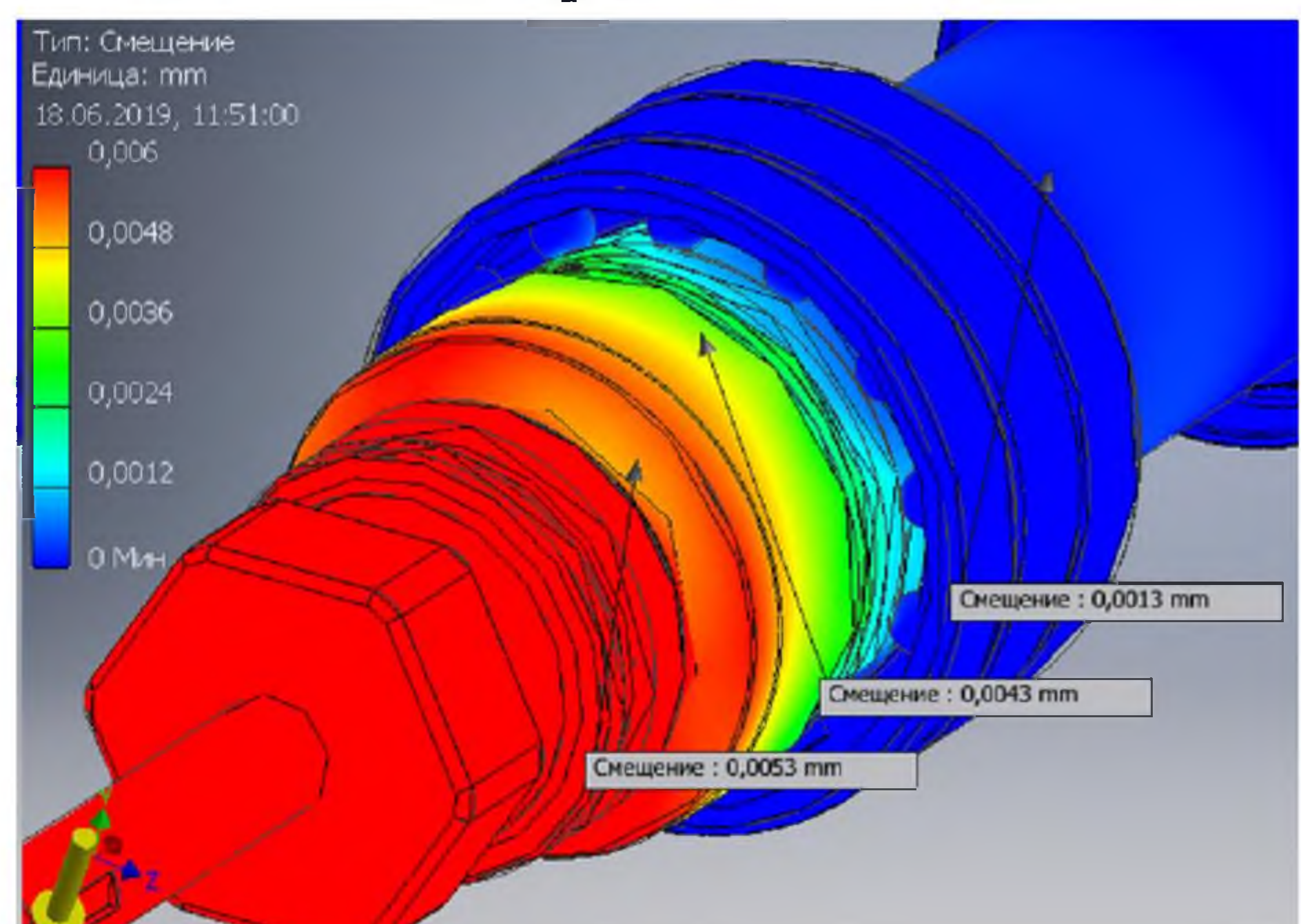
Як результат розраховані значення податливості шпинделя

$$\delta_{\Sigma} = \frac{\Delta_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{5,3 \text{ мкм}}{2,16 \text{ кН}} = 2,4 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}};$$

$$\delta_z = \frac{\Delta_z}{F_z} = \frac{4,2 \text{ мкм}}{2,03 \text{ кН}} = 2,1 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}};$$

$$\delta_y = \frac{\Delta_y}{F_y} = \frac{2,7 \text{ мкм}}{0,711 \text{ кН}} = 3,79 \frac{\text{мкм}}{\text{кН}}.$$

## Зміщення точок переднього кінця шпинделя



Виконав: Лещенко К. А.  
Перевірив: Верба І. І.



# ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРІЇ 12

CHIRON DZ 12 FX



Переміщення по X, мм 550  
Переміщення по Y, мм 300  
Переміщення по Z, мм 420  
Потужність загальна 16 кВт  
Кількість інструментів 2x24  
Швидкості зміни інструменту 0,9с  
Конус шпинделя BT40  
Частота обертання шпинделя 20-16000  
Відстань між шпинделями, мм 250

CHIRON FZ 12 MT



Максимальний діаметр  
обробки, мм 200  
Переміщення по Y, мм 585  
Переміщення по Z, мм 200  
Потужність загальна 28 кВт  
Кількість інструментів 2x15  
Швидкості зміни інструменту 0,7с  
Частота обертання шпинделя 20-18000

CHIRON TZ 12 S



Переміщення по X, мм 550  
Переміщення по Y, мм 300  
Переміщення по Z, мм 420  
Потужність загальна 32 кВт  
Кількість інструментів макс. 216  
Швидкості зміни інструменту 1,1с  
Конус шпинделя ISO 40  
Частота обертання шпинделя 35000  
Відстань між шпинделями, мм 160

CHIRON DZ 12 W



Переміщення по X, мм 300  
Переміщення по Y, мм 300  
Переміщення по Z, мм 425  
Потужність загальна 14 кВт  
Кількість інструментів 2x20  
Час зміни інструменту 0,9с  
Час зміни палет 3с  
Конус шпинделя ISO 40  
Частота обертання шпинделя 20-12000

CHIRON FZ 12 S

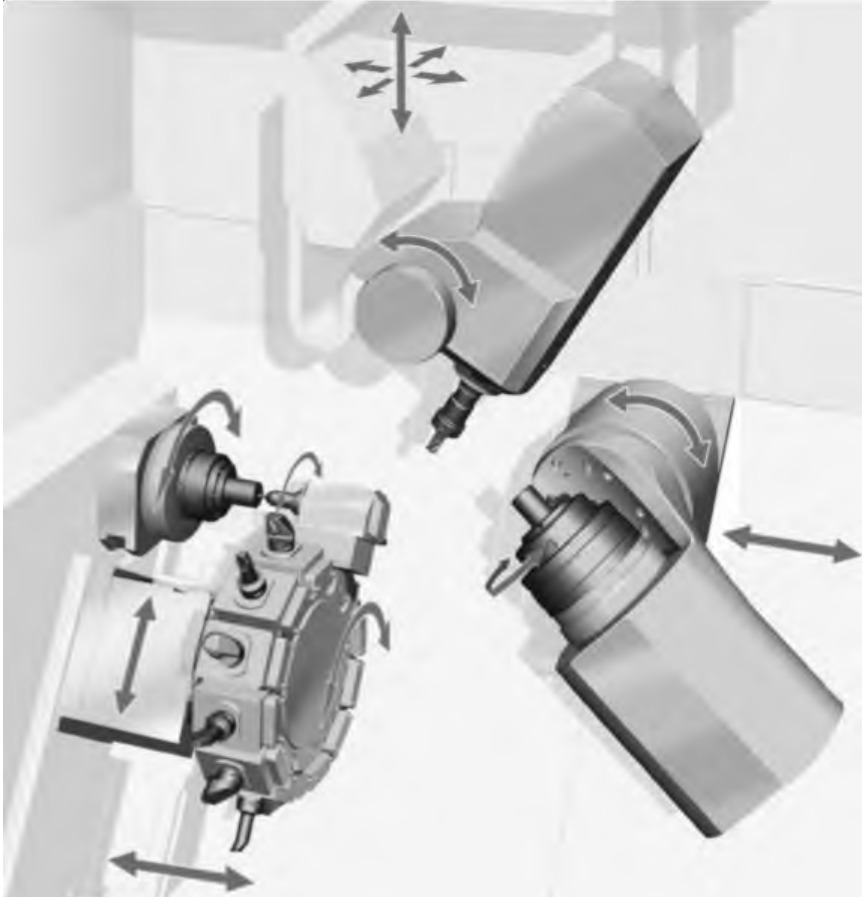


Переміщення по X, мм 550  
Переміщення по Y, мм 300  
Переміщення по Z, мм 420  
Потужність загальна 16 кВт  
Кількість інструментів 24  
Час зміни інструменту 1,1с  
Конус шпинделя SK 30  
Частота обертання шпинделя 20-16000

## КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ



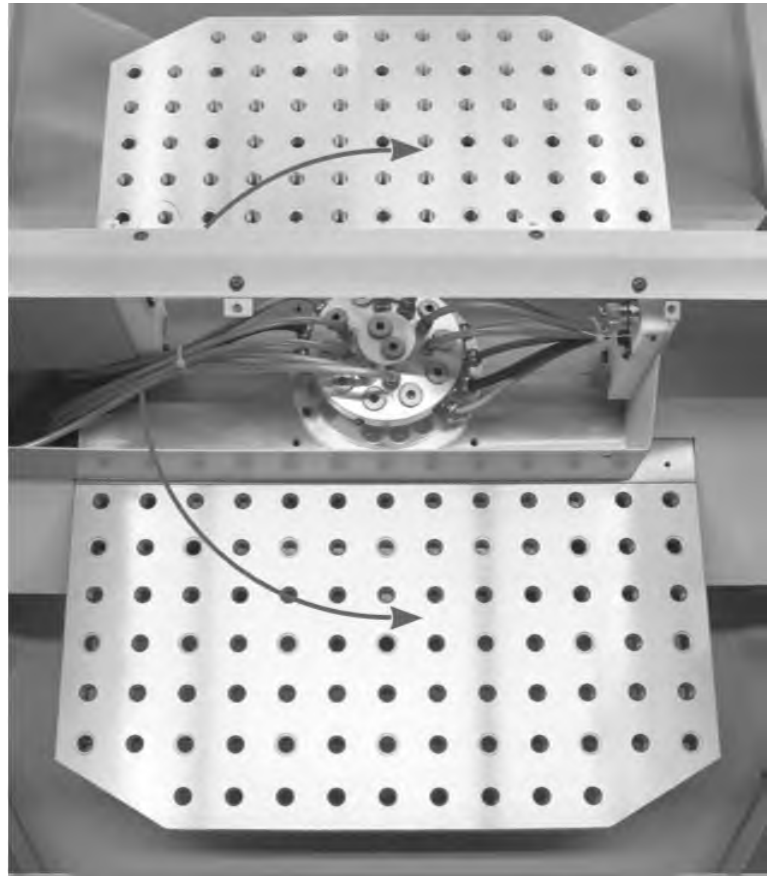
Швидкісний і компактний двшпиндельний обробний центр з 2-х осьовим поворотом- круглим столом і 2-ма планшайбами. Симульатний режим обробки по 5-ти осях виконуються за допомогою високопродуктивних опцій систем управління. .



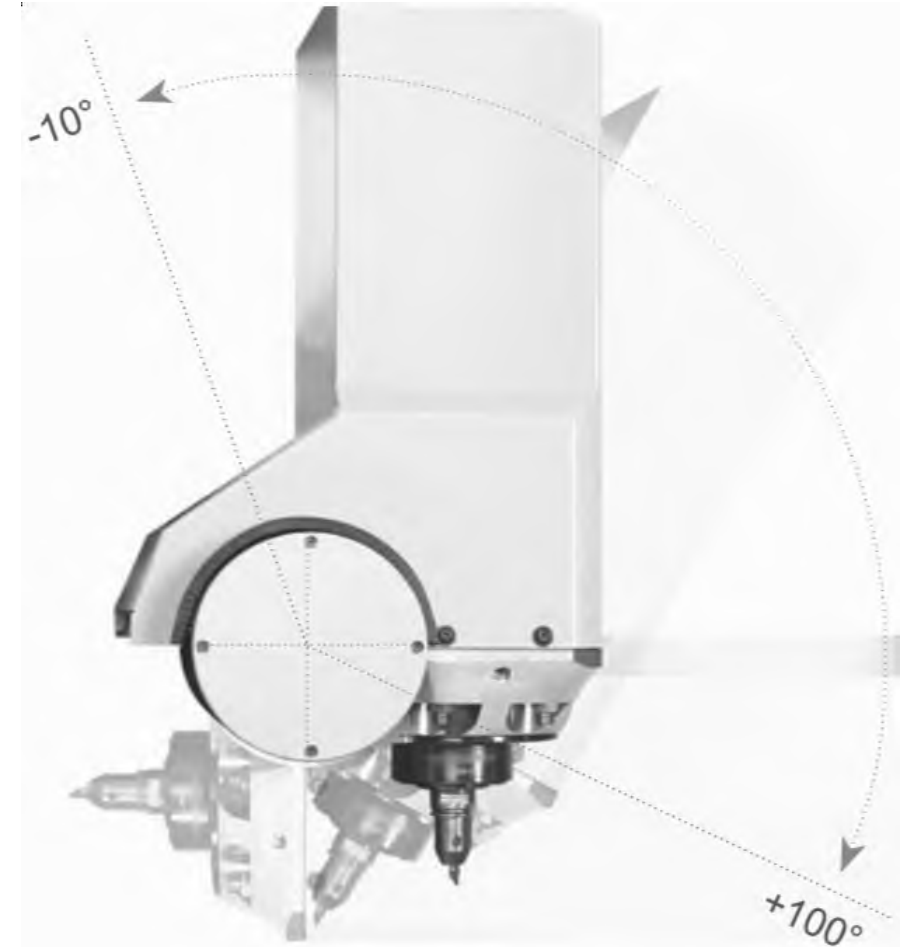
CHIRON MT: Максимально швидка комплексна обробка з 6-ти сторін з поворотною головкою, токарним шпинделем, револьверною головкою і протишпинделем для одночасного фрезерування і токарної обробки прутка.



Компактний і гнучкий прецизійний обробний центр з нерухомим столом і автоматичною зміною інструменту. Великий резерв місця для пристосувань або монтажу поворотного столу з ЧПУ.



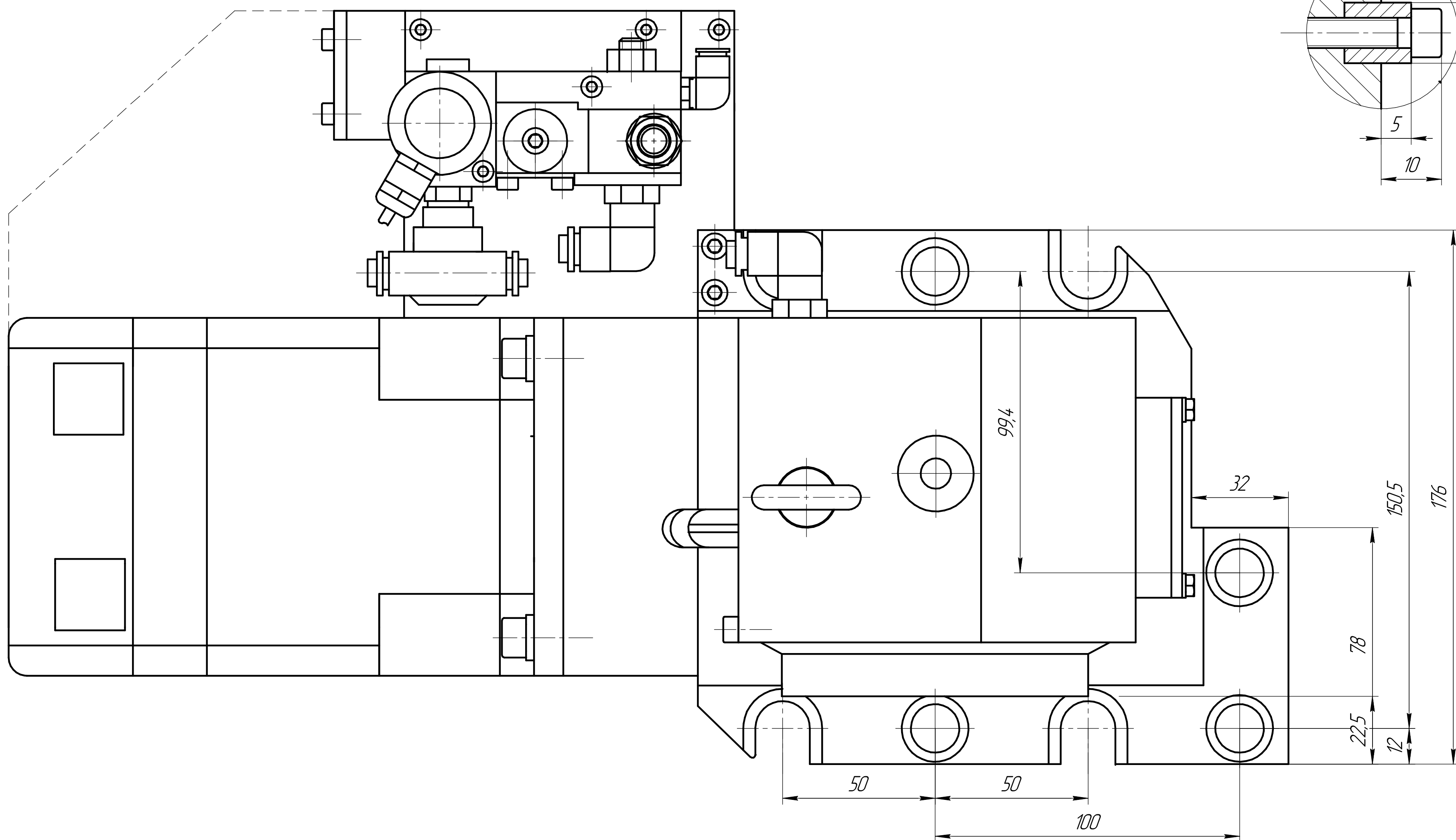
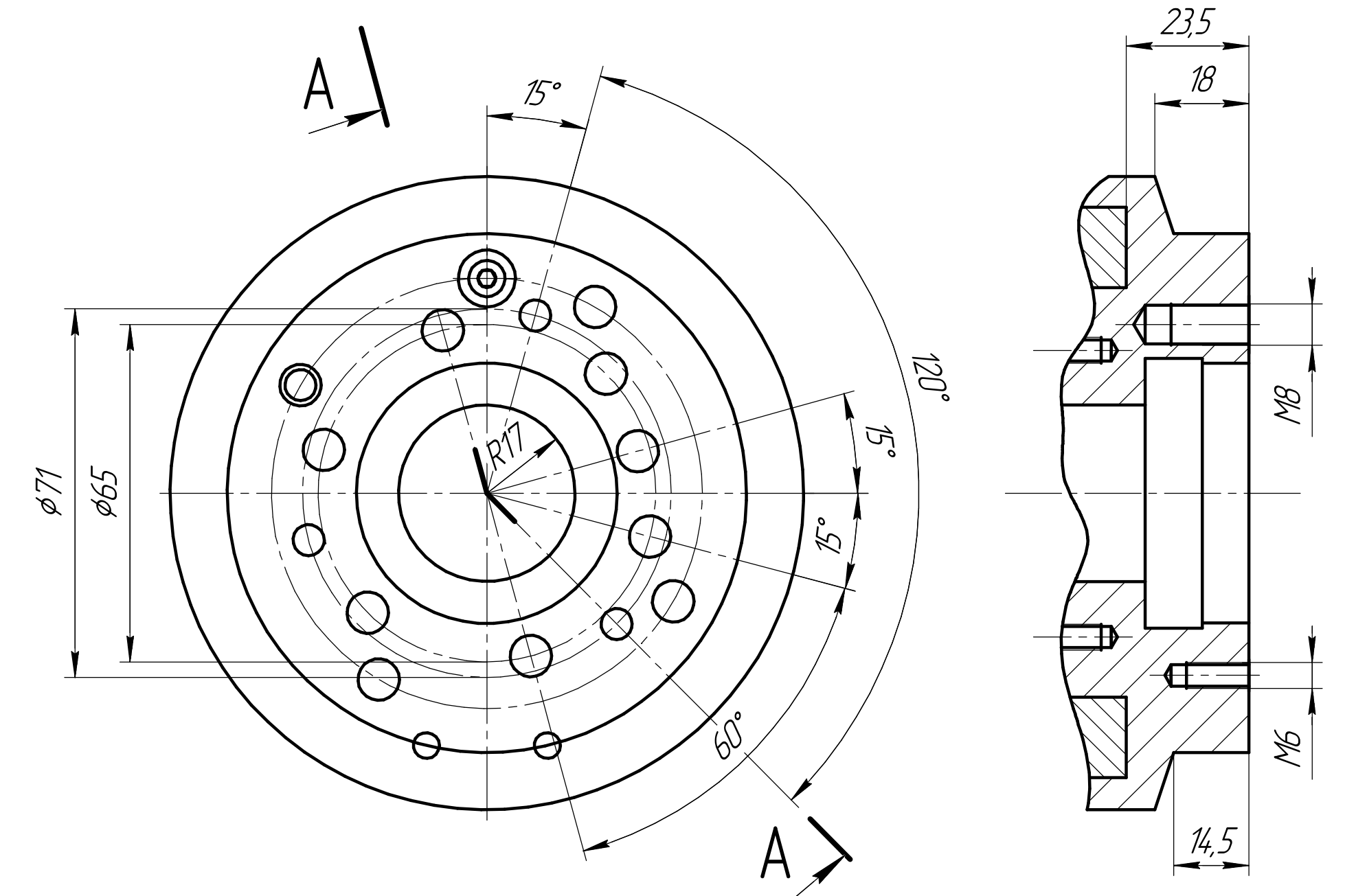
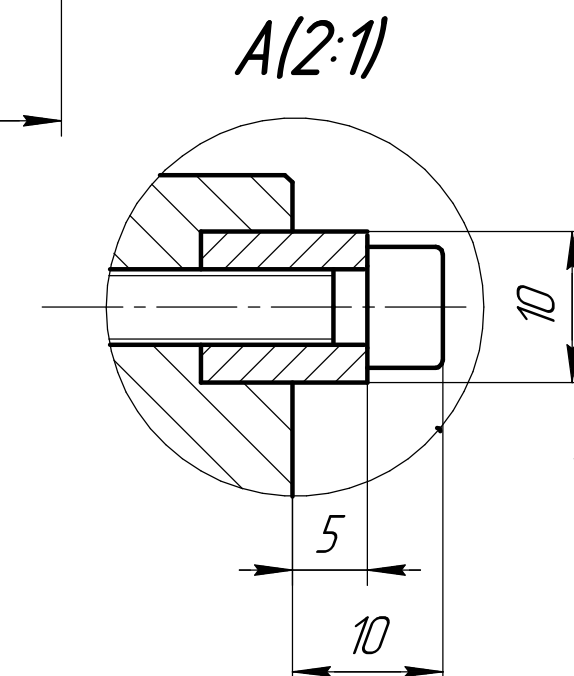
Пристрій для зміни палет 0° / 180° з великим запасом вільного простору для пристосувань і поворотних столів з ЧПК наприклад, для монтажу люльки для оброблюваних деталей в якості 4-ої осі в ЧПУ.



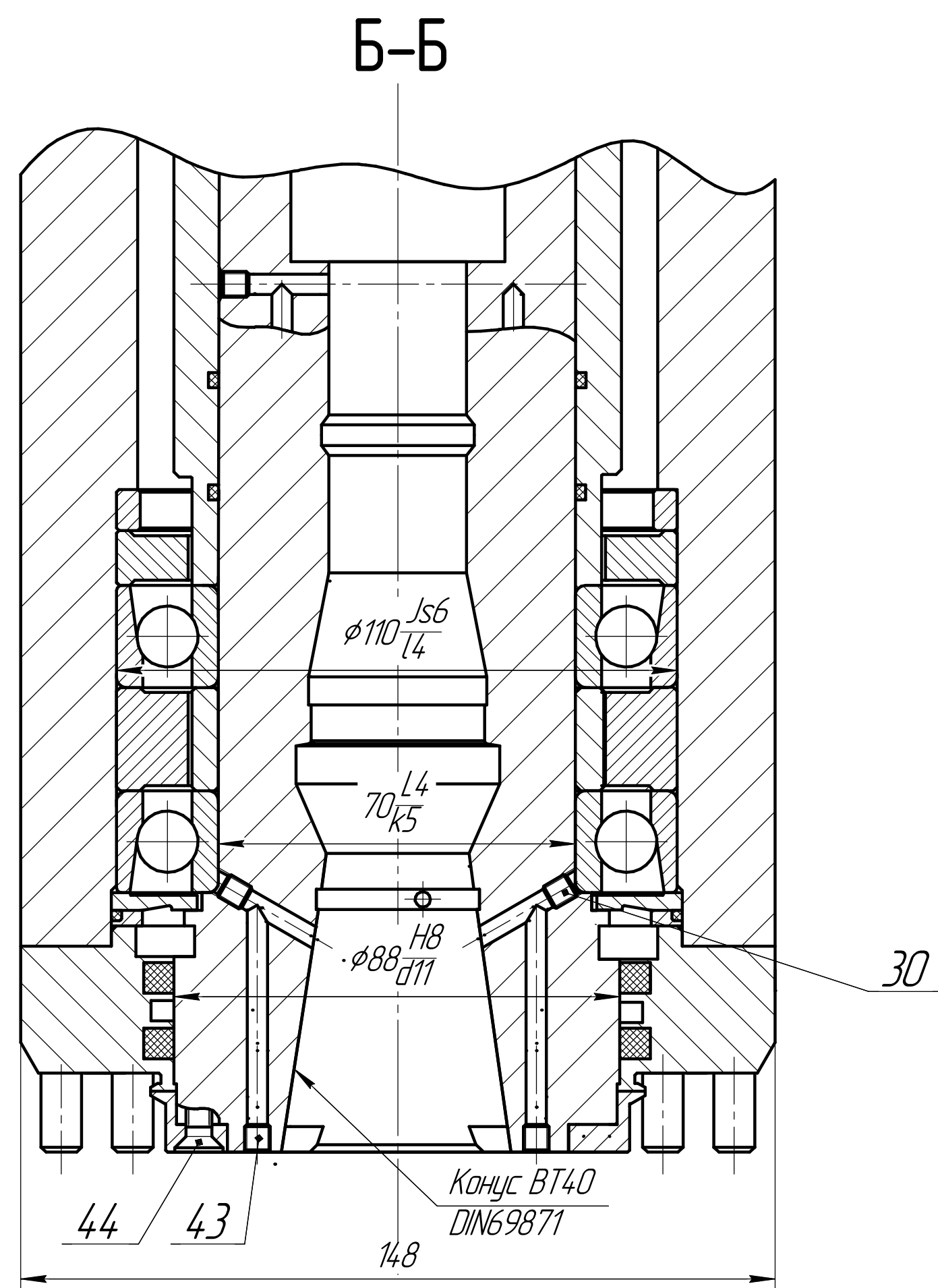
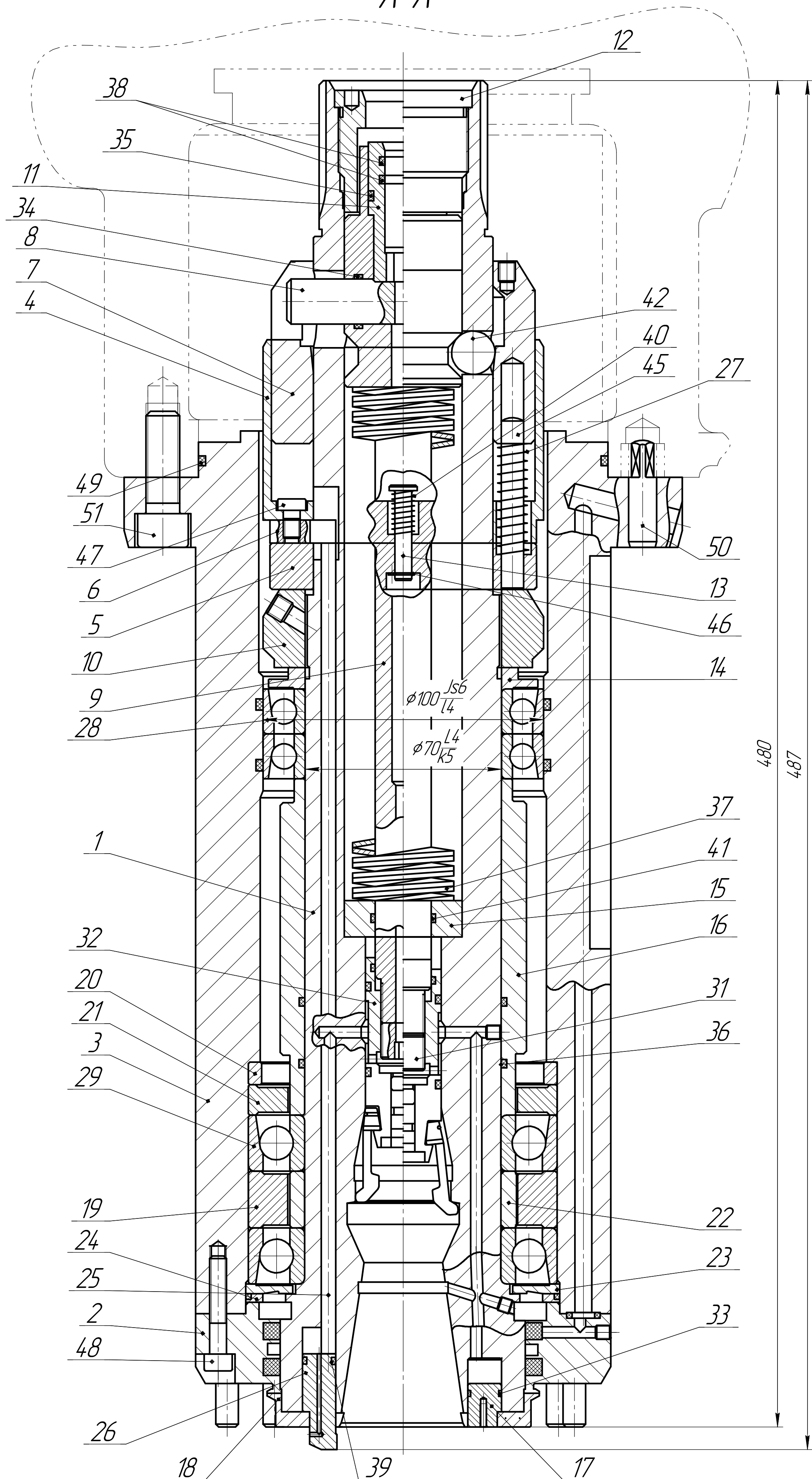
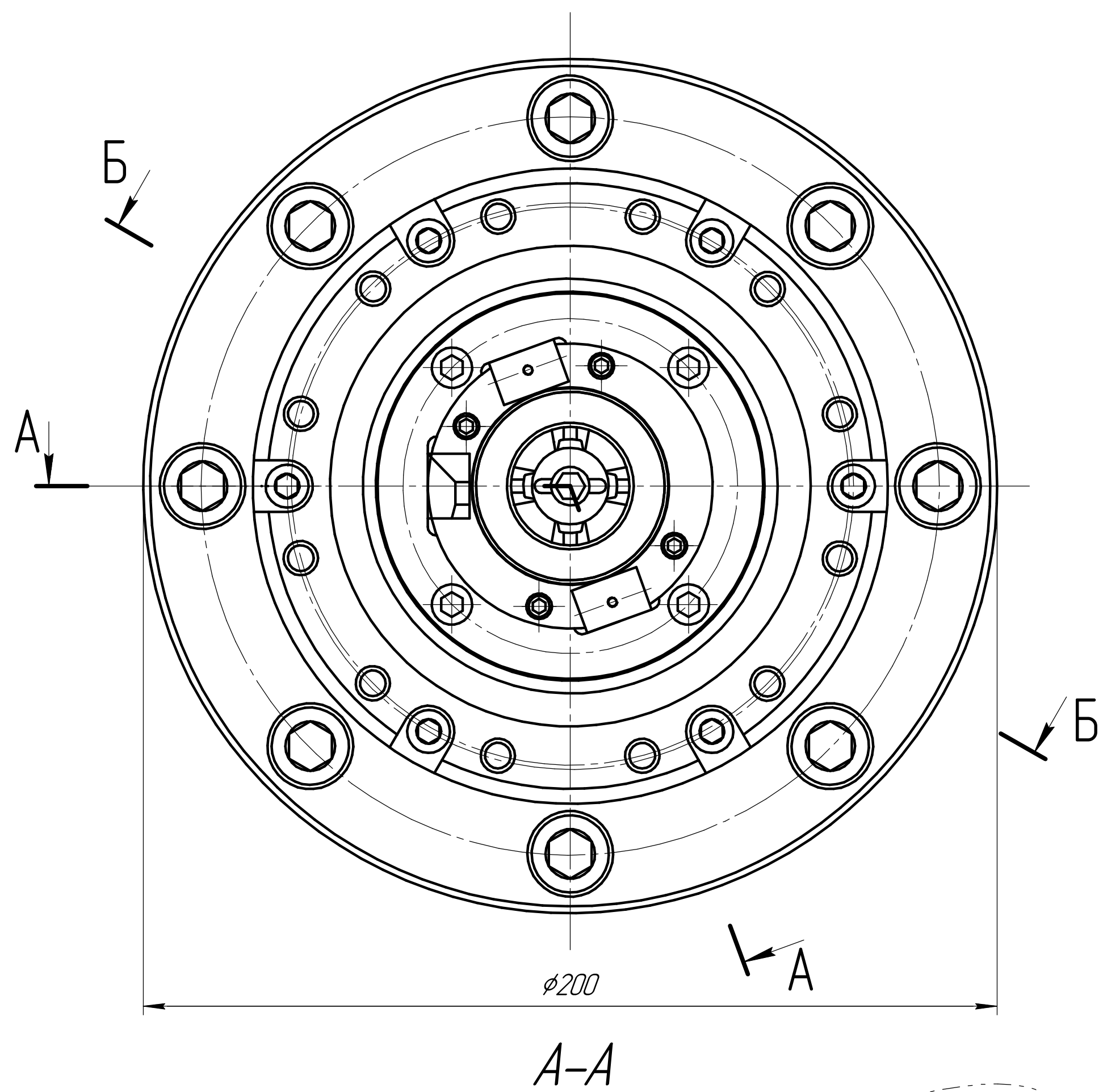
Компактний прецизійний обробний центр з нерухомим столом і поворотною головкою з ЧПК і програмованим позиціонуванням в діапазоні від -10° до +100°.

Виконав: Лещенко К.А.  
Перевірив: Верба І.І.





						МВ-5114.ДПБ.210.002 ЗВ		
						Поворотний стіл фірми NIKKEN Загальний вигляд		
Изм./Лист	№ док-м	Подп.	Дата			Лист	Масса	Масштаб
Разработ.	Лещенко К. А.							1:1
Проб.	Вербо І. І.							
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського. ММІ		
Утв.						Формат А1		
						Копіювання		



- Допуски на отвори під підшипники вказані для верстатів класу точності "П".
- Шпиндель балансується відповідно до рівня якості VD12060 Q 2.0 при  $n=10500$  хд-1.
- Точність одертання шпинделя  
а) Биття передньої опори не більше 0,002 мм  
б) Биття задньої опори не більше 0,010 мм
- Жорсткість шпинделя  
а) Осьове переміщення шпинделя 0,0017 мм під навантаженням  $P_{0.5}=2235$ Н  
б) Радіальне переміщення фланця 0,004 мм при прикладанні навантаження  $P_r=1860$ Н
- Підшипникові порожнини на 1/3 заповнити змазкою ISOFLEX NBU 15

				MB-5114.ДПБ.240.001 СК		
				Шпиндельний вузол CHIRON FZ 12 W		
Лист	Лист	№ док.	Лист	Лист	Маса	Масштаб
В		Лещенко К. А.				1:1
Проб		Верба І. І.				
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						
				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ММІ		
				Формат А1		