

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ МАШИН

До захисту допущено

Завідувач кафедри

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2023 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему

Модернізація токарного верстата
з числовим програмним керуванням

Виконав студент

IV курсу, групи МВ-91

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Керівник проекту

к.т.н., доцент, Вербя І.І.

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

РЕЦЕНЗЕНТ:

доцент кафедри "Технологія машинобудування",

канд.техн.наук, доцент Фролов В. К.

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

(підпис)

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

(підпис)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	1	
2	A4	МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ	Пояснювальна записка	62	
3	A1	МВ-9111 БДП 01.000.ВА	Інформаційно-аналітичне дослідження верстатів аналогів	1	
4	A1	МВ-9111 БДП 02.000.РГ	Інформаційно-аналітичне дослідження РГ	1	
5	A1	МВ-9111 БДП 03.000.ШВ	Шпіндельний вузол	1	
6	A1	МВ-9111 БДП 04.000.КШ	Коробка швидкостей	1	
7	A1	МВ-9111 БДП 05.000.Ш	Шків	1	
8	A1	МВ-9111 БДП 06.000.Ш	Шків	1	
9	A1	МВ-9111 БДП 07.000.КС	Кінематична схема	1	

				МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Розробн.	Пушишин П.В.				1	1
Керівн.	Верба І.І				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КВМ Гр. МВ-91	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему:

**Модернізація токарного верстата
з числовим програмним керуванням**

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

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ **131 Прикладна механіка** _____
(код і назва)

Освітньо-професійна програма _____ **«Технології комп'ютерного**
конструювання верстатів, роботів та машин» _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2023 р.

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

Пушишину Павлу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Модернізація токарного верстату з числовим програмним керуванням

керівник проекту _____ Верба Ірина Іванівна _____

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

затверджені наказом по університету від **“ 25 ” травня 2023 року № 1951-с**

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту базовий верстат – токарний патронно-центровий верстат з ЧПК мод. 1720ПФ30: технічна характеристика, опис технологічних можливостей та конструктивних особливостей. Мета: визначити шляхи впливу на конкурентоздатність верстату, поліпшення показників його працездатності, можливості здійснення конструктивної реалізації.

4. Зміст пояснювальної записки Вступ: постановка задачі. Опис, технічні характеристики та конструктивні особливості верстата мод. 1720ПФ30. Аналіз особливостей механічної обробки тіл обертання на багатоцільових верстатах. Інформаційно-аналітичне дослідження багатоцільових верстатів з можливістю токарної обробки: технічні характеристики, конструктивні рішення. Обґрунтування напрямку та обсягу можливої модернізації. Визначення параметрів обробки на базі статистичних рекомендацій. Обрати тип двигунів та виконати кінематичний розрахунок приводу головного руху із

безступінчастим регулюванням швидкостей. Обрати компоновку шпиндельного вузла та здійснити розрахунок шпинделя модернізованого верстата в середовищі Autodesk Inventor. На основі порівняльного аналізу запропонувати модульну револьверну головку. Висновки по дипломному проекту.

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

1. Кінематична схема. 2. Коробка швидкостей.

3. Шпиндельний вузол 4. Розрахунок шпинделя в середовищі Autodesk Inventor. 5.

Деталювання. 6. Інформаційне дослідження верстатів-аналогів (плакат). 7. Револьверна головка.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
	Обґрунтування мети роботи і конкретні шляхи та заходи досягнення поставленої мети.	15.04–20.04	Вик.
	Інформаційно-аналітичне дослідження за першоджерелами	2.05–5.05	Вик.
	Остаточний вибір шляхів розробки та статистичне обґрунтування параметрів, що будуть реалізовані	6.05–10.05	Вик.
	Вибір двигуна та кінематичний розрахунок ПГР безступінчатого регулювання.	11.05–20.05	Вик.
	Розробка розрахункових схем та вихідних даних і розрахунок ШВ в середовищі <u>Autodesk</u> Inventor.	21.05–30.05	Вик.
	Оформлення креслень та пояснювальної записки. Підготовка презентації та доповіді	25.05–15.06	Вик.
	Захист перед ДЕК	20.06 – 23.06	

Студент _____
(підпис)

Пушишин П.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Вербя І.І.

Анотація

Дана робота присвячена темі «Модернізація токарного верстата з ЧПК».

В цій роботі я розглянув шляхи модернізації токарного верстата, а саме збільшення частоти обертів шпинделя та заміна револьверної головки на револьверну головку з обертаючим інструментом.

Дана робота складається з 59 сторінок А4, містить 7 плакатів А1.

Ключові слова: Модернізація, револьверна головка, аналоги, шпиндельний вузол.

Abstract

This work is devoted to the topic "Modernization of the lathe with CNC".

In this work, I considered ways to modernize a lathe, namely, increasing the frequency of rotation of the spindle and replacing the turret head with a turret head with a rotating tool.

This work consists of 59 A4 pages, contains 7 A1 posters.

Key words: Modernization, turret head, analogues, spindle unit.

Зміст

Вступ	2
1. Опис та огляд базового верстату 1720ПФ30	3
1.2 Кінематична схема верстату 1720ПФ30	4
1.3 Технічні характеристики верстату.....	5
1.4 Опис конструктивних особливостей окремих вузлів	8
1.4.1 Шпиндельний механізм і механізм приводу головного руху.....	8
1.4.2 РТК типу 1720ПФ30	10
1.4.3 Механізм приводу поздовжньої подачі каретки верстата.....	11
1.4.4 Загальний вигляд інструментального магазину з механізмом приводу	12
2. Інформаційно-аналітичне дослідження верстатів аналогів.....	14
2.1 Аналіз особливостей механічної обробки тіл обертання на багатоцільових верстатах	14
2.2 Дослідження багатоцільових верстатів з можливістю токарної обробки: технічні характеристики, конструктивні рішення.....	15
3. Проектування приводу головного руху	22
3.1 Вимоги до приводу та обґрунтування вибору двигуна.....	22
3.2 Кінематичний розрахунок ПГР	25
4. Аналітичне дослідження шпинделя.....	29
4.1 Компоновка опор	29
4.2 Орієнтовний розрахунок навантажень на шпиндель за статистичними рекомендаціями	30
4.3 Розробка розрахункової моделі і моделювання шпинделя у середовищі Autodesk Inventor	34
5. Інформаційно - порівняльний огляд модульних револьверних головок та обґрунтування вибору раціональної моделі.....	46
5.1 Інформаційно - порівняльний огляд модульних револьверних головок	46
5.2 Обґрунтування вибору раціональної моделі револьверної головки.....	53
5.3 Вибір револьверної головки	55
Висновок.....	60
Список використаної літератури:	61
Додатки.....	63

					<i>МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Пушилин П.В.</i>			<i>Модернізація токарного верстата</i>	<i>Лист</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		<i>Верба І.І.</i>					
						<i>1</i>	<i>62</i>
<i>Н. Контр.</i>						<i>НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського МВ-91 ММІ</i>	
<i>Утв.</i>							

Вступ

На сьогодні в світі існує багато різних верстатів, які створювались для різних видів робіт. Всі вони конкурують між собою високими вимогами по характеристикам. Тому з часом верстати стають все більш потужними, вдосконалішими, та мають більше функцій. Із за цього конкурентність є найважливішим стимулом робити щось новіше та більш функціональне.

В сучасних умовах розвитку технологій та виробництва, питання осучаснення існуючого у користувача обробного обладнання шляхом його модернізації обладнання є дуже актуальним. Особливо це стосується токарного верстата, який є одним з найбільш поширених і важливих інструментів у виробничому процесі. Модернізація токарного верстата дозволяє підвищити продуктивність обробки, якість (тобто шорсткість оброблених поверхонь та точність форми й розмірів) виготовлених деталей якість виробництва та забезпечити ефективне використання ресурсів. У даному дипломному проекті буде розглянуто можливі шляхи модернізації токарного верстата, обрано ті, що придатні для базового верстату. Результати аналітичних дослідження можуть бути корисними для підприємств, які займаються виробництвом, ремонтом та модернізацією токарного обладнання.

Планується замінити електродвигун базового верстата чим підвищити оберти шпинделя, та скоріше за все знадобиться замінити компоновку базових опор на іншу. Також планується замінити револьверну головку базового верстата на більш функціональнішу, а саме із обертаючим інструментом в револьверній головці, що дозволить виконувати нам зробити верстат гнучкішим до поставлених задач. Це найважливіші поставлені задачі в роботі які я буду намагатись виконати.

1. Опис та огляд базового верстату 1720ПФ30

Напівавтомат токарний з ЧПУ 1720ПФ30 призначений для токарної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання зі східчастим та криволінійним профілем, а також для нарізування різьблення в автоматичному режимі за керуючою програмою. Розроблений та запущений у виробництво у 1985 році.

На рисунку 1.1 показано загальний вигляд верстата.



Рисунок 1.1 – Верстат 1720ПФ30

Напівавтомат може бути обладнаний різними системами ЧПУ.

Висока потужність головного приводу та частота обертання шпинделя напівавтомата дозволяють ефективно використовувати ріжучі властивості сучасних інструментів у всьому діапазоні оброблюваних діаметрів. Механізоване переміщення задньої бабки може здійснюватися за програмою системою ЧПУ.

Напівавтомат може оснащуватися механізованим затискним пристроєм, транспортером стружковидалення, люнетом та іншими додатковими вузлами.

Призначений верстат для токарної обробки як зовнішніх так і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання зі східчастим і криволінійним профілям за один або робітників ходів у замкнутому напівавтоматичному циклі. У залежності від можливостей пристрою ЧПК на верстаті можна нарізати різні різблення.

1.2 Кінематична схема верстату 1720ПФ30

Верстат із ЧПУ, кінематична схема якого показана на Рис.3.1, випускається у двох виконаннях: силовому - зі збільшеним крутним моментом на шпинделі, і швидкісному - зі збільшеною межею частоти обертання шпинделя. Обертання шпинделя здійснюється від двигуна 1 ($P=18,5\text{кВт}$; $n=1500\text{ об/хв}$) з регульованою частотою обертання. Обертання передається з валу I на вал II через ремінну передачу зі шківми 2 ($\varnothing 226$) і 3 ($\varnothing 180$), далі обертання передається через двоступінчасту коробку швидкостей з валу II на вал III і далі на вал IV і поліклінову пасову передачу з шківми 4 ($\varnothing 236$) і 5 ($\varnothing 187$). Коробка швидкостей в залежності від положення шестерні-муфти 6/7 (яка перемикається за допомогою гідроциліндра) забезпечує передачу обертання або безпосередньо (передаточне відношення 1:1) або через шестерні 7 ($z = 45, m = 3$) – 8 ($z = 56, m = 3$), 9 ($z = 31, m = 3$) – 6 ($z = 45, m = 3$) із загальним передатним відношенням $i = 1:4$. З валу IV обертання передається на шпиндель 10. Різьбонарізання здійснюється за допомогою датчика різьбонарізання 11, пов'язаного зі шпинделем зубчато-пасовою передачею 12 ($z = 51, m = 4$) – 13 ($z = 54, m = 4$). Поздовжнє та поперечне переміщення супортів здійснюється від двигунів 14, 15, 16, через відповідну пасову передачу зі шківми 17 ($\varnothing 63$) і 18 ($\varnothing 125$) і кулькові пару з кроком $P = 10\text{ мм}$ і $P = 5\text{ мм}$.

					МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ	Лист
						4
	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

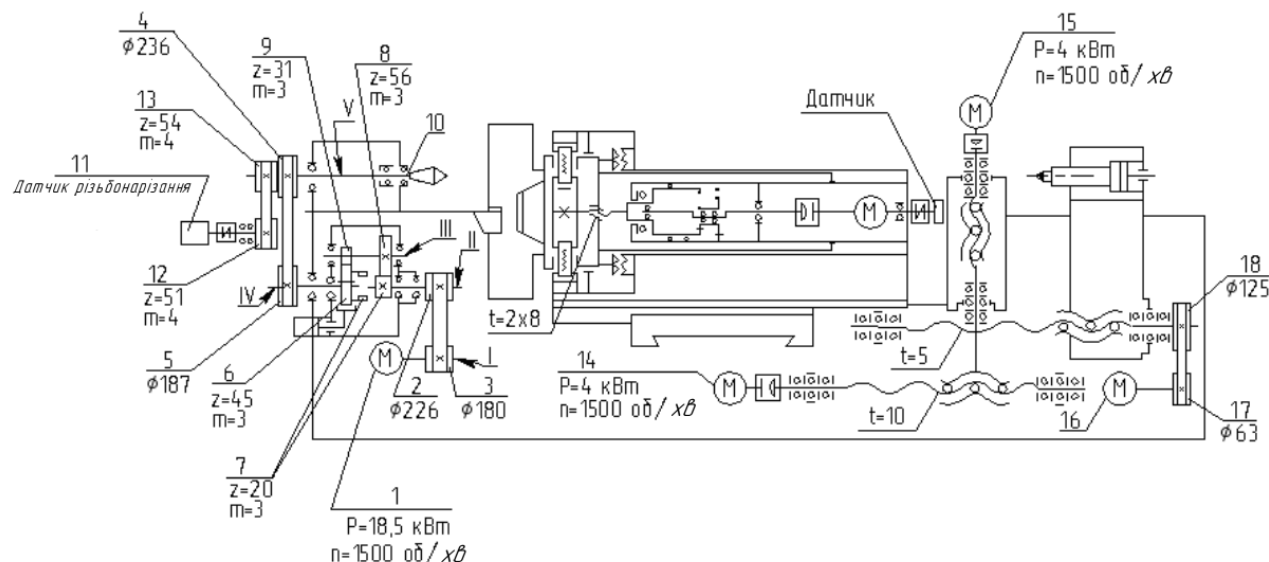


Рис. 1.2 Кінематична схема верстата 1720ПФ30

1.3 Технічні характеристики верстату

Показники верстату наведені в таблиці 1.1

Табл. 1.1

Найменування параметра й розміру	Величина
Найбільший діаметр виробу, встановленого над станиною, мм	400
Найбільший діаметр виробу, оброблюваного над кареткою, мм	320
Найбільший діаметр виробу, оброблюваного над супортом, мм	210
Найбільший діаметр прутка, що проходить через отвір у шпинделі, мм	68
Найбільша довжина, мм;	

встановлюваного виробу	750,1000,1500
обробки	750,1000,1500
Діапазони частот обертання – шпинделя, об/хв	25...800; 100...3150;
Частота обертання шпинделя об/хв	25...3150
Крок нарізання різьблення, мм	0.01...40;
Розмір подач, мм/об:	
поздовжніх	0.01...20;
поперечних	0.005...10;
Максимальна швидкість робочої подачі, мм/хв	
поздовжній	5000
поперечної	2500
Швидкість швидкого переміщення інструментів менту, мм/хв:	
поздовжнього	10000

поперечного	5000
Швидкість – переміщення мм/хв.	4000
Дискретність завдання переміщення, мм:	
По осі Z	0.001
По осі X	0.001
Висота різця, що встановлюється в тримачах різців ,мм	25
Кількість позицій тримачів різців в автоматичній поворотній головці	10 або 12 по замовленню
Габарит напівавтомата, мм:	
довжина (без транспортера)	3795;4045;4545
ширина	1515
висота	1800
Маса напівавтомата, кг	4900
Найбільша сумарна споживана потужність, кВт	37
Потужність приводу головного руху, кВт	18.5

1.4 Опис конструктивних особливостей окремих вузлів

1.4.1 Шпиндельний механізм і механізм приводу головного руху

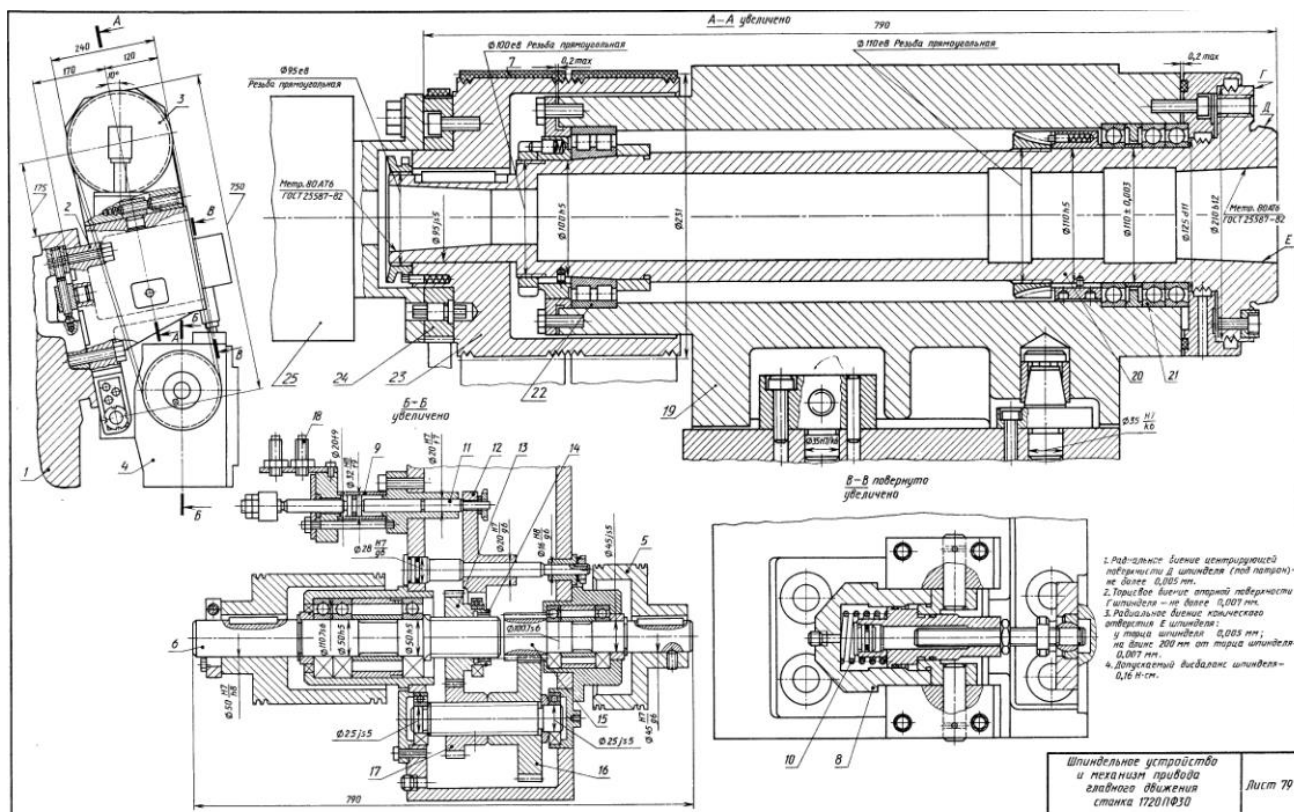


Рис. 1.3 Шпиндельний механізм і механізм приводу головного руху верстата 1720ПФ30

На лицьовій стороні консольної частини станини 1 верстата кріпиться кронштейн 2, на якому встановлена шпиндельна коробка 3. Привід монтується на поворотній плиті, яка кріпиться болтами до основи верстата. На кронштейні 2 шарнірно встановлений редуктор 4 механізму приводу головного руху пов'язаний з електродвигуном полікліновою пасовою передачею зі шківом 7. Натяг 4 кронштейна 2 за допомогою гідроциліндра 8.

Гідроциліндр 8 натягу ременів підключений до гідросистеми за диференціальною схемою: порожнини його з'єднані з порожнинами гідроциліндра управління 9 редуктором головного руху. Таким чином, зусилля натягу ременів - змінне і залежить від перемикання діапазону частот обертання шпинделя. У першому діапазоні (до 630 або 800 хв-1) воно дорівнює 10 кН, а в другому діапазоні (до 2500 або 3150 хв-1) – 4 кН. При включенні

гідросистеми пружина 10 вбудована гідроциліндр 8 створює попереднє зусилля натягу ременів рівне 1 кН.

Перемикання діапазонів частот обертання шпинделя здійснюється гідроциліндром 9. Шток 11 гідроциліндра пов'язаний з вилкою 12 яка переміщає зубчастий блок 13 і додатковий вінець 14 з внутрішніми зубцями який зачіпляється з валом-шестернею 15. 1-го діапазону частот обертання. Контроль перемикання зубчастих передач редуктора здійснюють кінцеві вимикачі 18.

Шпиндельна коробка 3 верстата виконана у вигляді литого жорсткого корпусу 19 в розточці якого змонтований шпиндель 20 на двох підшипникових опорах 21 і 22 з попереднім натягом. У задній частині шпинделя на шпонці встановлено ведений шків 23 поліклинової пасової передачі. До торця кріпиться шків 24 зубчасто-пасової передачі приводу датчика різьбонарізання і гідромеханізм 25 приводу затискного патрона.

Базування шпиндельної коробки 3 на кронштейні 2 а кронштейна - на станині 1 забезпечує можливість регулювання положення осі шпинделя 20 горизонтальній та вертикальній площинах.

					МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ	Лист
						9
	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

1.4.2 РТК типу 1720ПФ30

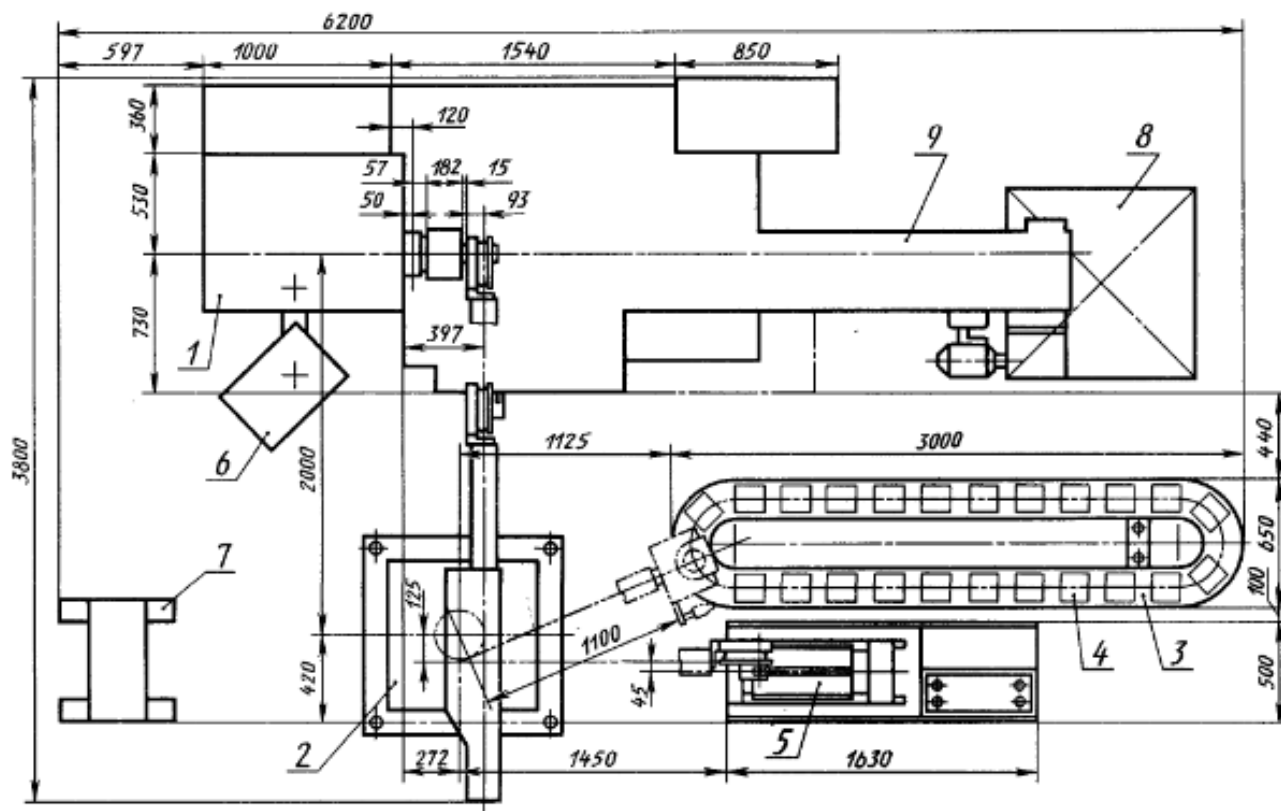


Рис 1.4 РТК типу 1720ПФ30

До складу РТК входять: токарний патронно-центровий верстат із ЧПУ мод. 1720ПФ30 (поз. 1); вбудований у верстат ПР мод. М10П62.01 чи ПР підлогового типу мод. М20П40.01 (поз. 2) тактовий стіл типу СТ220 (поз. 3) на платформи (поз. 4) якого встановлюються в орієнтованому вигляді заготовки; інструментальний магазин барабанного типу (поз. 5) з набором змінних ріжучих блоків, що автоматично встановлюються в револьверній головці верстата за допомогою ПР; пристрої ЧПУ верстата (поз. 6) різного типу з можливістю оперативної підготовки та редагування програм, що управляють, і ПР (поз. 7) типу «Контур-1» об'єднаних в єдину систему управління РТК тара для стружки (поз. 8), що відводиться конвеєром (поз. 9) з робочої зони верстата. При роботі даного РТК у складі ГПС він додатково оснащується пристроями для активного контролю оброблюваного виробу за допомогою вимірювальної щупової головки встановленої на інструментальному диску револьверного супорта верстата, а також пристроями для вимірювання та

контролю інструментів з їхньою автоматичною заміною при зносі або поломці.

1.4.3 Механізм приводу поздовжньої подачі каретки верстата

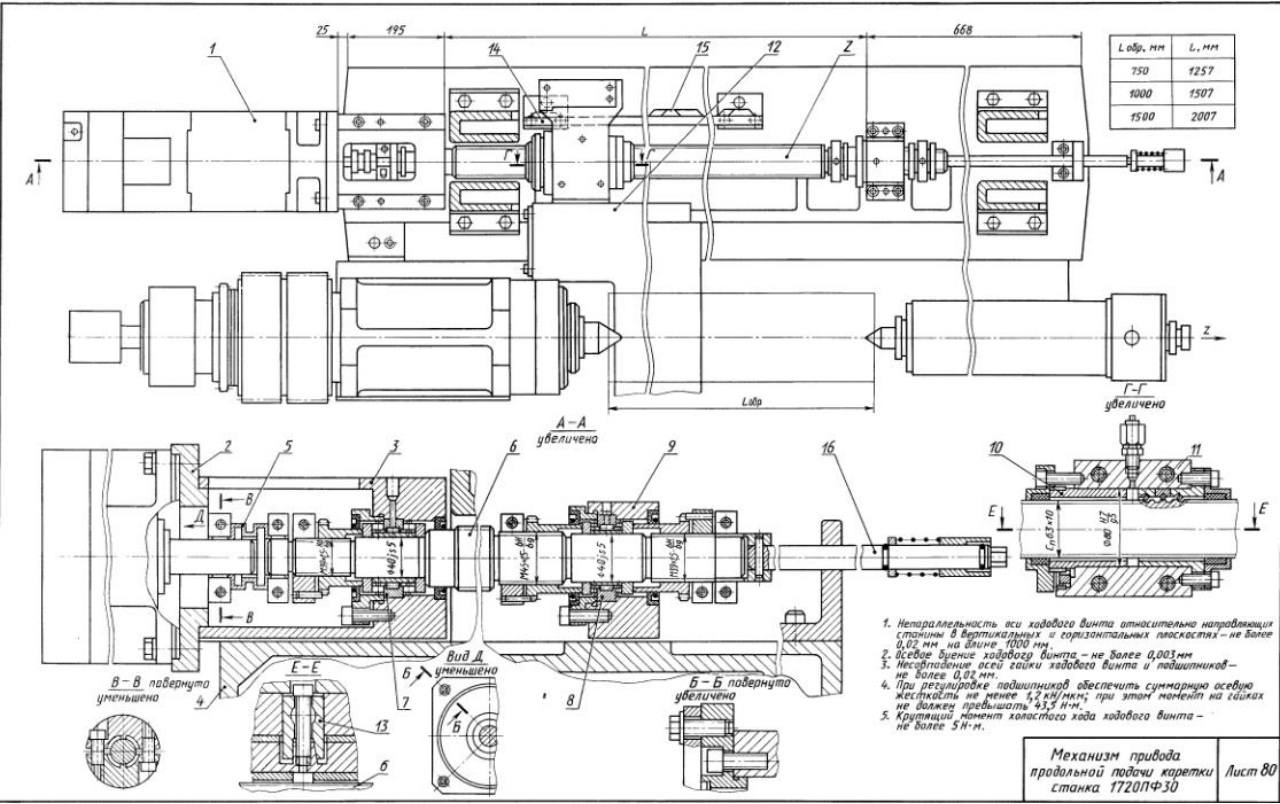


Рис. 1.5 Механізм приводу поздовжньої подачі каретки верстата.

Конструкція механізму приводу поздовжньої подачі каретки супорта показана на малюнку 7. Високомоментний електродвигун 1 приводу подачі вставлений на фланці 2, який закріплений в корпусі 3 на верхній горизонтальній площині станини 4. Вал двигуна за допомогою сильфонної муфти безпосередньо з'єднаний з кульковим гвинтом 6, який змонтований в комбінованих упорно-радіальних підшипниках 7 і 8. Підшипники встановлені в розточках корпусів 3 і 9 на станині верстата.

Кулькова гайка складається з двох напівгайок 10 змонтована в сталевому корпусі 11 який кріпиться до каретки 12 і виставляється співвісно з опорами корпусів 3 і 9 гвинта за допомогою компенсатора 13. У корпусах опор паралельно ходовому гвинту 6 встановлюється лінійка 15 каретки по осі

Z та визначальних вихідне положення револьверної головки з інструментами.
Для ручного переміщення каретки служить валик 16, з'єднаний з гвинтом 6.
1.4.4 Загальний вигляд інструментального магазину з механізмом привода.

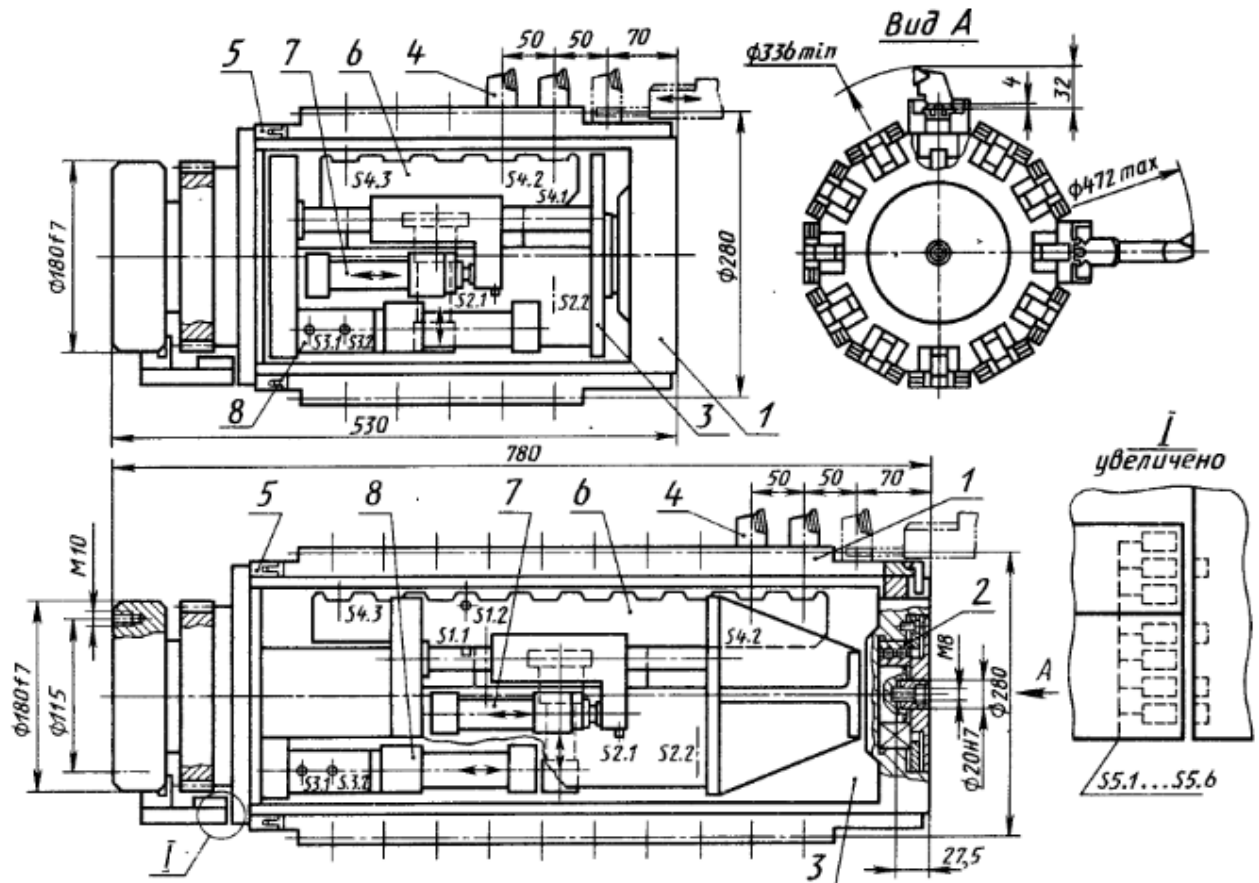


Рис. 1.6 Загальний вигляд інструментального магазину з механізмом привода.

На малюнку 5 показано загальний вигляд інструментального магазину барабанного типу з горизонтальною віссю обертання. Магазин має 12-позиційний барабан у кожній позиції якого можуть бути встановлені в ряд п'ять чи десять (залежно від виконання) інструментальних блоків. Загальна місткість магазину – 60 або 120 інструментальних блоків, які автоматично за допомогою ПР замінюються в револьверній головці верстата. Для кожного типу інструментальних блоків використовуються дві позиції барабана: одна для нових, а інша — для зношених інструментів.

Барабан 1 виконаний у вигляді чавунної виливки встановлюється на підшипниках 2 в корпусі 3. У поздовжніх пазах на периферії барабана розмішені інструментальні блоки 4. Після установки барабана в задану кутову позицію він фіксується спеціальним механізмом з клямкою 5. Інструментальна рейка 6 з допомогою гідро крайню ліву позицію і перемістившись вгору гідроциліндра підйому 8 пересуває одночасно всі блоки даного ряду на одну позицію вправо. З крайнього правого положення блок захоплюється механізмом схвату ПР, який переносить його в затискний пристрій револьверної головки.

Потім рейка 6 опустившись за допомогою гідроциліндра 8 переміщається гідроциліндром 7 вихідне положення. Після розфіксування барабан знову повертається виводячи черговий ряд блоків у позицію завантаження. Цикл установки блоків з револьверної головки до магазину виконується аналогічно при періодичному переміщенні рейки на один крок ліворуч із крайнього правого положення. Контроль виконання циклу зміни інструментальних блоків у магазині здійснюється безконтактними кінцевими вимикачами S1 S5.

Датчики S1 і S2 контролюють положення інструментальної рейки, а датчик S3 - положення фіксатора барабана. Датчики S4 контролюють наявність інструментальних блоків у крайньому правому та попередньому йому положеннях. За допомогою датчиків S5 здійснюється кодування кутових положень барабана позиції зміни інструментів.

Як приводний двигун можуть використовуватися (залежно від виконання): електродвигун постійного або змінного струму з черв'ячним або зубчастим редуктором гідродвигун з черв'ячною або зубчато-ременної передачею. На малюнку показаний варіант механізму приводу з асинхронним електродвигуном 1 редуктором 2 ланцюгової 3 і 4 зубчастою передачами. Обертання валу електродвигуна передається зубчастому вінцю 5 закріпленому на задньому торці барабана 6.

2. Інформаційно-аналітичне дослідження верстатів аналогів

2.1 Аналіз особливостей механічної обробки тіл обертання на багатоцільових верстатах

Будь що, що зв'язане з технікою колись застаріває. Це не може бути погано, так як технології йдуть вперед намагаючись бути більш функціональними, дешевшими, легшими в використанні. Тому щоб не стояти на місці і не лагодити постійно однакові станки, інженери придумують щось нове та вдосконалюють старе. Звичайно вони це роблять і для власного капіталу, щоб бути конкурентоспроможними та бути на одному рівні, або навіть краще за своїх конкурентів.

Токарна обробка є дуже трудомісткою операцією обробки тіл обертання. Коли виготовляються ступінчасті вали, то трудомісткість токарної обробки складає в середньому 64% від загальної трудомісткості обробки деталі. Трудомісткість токарних операцій при обробці фланців та дисків становить близько 75%, а при обробці втулок – 58% від загальної трудомісткості обробки деталі.

Напівавтомат з ЧПК 1720ПФ30 виготовлений у 1985 році. І вже пройшло достатньо часу, щоб переглянути його конкурентоспроможність на 2023 рік.

Щоб товар вважався конкурентоспроможним, він повинен відповідати певним параметрам задоволення різних потреб покупця:

- 1) Технічні
- 2) Економічні
- 3) Нормативні
- 4) Естетичні

До технічних параметрів конкурентоспроможності верстату 1720ПФ30 відносяться:

- 1) Параметри заготовки;
- 2) максимальні режими різання;
- 3) номенклатура технологічних операцій;

					МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ	Лист
						14
	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

4) ергономіка користування;

2.2 Дослідження багатоцільових верстатів з можливістю токарної обробки: технічні характеристики, конструктивні рішення.

Інформаційне дослідження виконується з метою якісного оцінювання обладнання, яке пропонується користувачам на ринку верстатобудівної продукції створюється для того, щоб визначити рівень конкурентоздатності верстатобудівного ринку і дізнатись про пропозиції сучасних верстатобудівних верстатів. Аналіз обраних під час інформаційного дослідження верстатів, Проводиться дослідження верстатів, які мають технічні характеристики схожі технічними на характеристики як і у базового верстата.



Рис. 2.1 Токарні верстати КМТ KTL (Китай)

Модель	KTL 65/1000(Z)	KTL 65/1500(Z)
Максимальний діаметр обробки над станиною, мм	630	630

Максимальна довжина обробки,мм	1000	1500
Максимальна швидкість обертання, об/хв	2000(1000)	2000(1000)
Потужність головного приводу, кВт	15/18,5	15/18,5



Рис. 2.2 Токарні верстати SKM NL (Південна Корея)

Модель	NL 4000/1200	NL 4000M/1200
Максимальний діаметр обробки над станиною,мм	790	790
Максимальна довжина обробки,мм	1213	1145
Максимальна швидкість обертання, об/хв	2000	2000

Потужність головного приводу, кВт	30/45	30/45
-----------------------------------	-------	-------



Рис. 2.3 HAAS ST (США)

Модель	ST-40	ST-45
Максимальний діаметр обробки над станиною, мм	790	790
Максимальна довжина обробки, мм	1118	1118
Максимальна швидкість обертання, об/хв	2400	1400
Потужність головного приводу, кВт	29.8	29.8



Рис. 2.4 GOODWAY GS (Тайвань)

Модель	GS-4000	
Максимальний діаметр обробки над станиною, мм	620	620
Максимальна довжина обробки, мм	3169	3169
Максимальна швидкість обертання, об/хв	20-2000	12-1200
Потужність головного приводу, кВт	30/37	30



Рис. 2.5 SPINNER (Німеччина) ЧПК Fanuk

Модель	TC600-65	TC600-85
Макс. діам. заготовки над станиною, мм	600	600
Макс потужність шпинделя кВт	27	27
Частота обертання шпинделя, об/хв	4000	3200
Максимальна довжина обробки, мм	650	650



Рис. 2.6 Верстати фірми JET

Модель	KDCK-40S	KDCK-40F
Макс. діам. заготовки над станиною, мм	750	750
Макс потужність шпинделя кВт	15	15
Частота обертання шпинделя, об/хв	100-2000	100-2000
Максимальна довжина обробки, мм	750	750

Висновок:

В результаті інформаційного дослідження можна зробити висновок, що:

1. На сьогоднішній день на ринку є велика кількість моделей-аналогів, тому дана тема диплому є актуальною.

2. В рамках критеріїв дослідження, виходячи з розширення технічних характеристик верстата, основним напрямом модернізації можемо

вважати підвищення частоти обертання шпинделя, але із збереженням такої ж потужності як у базового верстату.

3. Аналіз конструктивних особливостей верстатів -аналогів підтвердив актуальність розширення технологічної гнучкості верстату за рахунок застосування револьверної головки, яка містить обертовий інструмент. Це рішення може бути реалізоване з використанням модульної револьверної головки, що дозволить забезпечити відповідну якість вузла та його універсальність стосовно використовуваних інструментів.

У базовому верстаті подібна заміна стосується в першу чергу 12-позиційної головки.

					МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ	Лист
						21
	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

3. Проектування приводу головного руху

3.1 Вимоги до приводу та обґрунтування вибору двигуна

Вибір двигуна робимо по потужності 18.5 кВт яка нам потрібна.

У приводах головного руху певний час з успіхом застосовували двигуни постійного струму, але зараз ці двигуни застосовують лише в окремих випадках, зокрема для верстатів, орієнтованих на чорнову обробку. Зараз використовують двигуни змінного струму - асинхронні та синхронні.

Обираємо асинхронний

Головними достоїнствами асинхронних двигунів є простота їх конструкції та легкість використання. Також пристрій характеризує:

- 1) Надійність та довговічність. Через безконтактну взаємодію між основними деталями пристрою вони рідко ламаються і не зношуються;
- 2) Доступна ціна. Проста конструкція та недорога сировина для виробництва електродвигунів забезпечує низьку вартість обладнання;
- 3) Простий принцип використання. Для роботи з асинхронним двигуном не потрібно мати спеціальні навички.
- 4) Універсальність. Електродвигун асинхронного типу встановлюється практично у будь-яке обладнання.

АД крім безумовних переваг, мають істотні недоліки. Це ривок на старті і великі пускові струми, які в 7 разів перевищують номінальні. Для м'якого старту електродвигуна використовуються наступні методи:

- перемикання обмоток по схемі зірка - трикутник;
- включення електродвигуна через автотрансформатор;
- використання спеціалізованих пристроїв для плавного пуску

Тобто регулювати АД будемо за допомогою частотного регулювання.

Асинхронний двигун: конструкція.

Конструкція пристрою досить проста. Основні частини асинхронного двигуна такі:

					МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ	Лист
						22
	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

1)Статор має форму циліндра. Він збирається із листів сталі. У його осерді є пази, зміщені один до одного на 120° . В них укладається обмотка.

2)Ротор. Буває короткозамкненим або фазним. У першому випадку ротором служить осердя, в якому стрижні з алюмінію закорочені торцевими ущільнювачами. Фазний ротор складається із 3-ох фазної обмотки. Пристрій із фазним ротором завжди трифазний, а з короткозамкненим ротором виділяють 3 види асинхронних двигунів – одно-, дво- та трифазні.

3)Конструктивні елементи. Це деталі, які у конструкції асинхронного двигуна відповідають за виконання обертальних, охолоджуючих та захисних функцій. Принцип дії.

1)Двигун запускається, і магнітний потік нерухомої частини перетинає контур елемента, що обертається, формуючи електрорушійну силу.

2)У короткозамкненому роторі утворюється змінний струм.

3)Під дією магнітних потоків нерухомої і обертової частини утворюється момент, що крутить.

4)Елемент, що обертається, прямує до поля нерухомої частини.

5)У певний момент у нерухомої і обертової частини двигуна збігається частота обертання магнітного потоку, тоді момент, що крутить, дорівнює 0, що призводить до згасання електромагнітних проявів в обертовому елементі двигуна.

6)Контур ротора починає відставати, магнітний потік статора починає збуджувати його.

Обираємо двигун типу 1PH8 по каталогу SIEMENS, призначений для приводів головного руху [<https://sieportal.siemens.com/en-ua/home>]

За обраною нами потужністю 18.5 кВт підбираємо асинхронний двигун серії 1PH8-137D з наступними характеристиками: $n_{\text{ном}} = 1150$, $P_{\text{ном}} = 19.5$, $n_{\text{max}} = 4000$.

n_N [rpm]	P_N [kW]	M_N [Nm]	I_N [A]	n_{max1} [rpm]	n_{max2} [rpm]	n_{max3} [rpm]	$n_{max, Br}$ [rpm]	n_2 [rpm]	M_{max} [Nm]	I_{max} [A]	M_0 [Nm]	I_0 [A]
1150	19,5	162	43	8000	10000	12000	4500	4000	405	108	183	47
1000	17,0	162	43					5400				

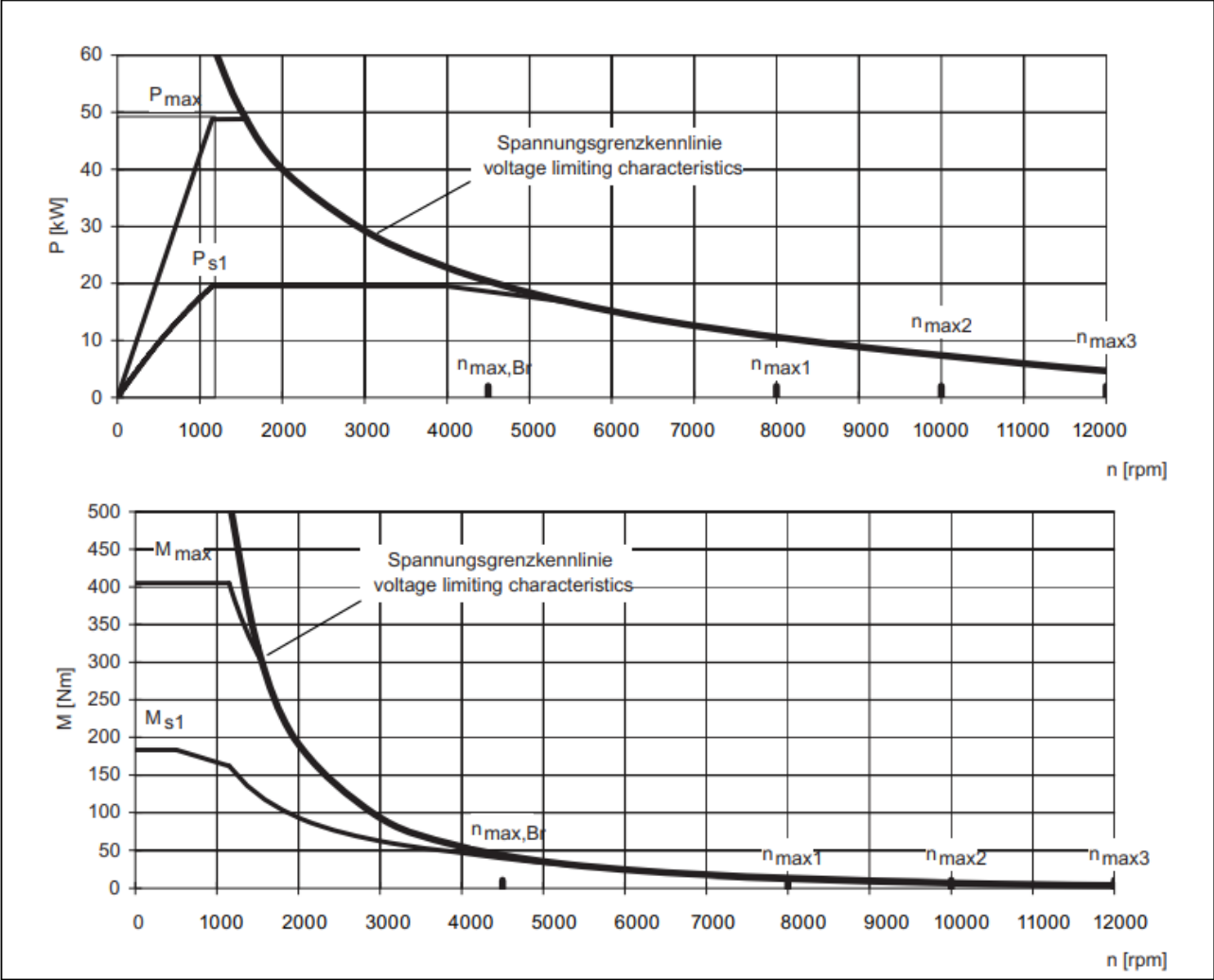


Рис. 3.1 Дані двигуна SIEMENS 1PH8

3.2 Кінематичний розрахунок ПГР

Двигун

$$n_{\text{НОМ}} = 1150 \text{ об/хв}$$

$$P_{\text{НОМ}} = 19.5 \text{ кВт}$$

$$n_{\text{max}} = 4000 \text{ об/хв}$$

$$n_{\text{max}} = 3150 \text{ об/хв}$$

$$n_{\text{min}} = 25 \text{ об/хв}$$

$$R_n = \frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{min}}} = \frac{3150}{25} = 126$$

$$R_{\text{двр}} = \frac{n_{\text{дврmax}}}{n_{\text{дврmin}}} = \frac{4000}{1150} = 3.47$$

$$n_{\text{розр}} = 25(\sqrt[4]{126} \dots \sqrt[3]{126}) = 25(3.4 \dots 5) = 85 \dots 125$$

$$n_{\text{розр}} = 100$$

$$R_p = \frac{3150}{100} = 31.5$$

$$R_p = R_{\text{двр}} * R_{\text{ст}}$$

$$R_{\text{ст}} = \frac{R_p}{R_{\text{двр}}} = \frac{31.5}{3.47} = 9 > [R_{\text{пр}}] = 8$$

$$Z_{\text{ст}} = 3 \quad 3 = 2+1$$

$$\varphi = 1.25$$

$$P_{\text{фікт}} = \frac{\lg R_{\text{двр}}}{\lg \varphi_{\text{умов}}} + 1 = \frac{\lg 3.47}{\lg 1.25} + 1 = 6.5 \quad P_{\text{фікт}} = 6$$

$$R_{\text{гр1}} = (\varphi_{\text{умов}})^{(P_1-1)x_1} = 3$$

$$R_{\text{гр2}} = \frac{R_{\text{ст}}}{R_{\text{гр1}}} = \frac{9}{3} = 3$$

$$Z_{\text{ум}} = \frac{\lg R_n}{\lg 1.25} + 1 = \frac{\lg 126}{\lg 1.25} + 1 = 22.6 = 22$$

$$x_2 = \frac{\lg 3}{(2-1) \lg 1.25} = 4.9 = 5$$

$$22 = 6_1 2_5 2_5$$

За отриманою структурною формулою побудуємо графік частот (рис. 3.2)

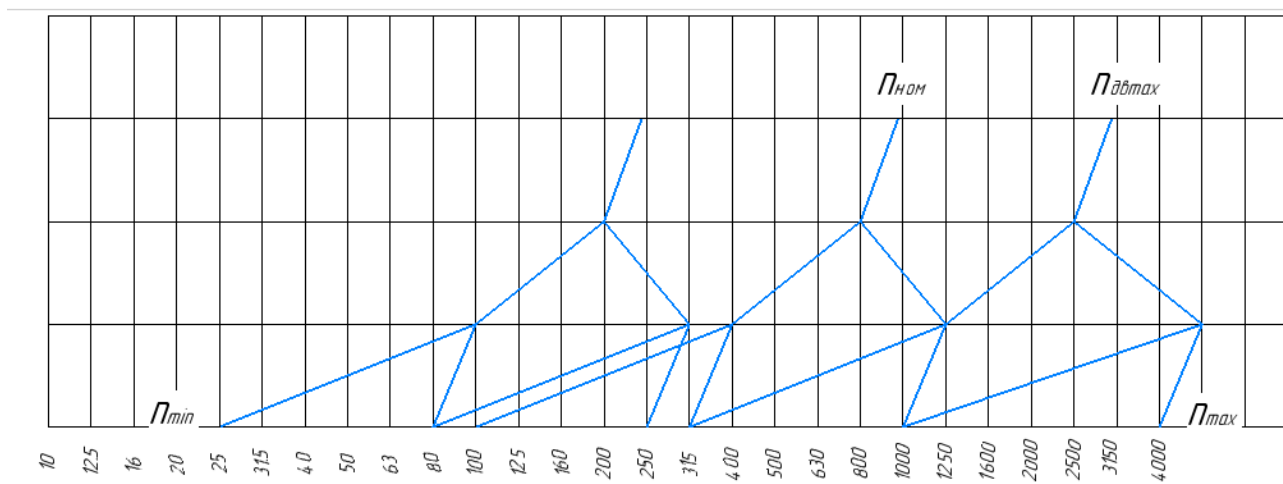


Рис. 3.2 Графік частот

Після розрахунку та побудови графіка можна побачити що розрахований привод конструктивно не вписується у компоновку та габарити коробки швидкостей базового верстату. Тому потрібно підібрати інший двигун, якщо ми ставимо задачу забезпечити постійну потужність у всьому діапазоні частот обертання шпинделя.

Вибираємо двигун типу MAD:

[https://elmo.ua/?gclid=CjwKCAjwhJukBhBPEiwAniIcNYKLDFTS5nUwVux8puJqsKZqxpYrusLzrgbTTb_f-ASuLT2TLam0BoCd5EQAvD_BwE] Рис.3.3(а,б)

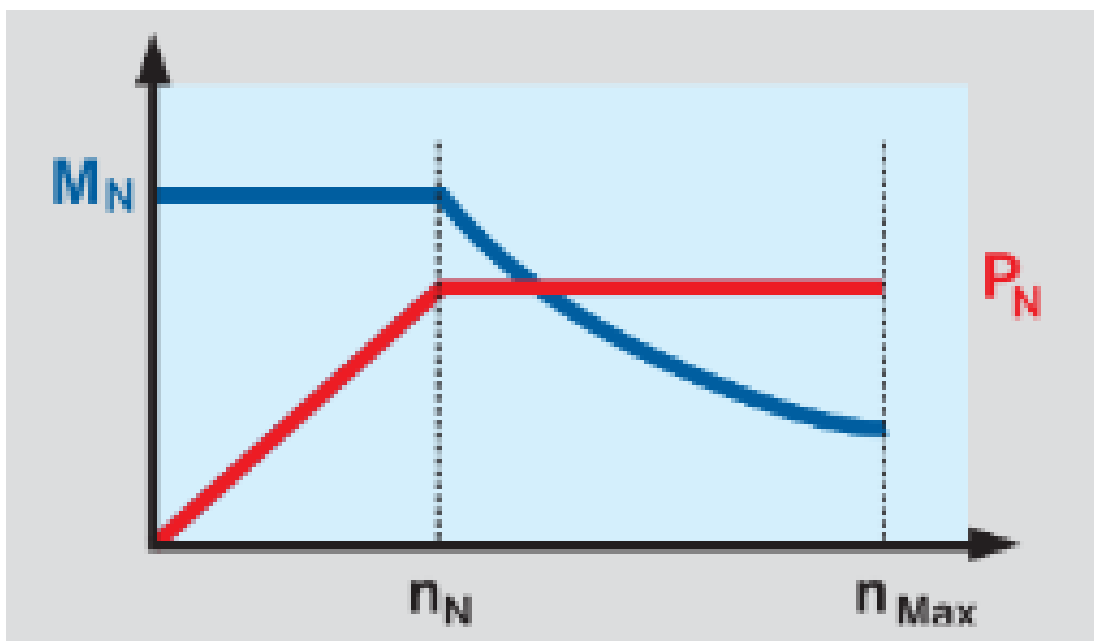


Рис. 3.3 а Двигун MAD

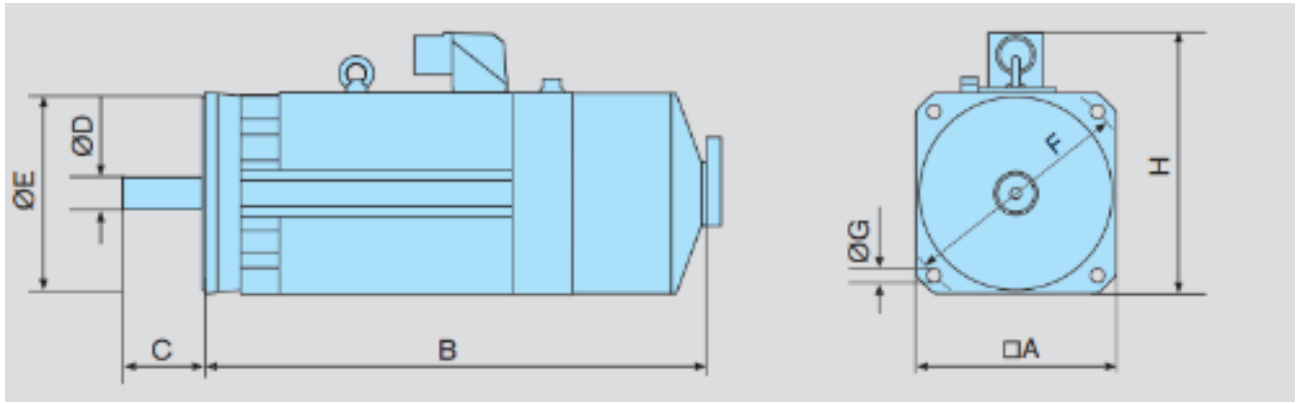


Рис. 3.3 б Двигун MAD

За обраною нами потужністю 18.5 кВт підбираємо асинхронний двигун типу MAD-180 з наступними характеристиками: $n_{\text{ном}} = 500$, $P_{\text{ном}} = 18.5$, $n_{\text{max}} = 3000$.

З метою узгодження конструктивної реалізації розроблюваного приводу, який орієнтовано на деяке розширення діапазону регулювання з постійною потужністю, та базової коробки швидкостей, в якій застосовано двигун постійного струму, розглянемо можливість використати ту саму коробку швидкостей або обмежитись мінімальними змінами. Пропонується використати ту саму структурну формулу, а саме $1(1 \times 1 + 1)1$ Застосовано клинопасову передачу

Розрахуємо передаточні відношення та відповідні діаметри шківів базового верстату:

$$u_1 = \frac{500}{400} = 1.25^2 = \frac{234}{150}$$

$$u_2 = \frac{400}{480} = 0.83 = \frac{160}{192}$$

Передаточні відношення.

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{20}{56}$$

$$i_1 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{31}{45}$$

Графік частот, наведений на рис. 3.4 , побудовано з використанням характеристик обраного двигуна та розрахованих передаточних відношень базового верстату.

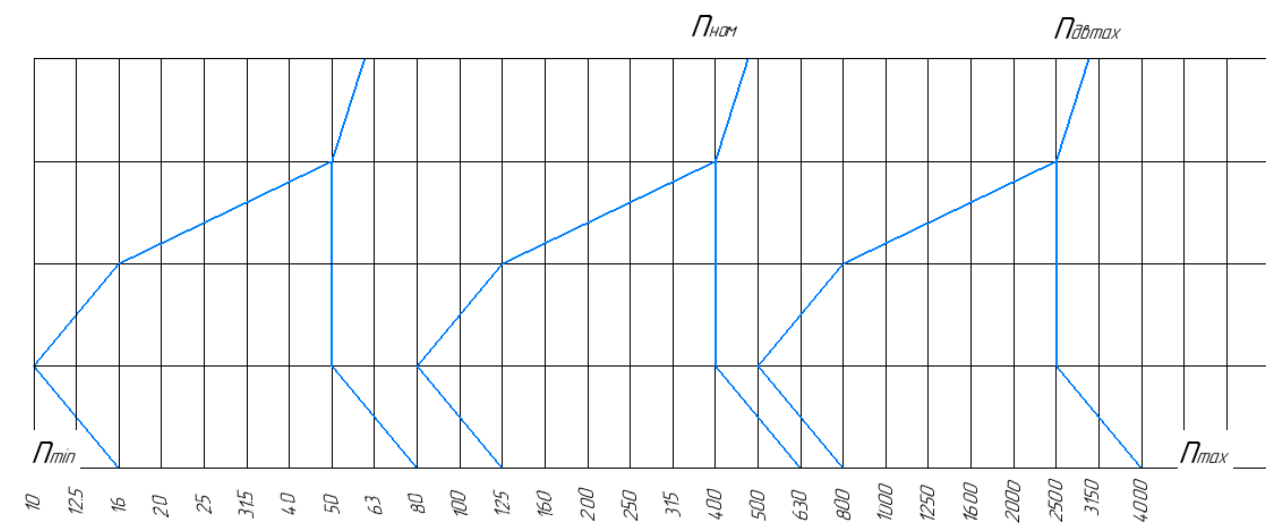


Рис. 3.4 Графік частот з використанням базового приводу та асинхронного двигуна

Кінематична схема після модернізації буде виглядати так (Рис. 3.5):

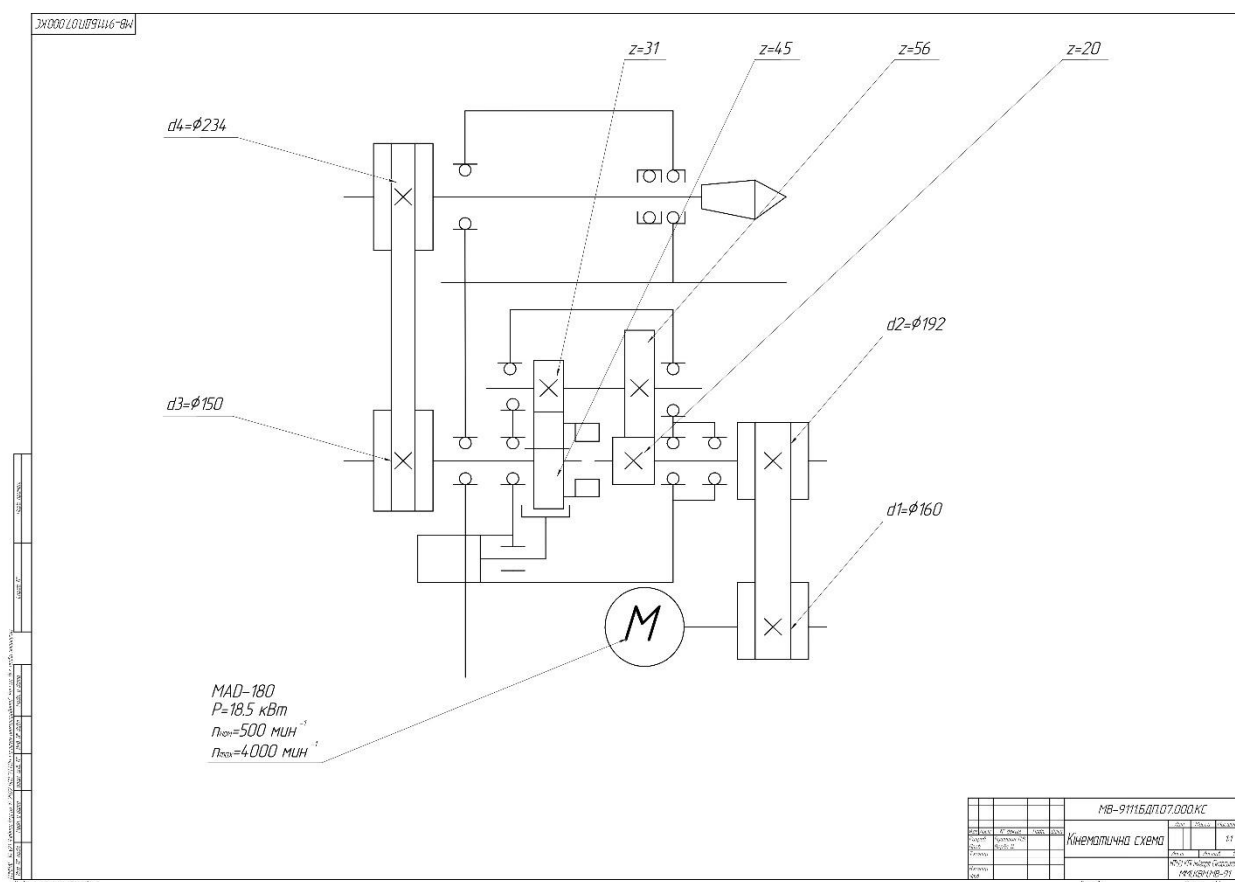


Рис. 3.5 Кінематична схема

4. Аналітичне дослідження шпинделя

Креслення шпинделя (Рис. 4.1):

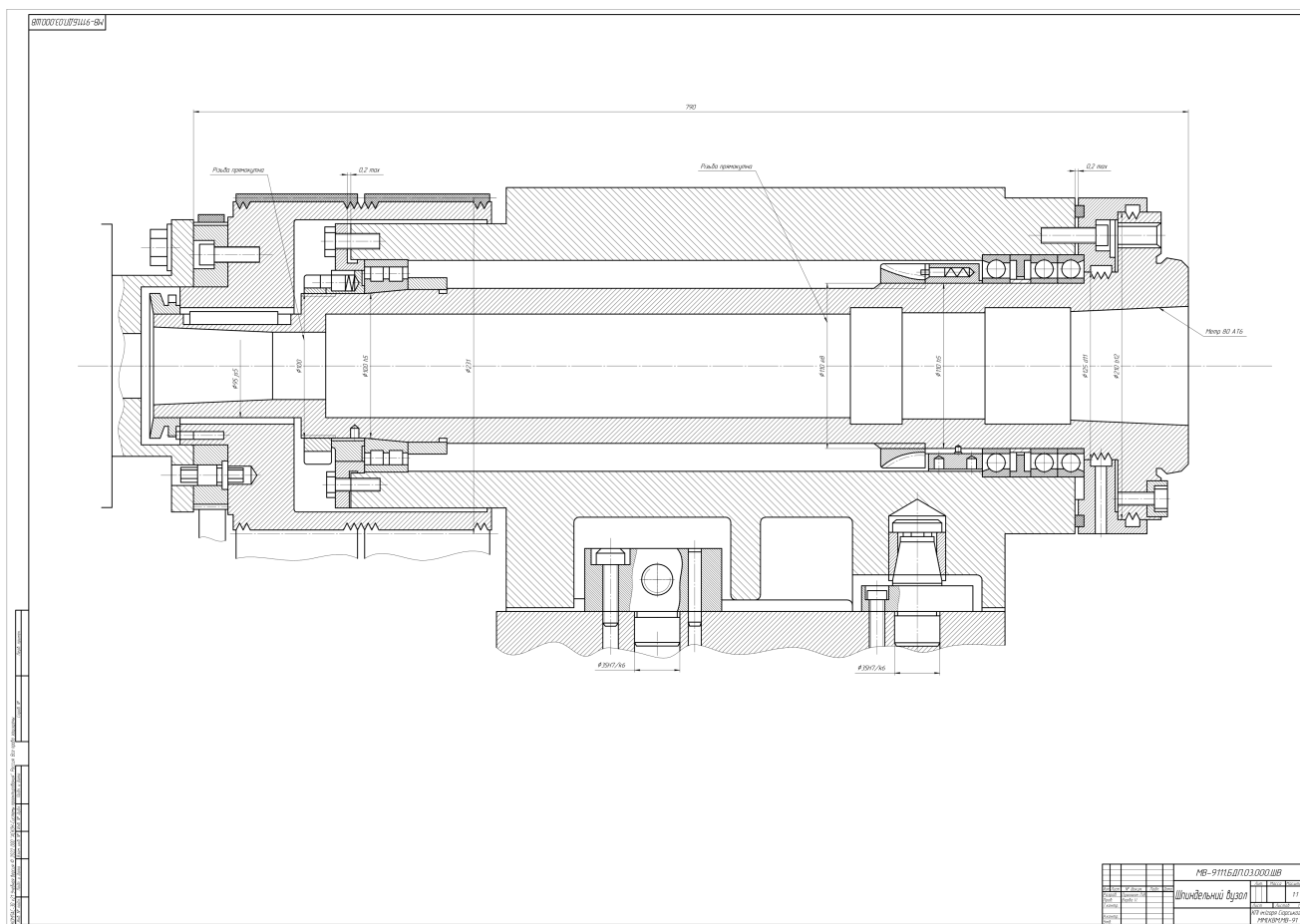


Рис. 4.1 Шпиндельний вузол базового верстата

4.1Компоновка опор

Обґрунтування компоновки опор

Компоновка опор базового верстату (рис. 4.2) відповідає параметру швидкохідності $K_v = 4 - 6 \times 10^5$

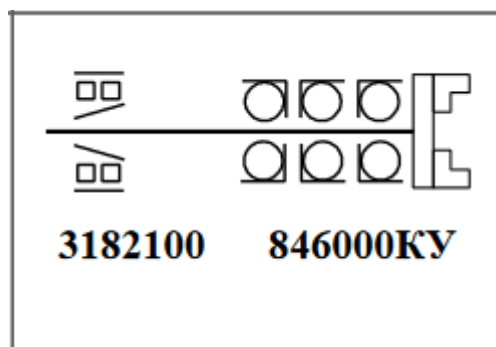


Рис. 4.2 Компоновка опор

Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ

Лист

29

Діаметр передньої шийки шпинделя d , мм: 100 Для базового верстату
 $n_{max} = 3150$ об/хв, $d * n_{max} = 100 \times 3150 = 315000$

Такому параметру швидкохідності відповідає компоновка опор шпинделя, яку показано на рис. 4.2

Для модернізованого верстату

$$n_{max} = 4000$$

$$d * n_{max} = 100 * 4000 = 4 * 10^5 \text{ мм/хв}$$

Компоновка опор шпинделя базового верстату обрана з перевищенням вимог за швидкістю і відповідає параметру швидкохідності $4-6 \times 10^5$

Компоновка базового верстату нас влаштовує.

4.1 Орієнтовний розрахунок навантажень на шпиндель за статистичними рекомендаціями

Для верстата 1720ПФ30 розміри перетину державки різця приймаємо:
 $H * B = 32 \times 25$ мм. Приймаємо ГОСТ 440-57 $H = 160$ мм. $\gamma_\phi = -10$; $\gamma = 15$; $\alpha_{чорн.} = 8$; $\alpha_{чист.} = 12$; $\phi_1 = 45$; $\phi = 45$; $\lambda = 0$;

Розрахунок глибини різання при урахуванні що чистова обробка

$$t_2 \leq 2 \text{ мм}$$

$$t_2 = 0.5 \text{ мм} \rightarrow t_1 = \frac{h}{2} - t_2 = 2 \text{ мм}$$

Швидкість ходу для чорнової та чистової обробки:

$$S_1 = 1.1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}; \quad S_2 = 0.7 \frac{\text{мм}}{\text{об}};$$

Знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v;$$

Приймаємо за рекомендаціями:

$$C_{v1} = 340 \quad C_{v2} = 350$$

$$K_V = K_{\mu V} * K_{\eta V} * K_{UV} * K_{\phi V} * K_{\phi IV} * K_{rV} * K_{qV} * K_{OV}$$

де $K_{\mu V}$ - загальний поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу

K_{nv} - поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки

K_{uv} - поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини

$K_{\phi v}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує головний кут в плані різця

$K_{\phi lv}$, K_{rv} , K_{qv} - тільки для різців із швидкорізальної сталі

K_{ov} - поправочний коефіцієнт, що враховує вид обробки

$$K_{\mu V} = 0.75; K_{\eta V1}=0.9; K_{\eta V2}=1; K_{UV1}=0.65; K_{UV2}=1;$$

$$K_{\phi V} = 1; K_{IV} = 0.94; K_{qV} = 1;$$

Отже:

$$K_{V1} = 0.75 * 0.9 * 0.65 * 1 * 0.94 * 1.03 * 1 * 1 = 0.43;$$

$$K_{V2} = 0.75 * 1 * 1 * 1 * 0.94 * 1.03 * 1 * 1 = 0.43;$$

З рекомендованих даних:

$$x_1 = 0.15; \quad x_2 = 0.15;$$

$$y_1 = 0.35; \quad y_2 = 0.43;$$

$$m_1 = 0.2; \quad m_2 = 0.2;$$

Швидкість чорнової обробки дорівнює:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_x} t^{x_{sy}}} * K_{v1} = \frac{340}{60^{0.2} * 2^{0.15} * 1.1^{0.35}} * 0.43 = 55 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$$

$$V = \frac{C_v}{T^{m_x} t^{x_{sy}}} * K_{v2} = \frac{350}{60^{0.2} * 0.5^{0.15} * 0.7^{0.43}} * 0.43 = 145 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$$

Знайдемо швидкість обертання:

$$n_1 = \frac{1000 * V_1}{\pi * D_1} = \frac{1000 * 55}{\pi * 95} = 184 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

$$n_2 = \frac{1000 * V_2}{\pi * D_1} = \frac{1000 * 145}{\pi * 95} = 486 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

Визначимо фактичну швидкість різання:

$$V_1 = \frac{\pi * D_1 * n_1}{1000} = \frac{\pi * 95 * 184}{1000} = 54.8 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

$$V_2 = \frac{\pi * D_1 * n_2}{1000} = \frac{\pi * 95 * 486}{1000} = 145 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

Визначення сил різання:

Для цього визначимо основну силу різання із формули:

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p;$$

Де:

$$K_p = K_{mp} * K_{\phi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp};$$

$$K_{mp} = 0.75; K_{\phi p} = 1; K_{\gamma p} = 1.25; K_{\lambda p} = 1; K_{rp} = 1;$$

$$K_p = 0.75 * 1 * 1.25 * 1 * 1 = 0.937;$$

Отже головна складова сили різання при чорновій обробці:

$$\begin{aligned} P_{z1} &= 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p \\ &= 10 * 300 * 2^1 * 1.1^{0.75} * 55^{-0.15} * 0.937 = 3310 \text{ Н}; \end{aligned}$$

Головна складова сили різання при чистовій обробці:

$$\begin{aligned} P_{z2} &= 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p \\ &= 10 * 300 * 0.5^1 * 0.7^{0.75} * 145^{-0.15} * 0.937 = 510 \text{ Н}; \end{aligned}$$

Складові P_x та P_y визначимо за співвідношеннями, $P_x \rightarrow P_z = 0.25 : 0.3$ і $P_y \rightarrow P_z = 0.4 : 0.5$. Прийнемо середні значення цих співвідношень, тому при чорновій обробці: $P_{x1} = 0.3P_{z1} = 1000$ Н; $P_{y1} = 0.45P_{z1} = 1500$ Н, а при чистовій – $P_{x2} = 0.3P_{z2} = 150$ Н; $P_{y2} = 0.45P_{z2} = 330$ Н.

Приймем $P_z = P_{z1} = 3310$ Н, тоді $P_x = 0.3P_z = 1000$ Н; $P_y = 0.45P_z = 1500$ Н

Крутний момент від сили різання:

$$M_{krz} = C_1 C_2 d_{max} = 3600 * 0,85 * 90 = 275 \text{ Н} * \text{м}$$

Згинальний момент від сили P_x :

$$M_x = P_x * \frac{D}{2000} = 1000 * \frac{90}{2000} = 45 \text{ Н} * \text{м}$$

Згинальний момент від сили P_y :

$$M_y = P_y * \frac{D}{2000} = 1500 * \frac{90}{2} = 67 \text{ Н} * \text{м}$$

$$P_x \rightarrow 1000 \text{ Н}$$

$$P_y \rightarrow 1500 \text{ Н}$$

$$P_z \rightarrow 3310 \text{ Н}$$

$$M_x \rightarrow 45 \text{ Н} * \text{м}$$

$$M_y \rightarrow 67 \text{ Н} * \text{м}$$

$$M_{кр} \rightarrow 275 \text{ Н} * \text{м}$$

P_x – осьова складова сили різання, яка паралельна осі головного обертального руху різання;

P_y – радіальну складову сили, різання, яка направлена по радіусу головного обертального руху різання;

P_z – головну складову силу різання, збіжну за напрямком зі швидкістю головного руху різання;

$P_{шків}$ – осьова складова сили, яка діє від шківів;

M_x – Згинальний момент від сили P_x ;

M_y – Згинальний момент від сили P_y ;

$M_{кр}$ — крутний момент від сили різання;

4.2 Розробка розрахункової моделі і моделювання шпинделя у середовищі Autodesk Inventor

Для початку створюємо сам шпиндель в Генераторі компонентів вала.

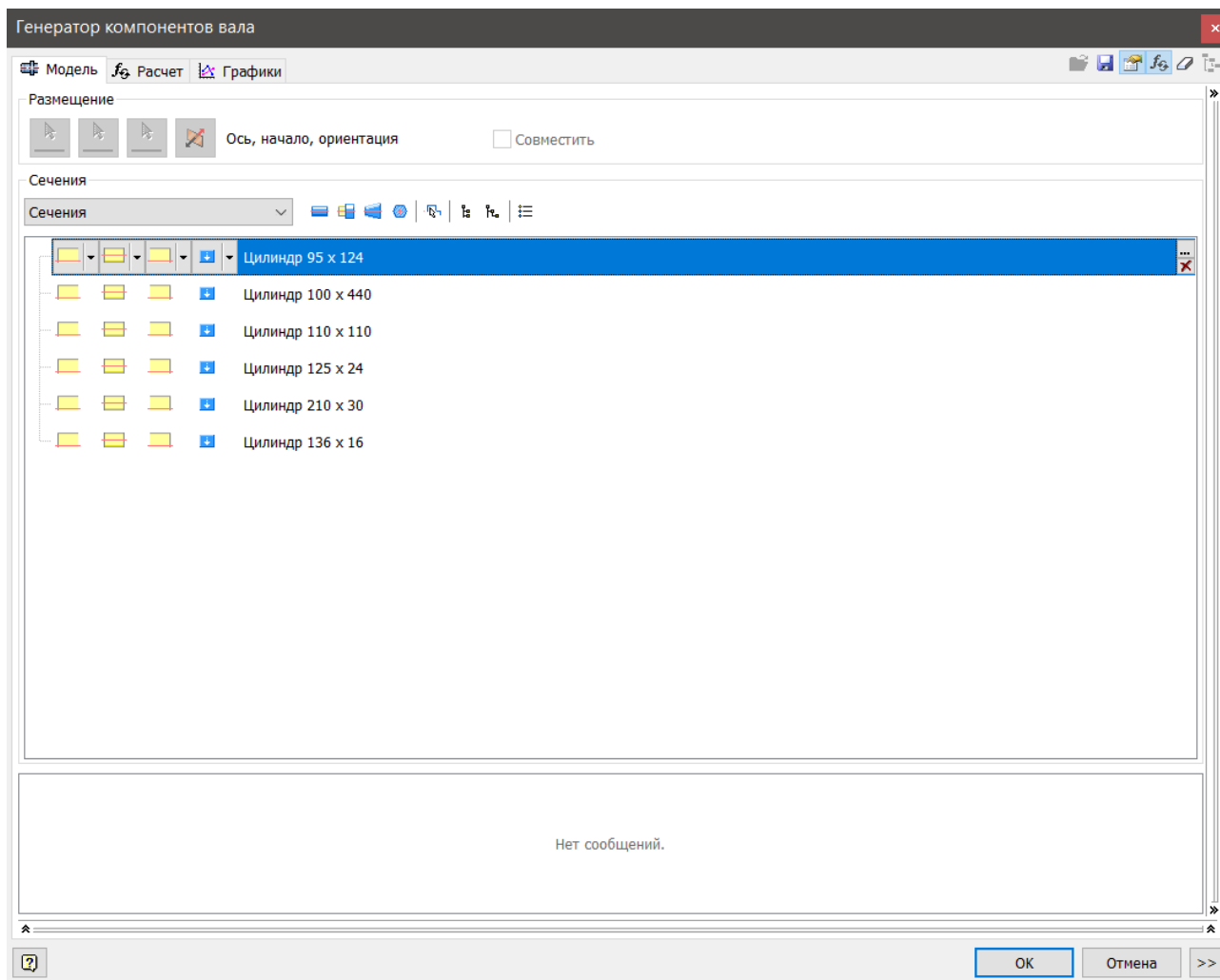


Рис. 4.3 Генератор компоновки вала

Після того як ми завершили створення вала, нам потрібно перейти до проектування отвору. Вибираємо спеціальну команду для створення отвору та вводимо данні (Рис. 4.4).

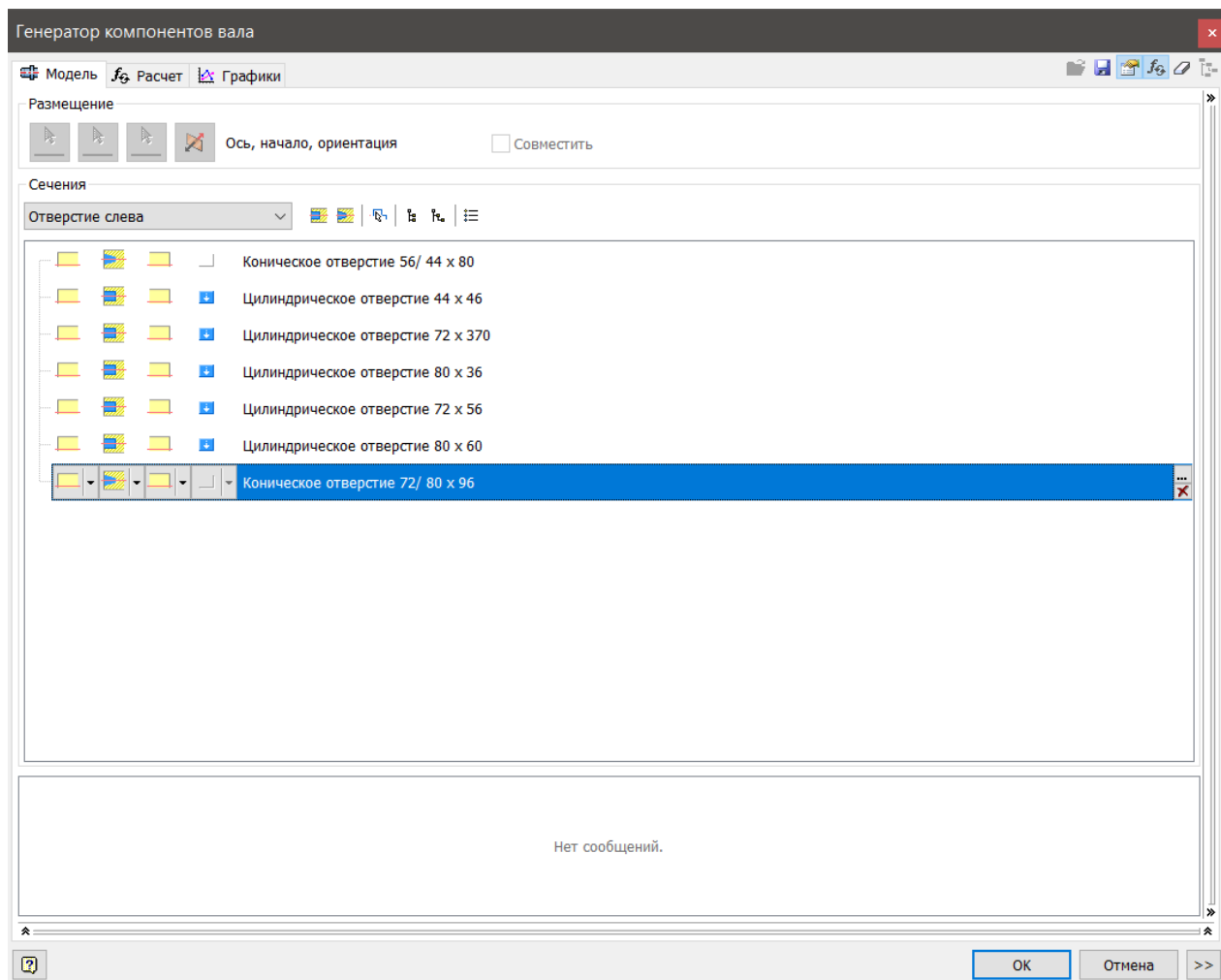


Рис. 4.4 Генератор компоновки вала

Далі нам потрібно надати шпинделю навантаження, які ми порахували, щоб інвентор врахував ці значення (Рис. 4.5).

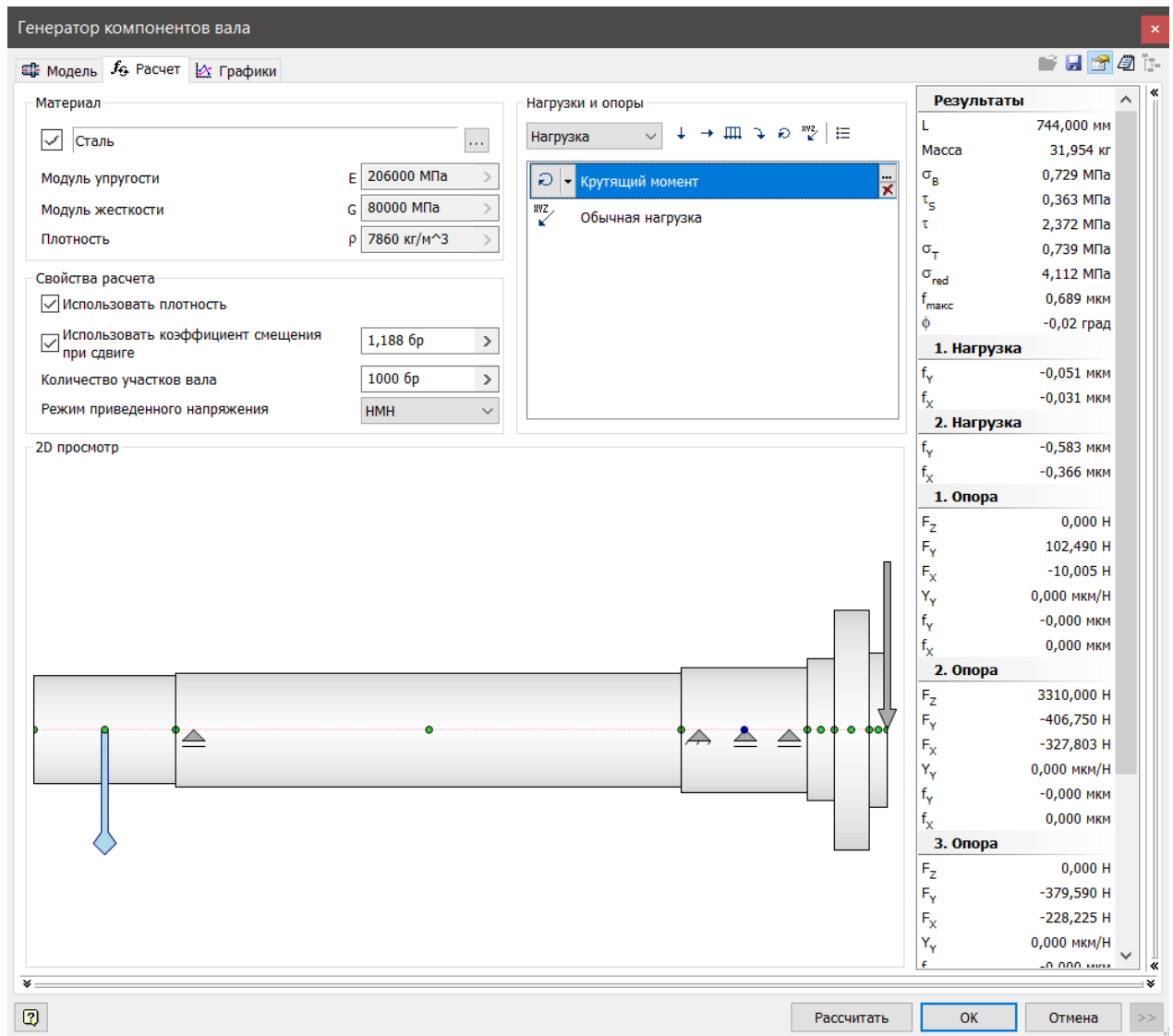


Рис. 4.5 Генератор компонентів вала

Після того, як створено 3D-модель шпинделя та вказано навантаження, переходимо в середовище аналізу та проводимо дослідження.

Встановлюємо віддалене навантаження та вписуємо сили.

Редактировать удаленную силу

Грани

Направление

Величина

3769,098 Н

Удаленная точка

X

1300,000 мм

Y

100,000 мм

Z

0,000 мм

?

OK

Отмена

Применить

<<

☒ Использовать векторные компоненты

Fx

1000,000 Н

Fy

1500,000 Н

Fz

3310,000 Н

☒ Отобразить символ

Масштаб

1,000

Имя

Удаленная сила:1

Рис. 4.6 Редагувати віддалену силу

Після того як ми надали всі навантаження на шпиндель і виставили опори, можемо перейти до здійснення моделювання й дати команду на виконання розрахунків.

Результати розрахунку шпинделя методом скінчених елементів

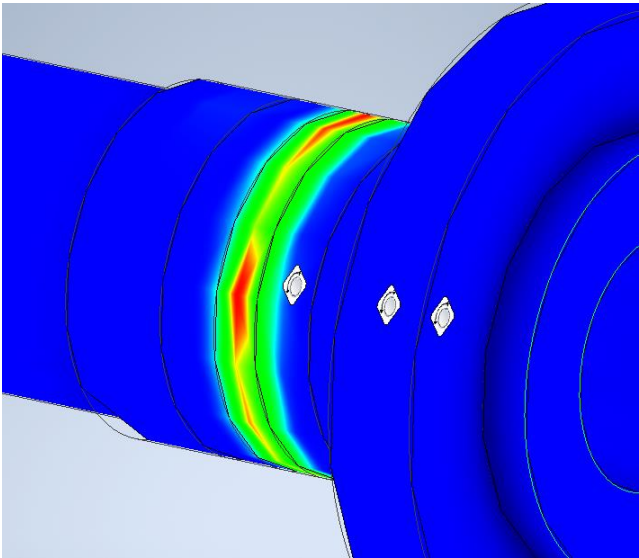
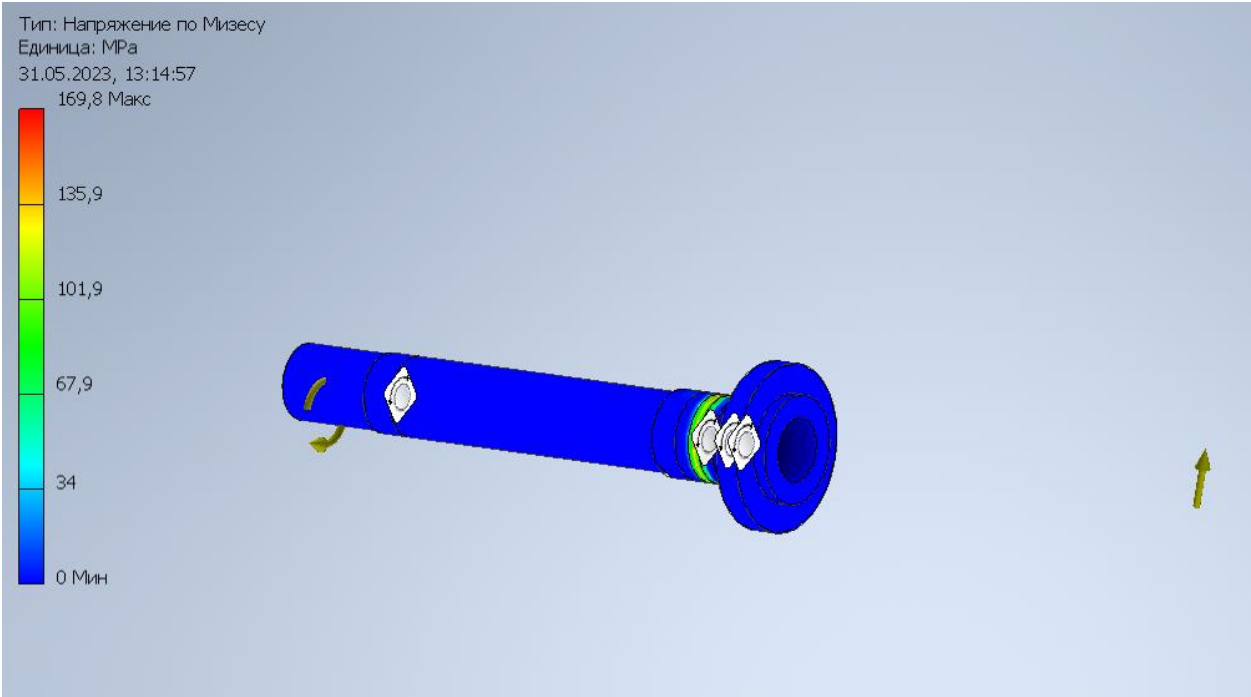


Рис. 4.7 Напруження по Мізесу

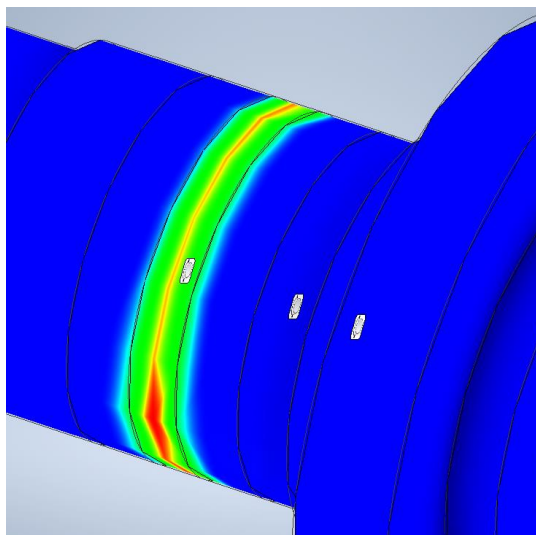
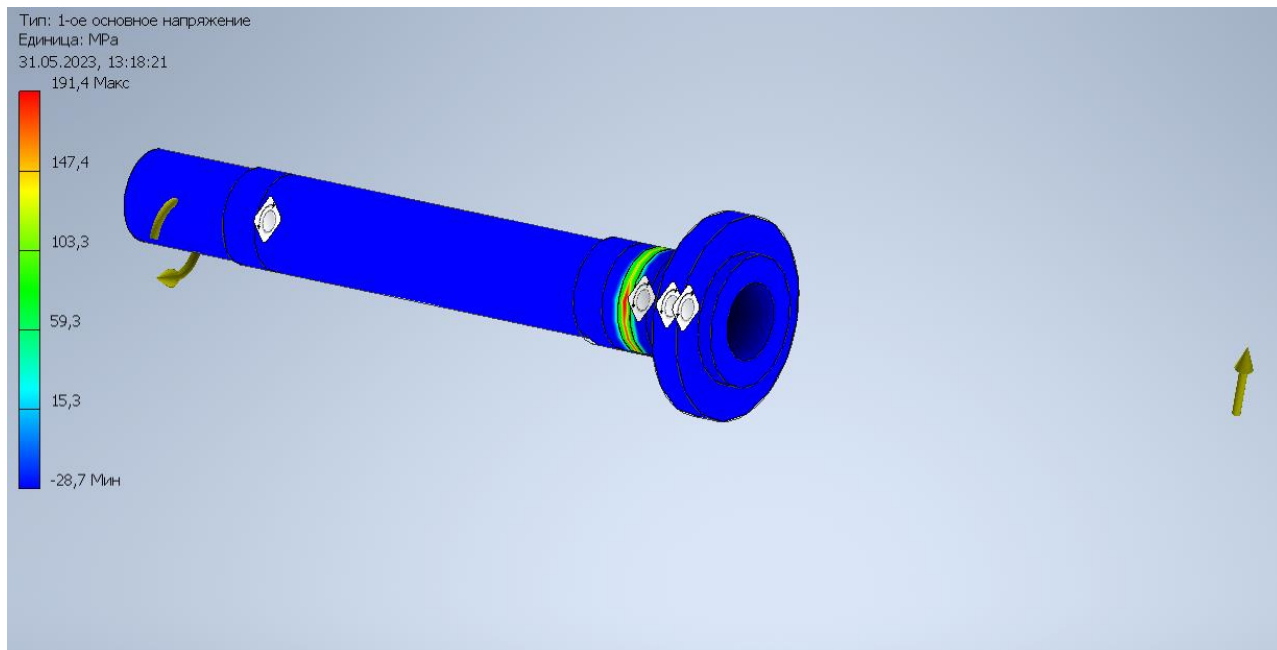


Рис. 4.8 Перше основне напруження

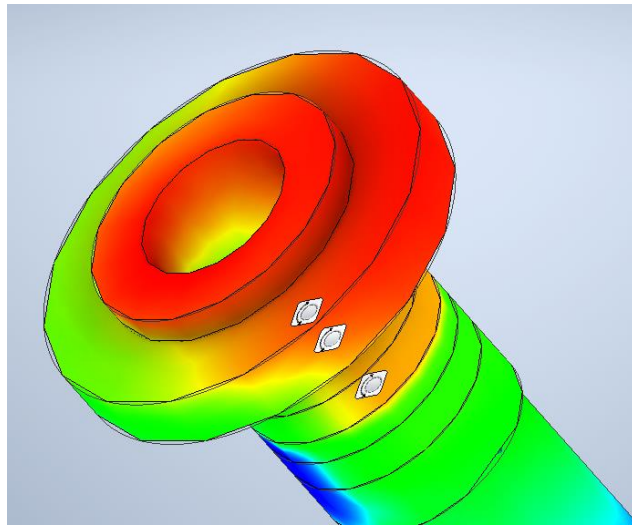
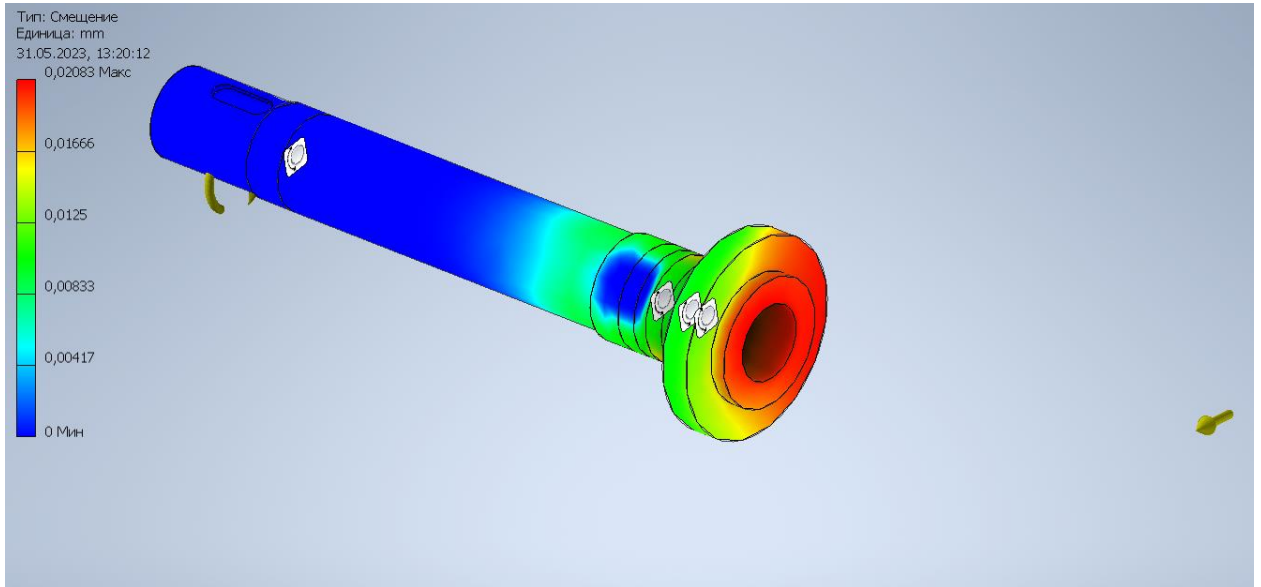


Рис. 4.9 Зміщення

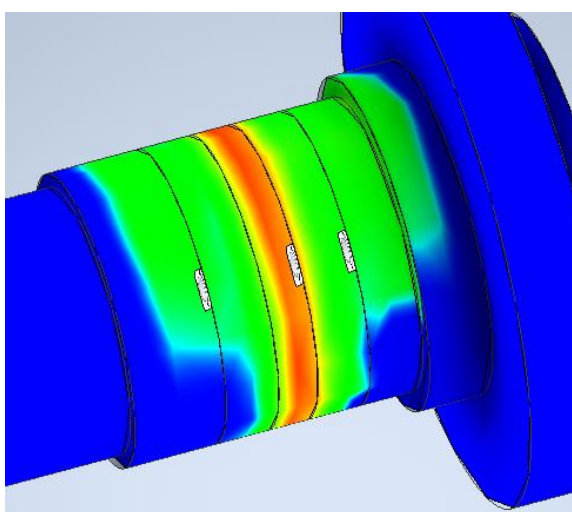
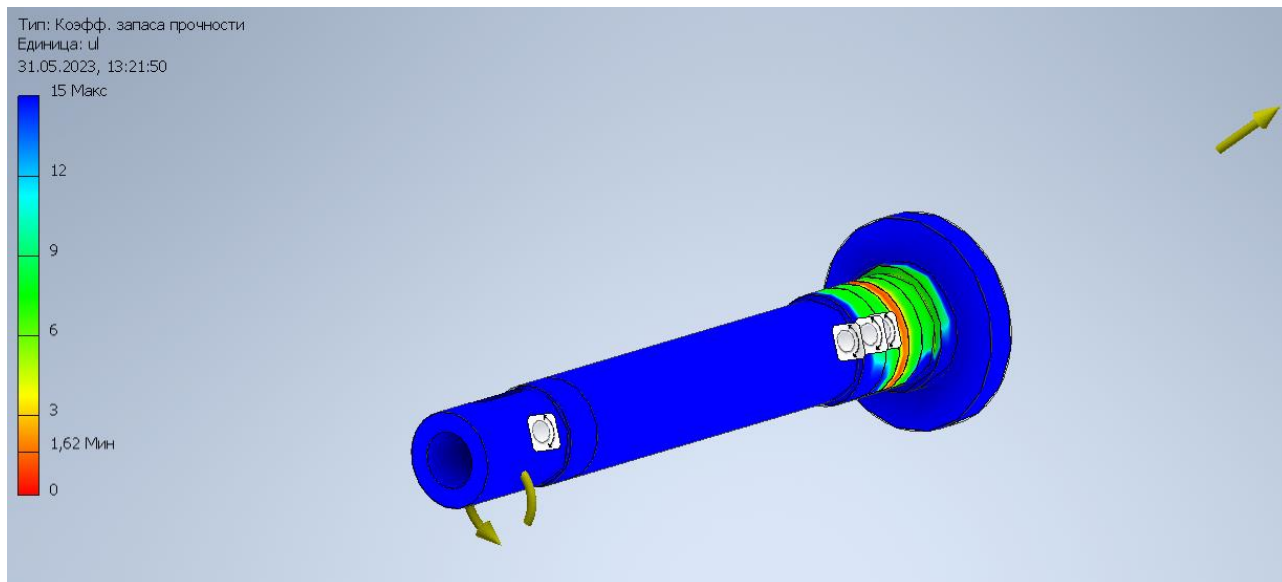


Рис. 4.10 Коэффициент запаса прочности

Висновок: За результатами розрахунків виконаних у середовищі Autodesk Inventor, можна зробити висновок, що шпиндель повністю влаштовує нас і підходить до модернізованого верстату 1720ПФ30. Напруження найбільше ми бачимо на втулці, але воно не є критичним.

4.3 Аналіз впливу розташування підшипників на піддатливість передньої опори, зміщення оброблюваної деталі в умовній точці різання

Якісне дослідження жорсткості передньої опори з використанням даних з розрахунків у середовищі Autodesk Inventor полягає в наступному: Додаємо до нашого шпинделя імпровізовану деталь потрібного нам розміру, а саме $D = 200$, $L = 600$.

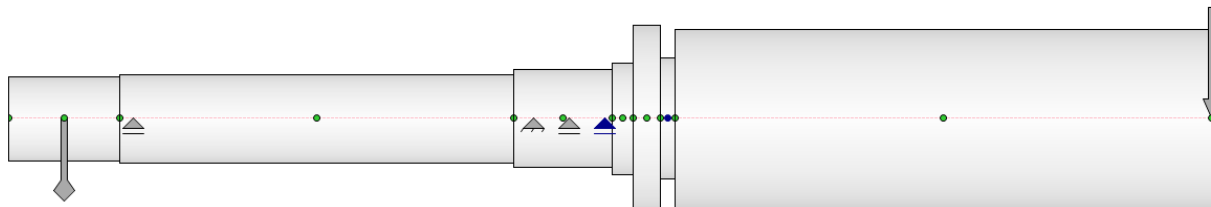


Рис. 4.11 Шпиндель із імпровізованою деталлю

На рисунку 3.11 можна побачити що ми надали сили на кінець деталі, а також на опору надали податливість 300, так як для компоновки опор які використовуються в моєму шпинделі (рис. 4.12)

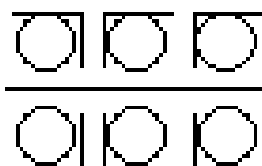


Рис. 4.12 Компоновка опор

радіальна жорсткість на передньому кінці шпинделя, Н/мкм:

250...270 при діаметрі шпинделя в передній опорі 90 мм; 380...400 – при діаметрі шпинделя в передній опорі 120 мм. Тому ми взяли орієнтовне значення, наближене до реальності.

Розглянемо комплексну передню опору як таку, що містить умовні опори: наближена до переднього кінця шпинделя складається із двох підшипників, а друга містить один підшипник (рис. 4.12). Змінювання відстані (довжини втулок) між умовними опорами призведе до змінювання жорсткості комплексної опори, тобто змінюється радіальне зміщення переднього кінця і биття шпинделя, а також до деформацій оброблюваної заготовки у точці різання.

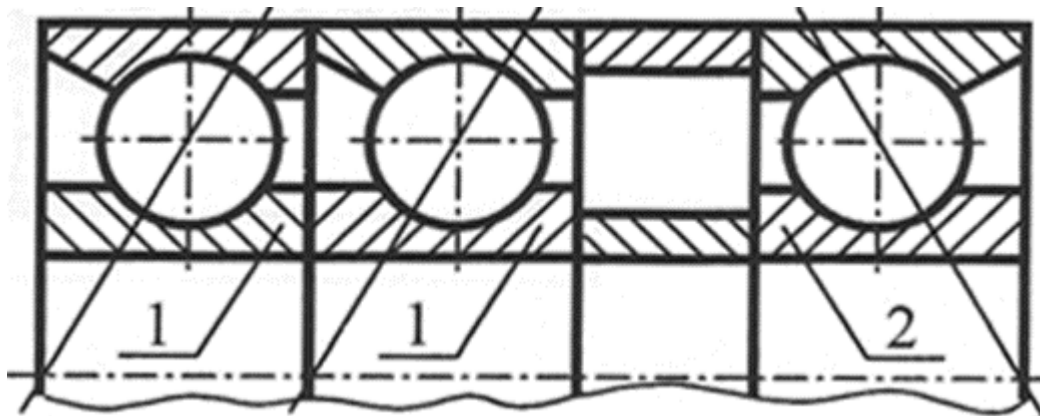


Рис. 4.13 Компоновка опор

$$i_1 = 2, i_2 = 1; K_v = 4 - 6 \times 10^5$$

Якщо заготовка консольно закріплена у патроні токарного верстата, спільна деформація заготовки та ШВ призводить до утворення похибки заготовки при поздовжньому точінні. Радіальне пружне переміщення точки, у якій прикладено силу різання, на заготовці, що її встановлено у патроні токарного верстата з приводом шпинделя від розвантаженого шківа, при спільній деформації заготовки та ШВ під дією радіальної складової сили різання можна обчислити аналітично з певними похибками через те, що не всі чинники можна коректно врахувати. У проекті поставлена задача оцінити це переміщення якісно, а як дані для оцінювання використати результати розрахунку у середовищі Autodesk Inventor.

У розрахунковому експерименті сплановано поставити опори на різну відстань, розрахувати зміщення комбінованої опори та зафіксувати результати і чинники, що їх зумовили. Результати експерименту наведено нижче на таблиці 4.1:

Табл. 4.1

Результат	Значения
(-80/-98/-135)	
Min=899 max=37017	Сила сдвига
Min=500 max=1721	Изгибающий момент
Min=9,39884 max=0,0135562	Угол отклонения
Min=0 max=158.891	Отклонения
(-80/98/-140)	
Min=799 max=3412	Сила сдвига
Min=595 max=1721	Изгибающий момент
Min=7,88214 max=0,0131792	Угол отклонения
Min=0 max=154.245	Отклонения
(-80/-98/-145)	
Min=712 max=31854	Сила сдвига
Min=583 max=1721	Изгибающий момент
Min=2,59089 max=0,012885	Угол отклонения
Min=0 max=150.62	Отклонения

Висновок: В експерименті було доведено, що чим більша довжина втулки і чим далі розміщений підшипник від комбінованих, тим менша сила зрушення, менший кут відхилення та менше саме відхилення, але більший згинальний момент. Доведено якісний вплив у відсотковому співвідношенні.

Якщо відомі обмеження на навантаж, на відхилення осі шпинделя в точці обробки, то можливим є передбачити потрібне регулювання відстані підшипниками.

Недоліком розрахункового експерименту є те, що не враховано вплив характеру затискного пристрою на зміщення переднього кінця шпинделя. Такий підхід дозволяє якісно порівнювати відхилення в точці обробки в разі застосування однакового затискного пристрою. Методика врахування впливу типу затискного пристрою на переміщення переднього кінця шпинделя розроблена під керівництвом професора Кузнєцова і викладена в []

5. Інформаційно - порівняльний огляд модульних револьверних головок та обґрунтування вибору раціональної моделі

5.1 Інформаційно - порівняльний огляд модульних револьверних головок

Сучасний світ машинобудування включає в себе постійний ріст різних потреб, для реалізації яких обов'язково треба розвивати і покращувати ефективність та універсальність верстатів. Для досягнення даного результату необхідно вміти поєднувати та комбінувати різні типи обробки на одному й тому ж самому верстаті. В даному випадку це можливість застосування на токарному верстаті обертового інструменту, тобто, зокрема, виконання фрезерування.

Таких умов оброблення можна досягти завдяки включенню в систему верстата револьверної головки. Також для покращення площини оброблювання можна й додати другий оброблюваний центр.

На базі потреб для оброблення далі сформулюється необхідна конструкція верстату. При об'єднанні операцій точіння та фрезерування на токарному верстаті його компоновка може значно змінюватись.

Нижче приведені компоновані зразки таких типів верстатів:

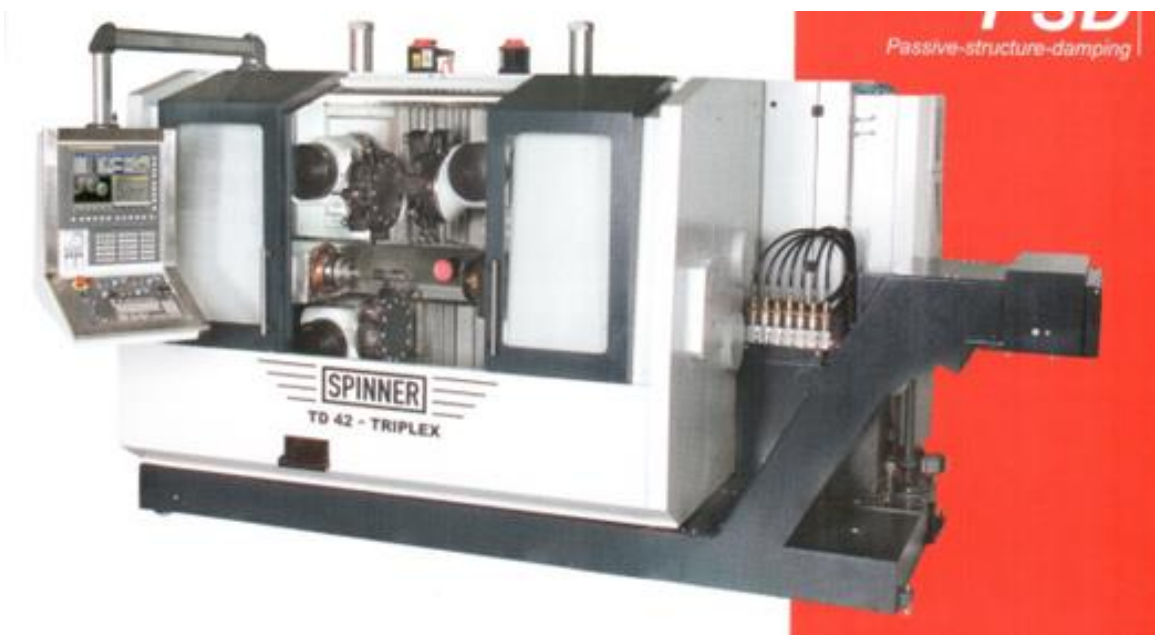


Рис. 5.1 SPINNER TTC 300 – включає в себе дві револьверні головки

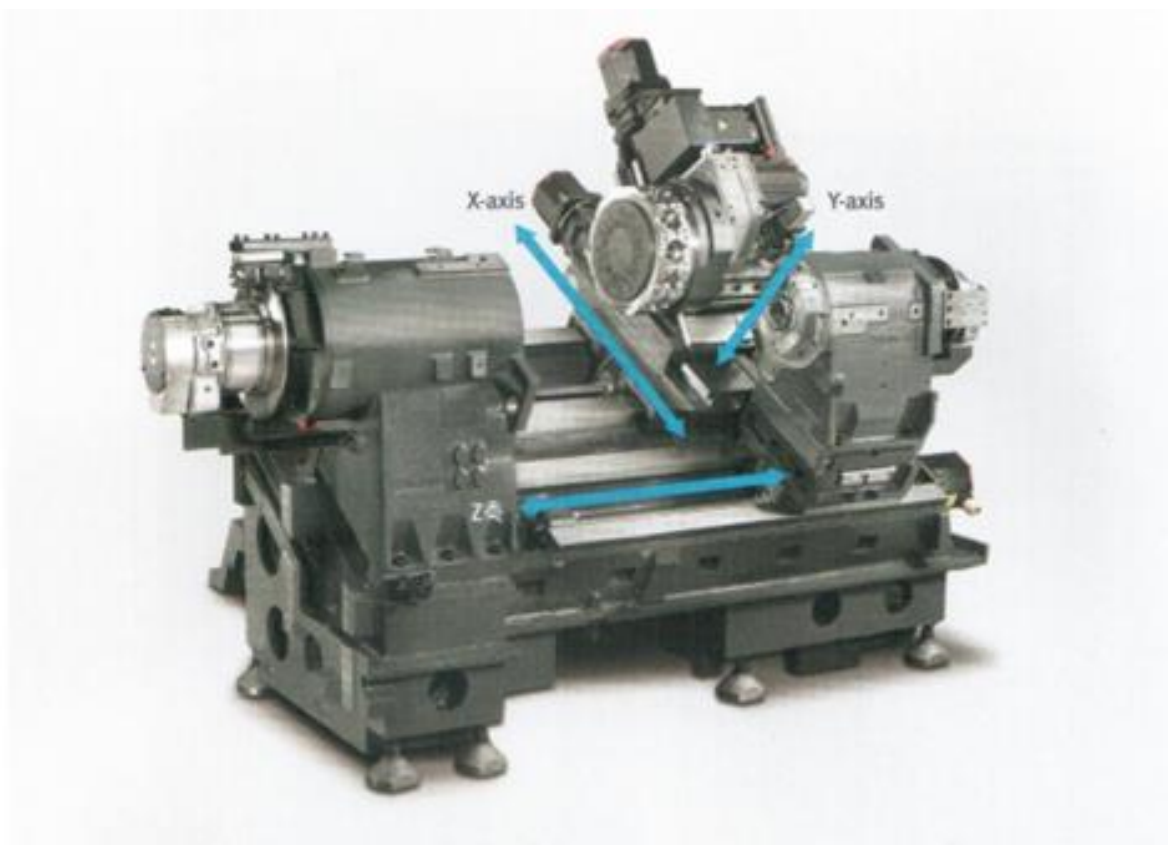


Рис. 5.2 PUMA 2100\2600\3100



Рис. 5.3 OKUMA 2SP – 150H – може оброблювати одночасно дві деталі

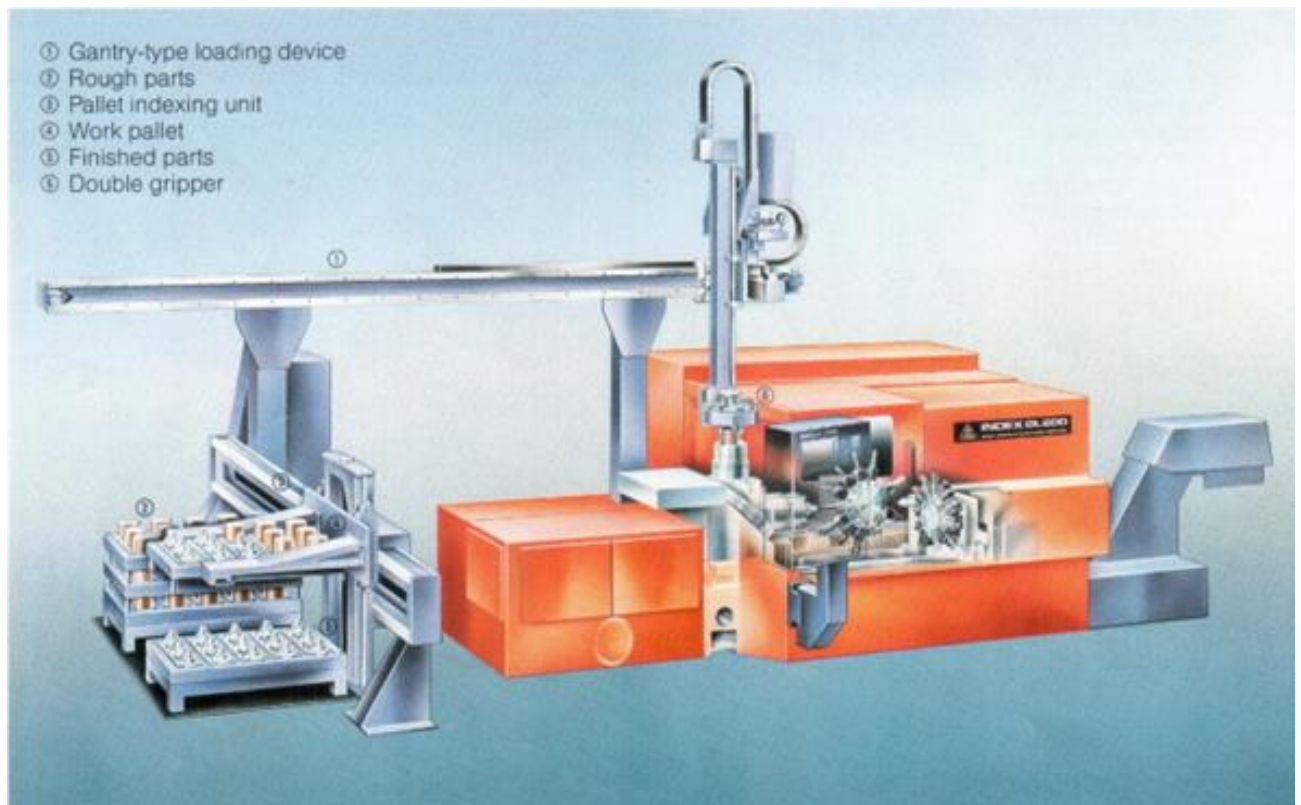


Рис. 5.4 INDEX GL200 – револьверні головки займають положення перпендикулярно один до одної

Як ми бачимо на останньому приведеному верстаті INDEX GL200, важливу роль при обробці також відіграє розміщення револьверних головок у просторі відносно одна одної.

Для збільшення гнучкості верстату також можливе використання контршпинделя. Але для забезпечення правильного режиму оброблення необхідно досягнуті зміни швидкісних параметрів шпинделя. Ця зміна включає в себе додання, окрім основної швидкості оброблення, швидкості подачі. Так як ці швидкості дуже різняться то необхідно використовувати другий двигун для реалізації комбінування цих двох швидкостей.

Розглянемо технологічні можливості верстата з 12-позиційною РГ:

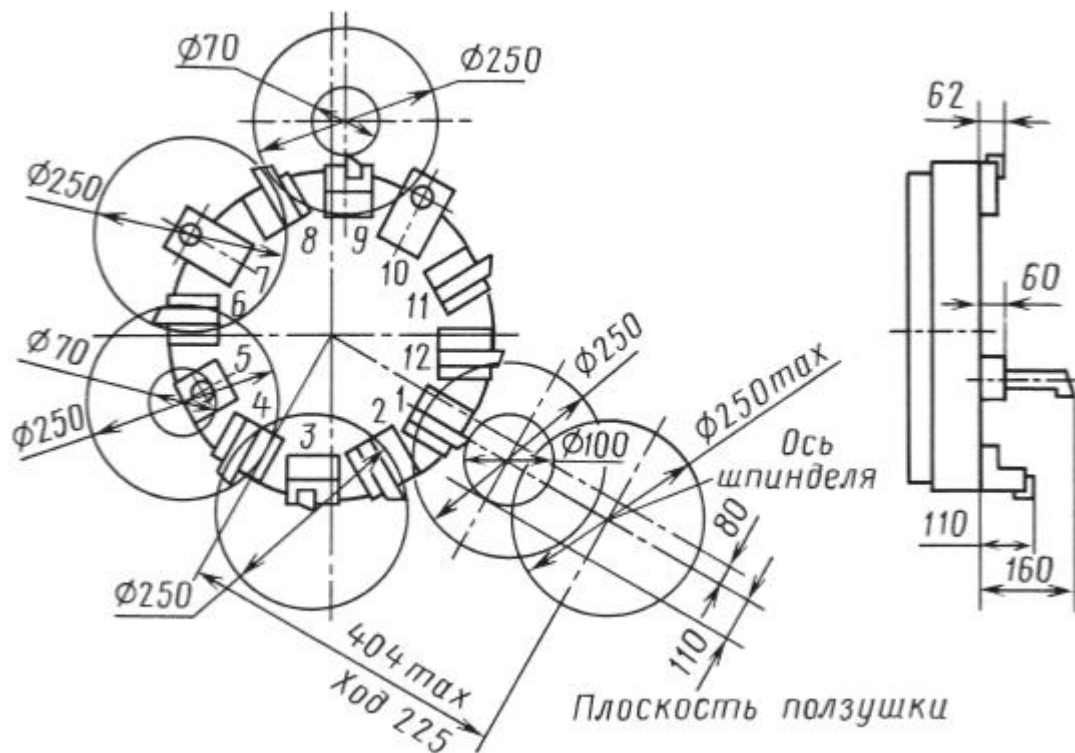


Рис. 5.5 Револьверна головка

Технологічні можливості верстата з 12-позиційною головкою револьверний блок з осьовим інструментом, можна підрізати торець деталі діаметром 250 мм до діаметра 70 мм (поз. 9). При роботі центровим інструментом, встановленим в осьовому блоці, можна заготовити діаметром 250 мм розточити отвір діаметром від 70 мм і вище (поз. 5) (тільки за наявності на сусідніх позиціях різцетримачів для радіальних інструментів). Залежно від інструменту, встановленого в осьовому блоці зі зміщенням, можна просвердлити центровий отвір заготівлі діаметром 250 мм або розточити отвір (поз. 7) (тільки за наявності на сусідніх позиціях різцетримачів для радіального інструменту). При розробці налагодження на верстат у кожному конкретному випадку необхідно прокреслювати всі положення вузлів, що характеризують взаємодію інструментів та головки з патроном та деталлю для виключення їх зіткнень.

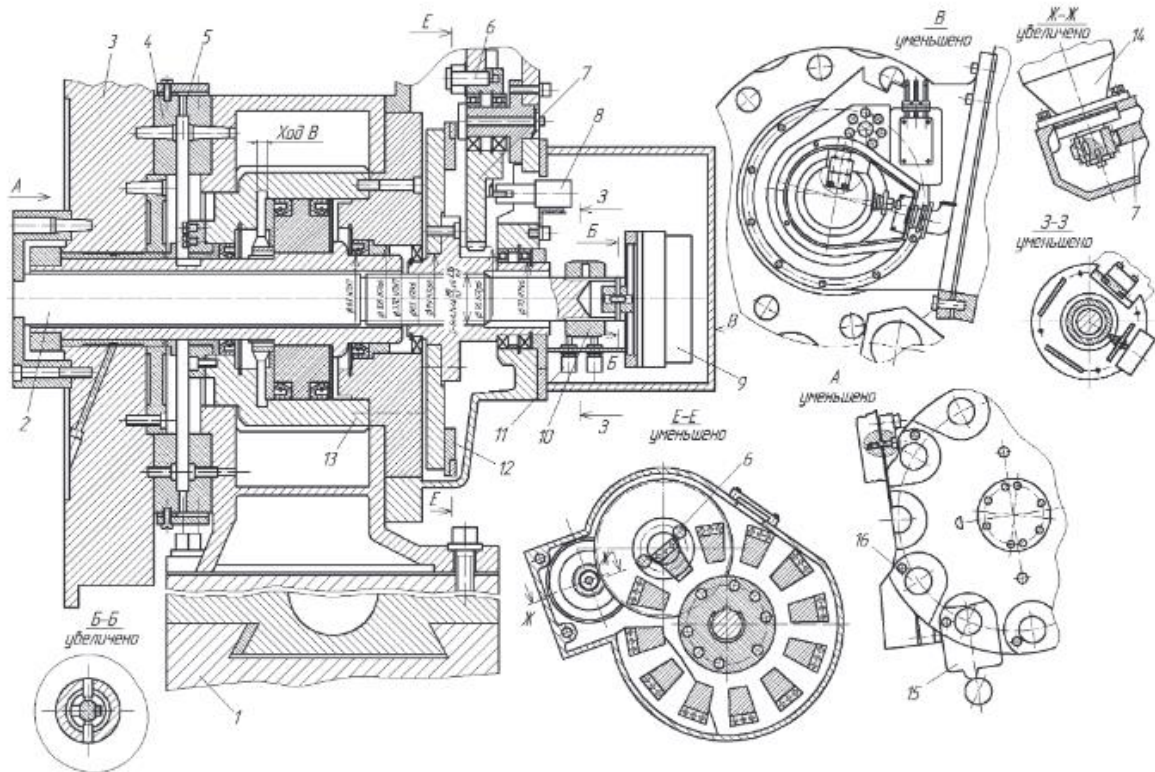


Рис. 5.6 Револьверна головка багатоцільового верстата

Інструментальні державки 15 з циліндричним хвостовиком вставляються в отвори диска 16 3 револьверної головки, що встановлюється на поперечній каретці 1 хрестового супорта. Фіксація та розфіксація револьверної головки здійснюються за допомогою гідроциліндра 13, поршень якого через шток переміщає інструментальний диск 3 і пов'язану з ним напівмуфту 4 з торцевими зубами щодо нерухомої напівмуфти 5.

Контроль фіксації здійснюється за допомогою кінцевих вимикачів 11, на які впливає кулачок 10, закріплений на центральному валу 2, що переміщається в осьовому напрямку разом з інструментальним диском.

Поворот револьверної головки проводиться гідродвигуном 14 через зубчасте колесо 7 з двома повідками 6, які входять у пази мальтійського хреста, виконаного на диску 12 і пов'язаного валом 2 з диском 3. За допомогою кінцевого вимикача 8 контролюється кутове положення колеса 7 (поворот колеса на 1 поворот диска на одну позицію), а за допомогою командного апарату 9 - потрібна позиція револьверної головки. Так як

мальтійський механізм забезпечує точний поворот диска на потрібний кут, то в головці відсутній механізм попередньої фіксації.

Нижче наведений список фірм -виробників револьверних головок, зокрема у вигляді модульних вузлів, та їхні типи:

Дискова головка з осьовим приводом інструмента одним двигуном:

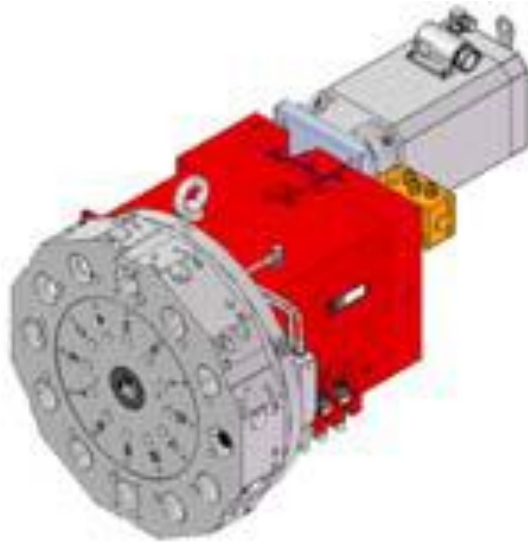


Рис. 5.7 SAUTER (з радіальним (осьовим) приводом інструмента)



Рис. 5.8 PRAGATI DTT

З радіальним приводом інструмента одним двигуном:



Рис. 5.9 SAUTER

З двома двигунами для обертання головки та інструментів:



Рис. 5.10 PRAGATI DST

З одним серводвигуном для обертання головки та інструментів:



Рис. 5.11 BARUFFALDI TBMA



Рис. 5.12 BARUFFALDI TBMR VDI, TBMR BMT



Рис. 5.13 DUPLOMATIC SM-BR / SM-BA

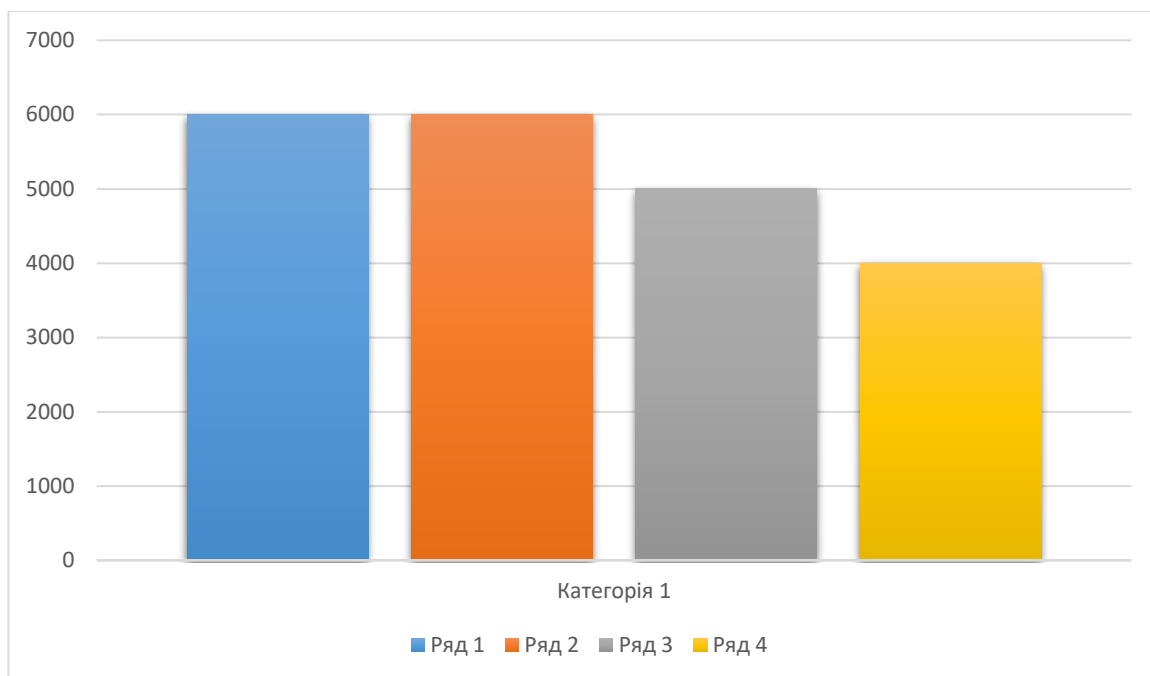
5.2 Обґрунтування вибору раціональної моделі revolverної головки

Револьверна головка відноситься до механізмів повороту, які підводять інструмент до оброблюваної деталі. Супорт з револьверною головкою призначений для обробки деталей послідовно різними інструментами.

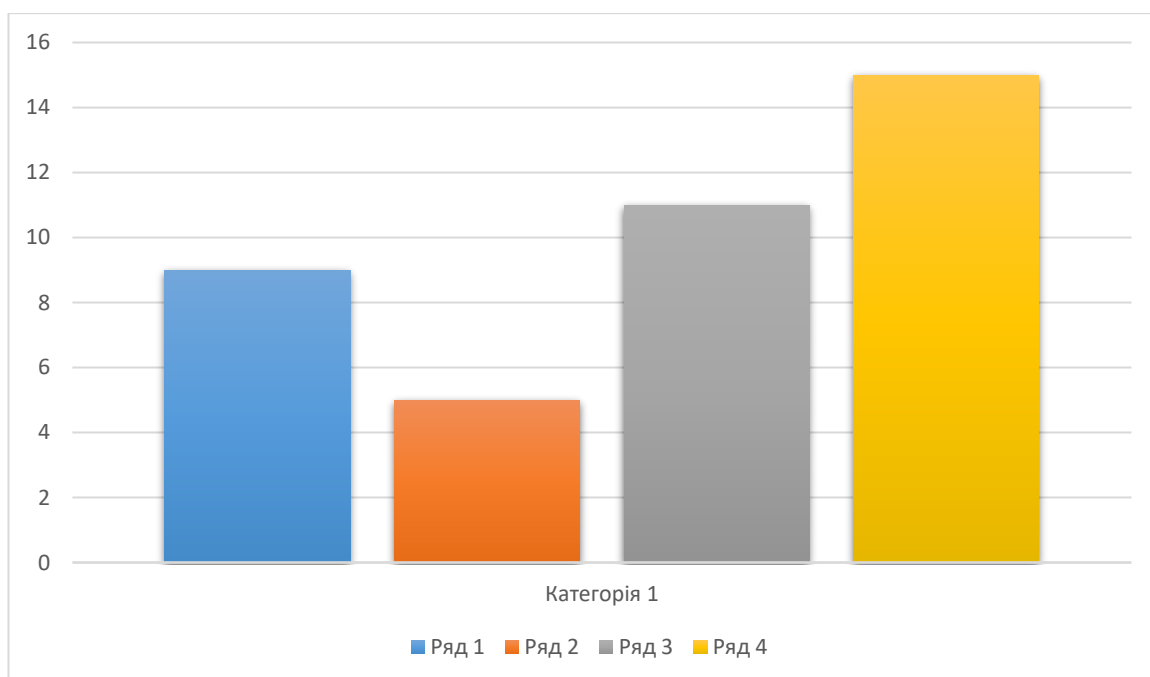
Револьверна головка базового верстата призначена для обробки не жорстких деталей. В ній встановлюються різці для токарної обробки, тобто необертовий інструмент.

Для розширення технологічних можливостей верстата доцільно задіяти револьверну головку, в якій можуть встановлюватись як різці, так і обертові

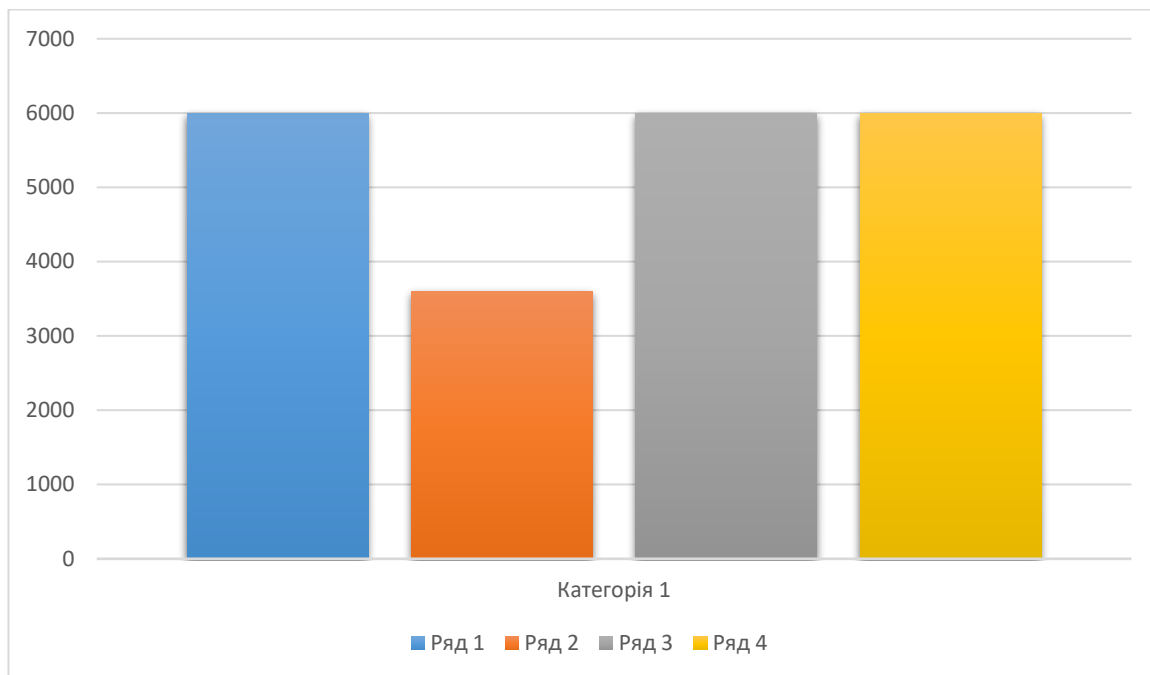
інструменти – свердла, фрези, тощо... Револьверна головка є покупним вузлом, який виготовляють різні фірми (SIEMENS, HAAS і т.д.) або виготовляє сам верстатобудівник (наприклад HAAS).



Діаг. 5.1 Максимальна частота обертання інструменту об/хв



Діаг. 5.2 Потужність двигуна, кВт



Діаг. 5.3 Максимальна частота обертання

На кожному із графіків вказано: а)PI 43-2 (Sauter), б)DST (Pragati), в)TBMR (Baruffaldi), в)SM-BR (Diplomatic).

Під час вибору револьверної головки шляхом порівняльного оцінювання, було вирішено купити РГ фірми «Sauter», а саме модель PI 43-2 [https://www.vdmgroup.ru/images/pdf/Sauter/PI49_Ru.pdf], так як показники у цієї моделі найбільше нам підходящі, та найбільше інформації вдалося знайти саме по цій револьверній головці. Вибір підтверджено розрахунком інтегрального показника якості для обраних конструкцій.

5.3 Вибір револьверної головки

Нижче буде показано більш конкретно характеристику револьверної головки яку ми вибрали, а саме Sauter PI 43-2 на рисунку 5.14.

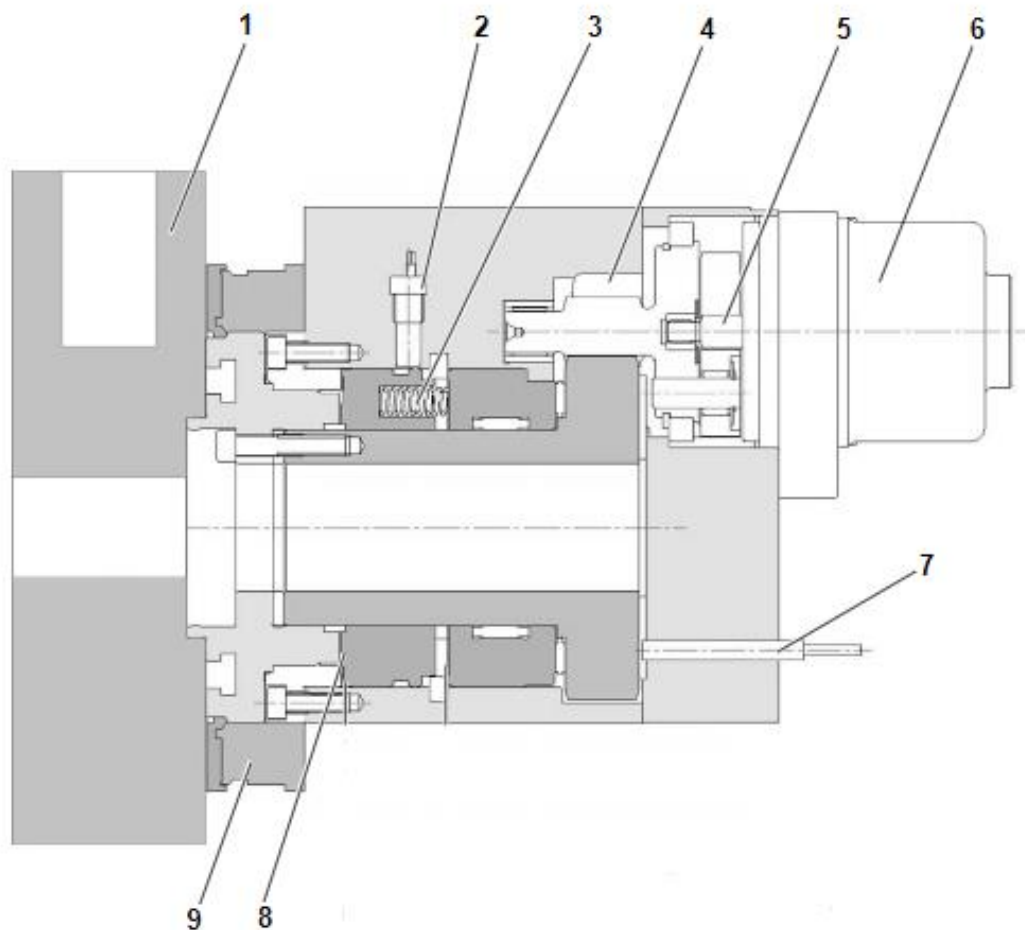


Рис.5.14 РГ РІ 43-2

1. Диск з інструментом.
2. Електричний контроль блокування
3. Пружина
4. Циліндричне прямозубе колесо
5. Планетарна коробка передач
6. Мотор
7. Перемикач
8. Зачеплення Хірта
9. Охолоджуючий змазувальний клапан

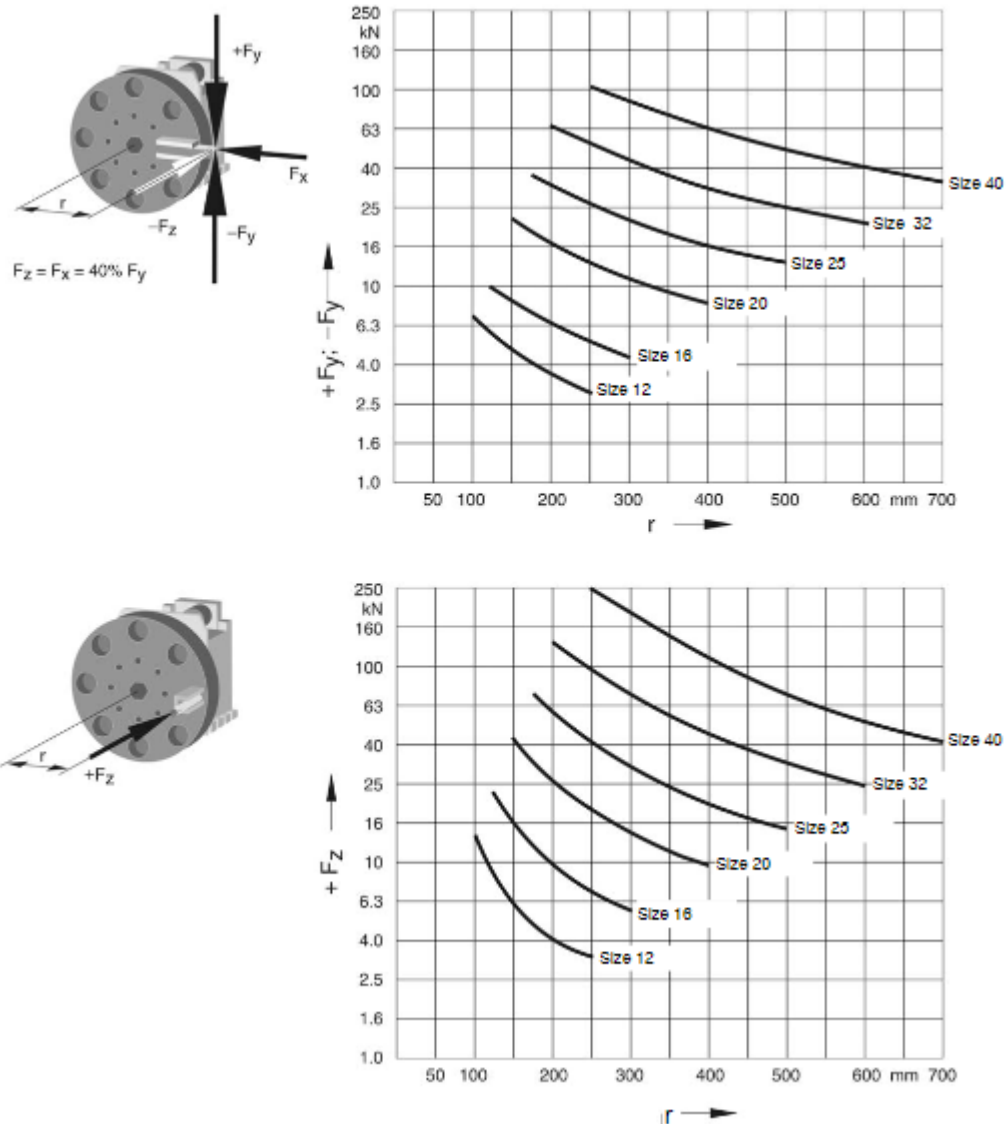


Рис. 5.15 Типи динамічних навантажень

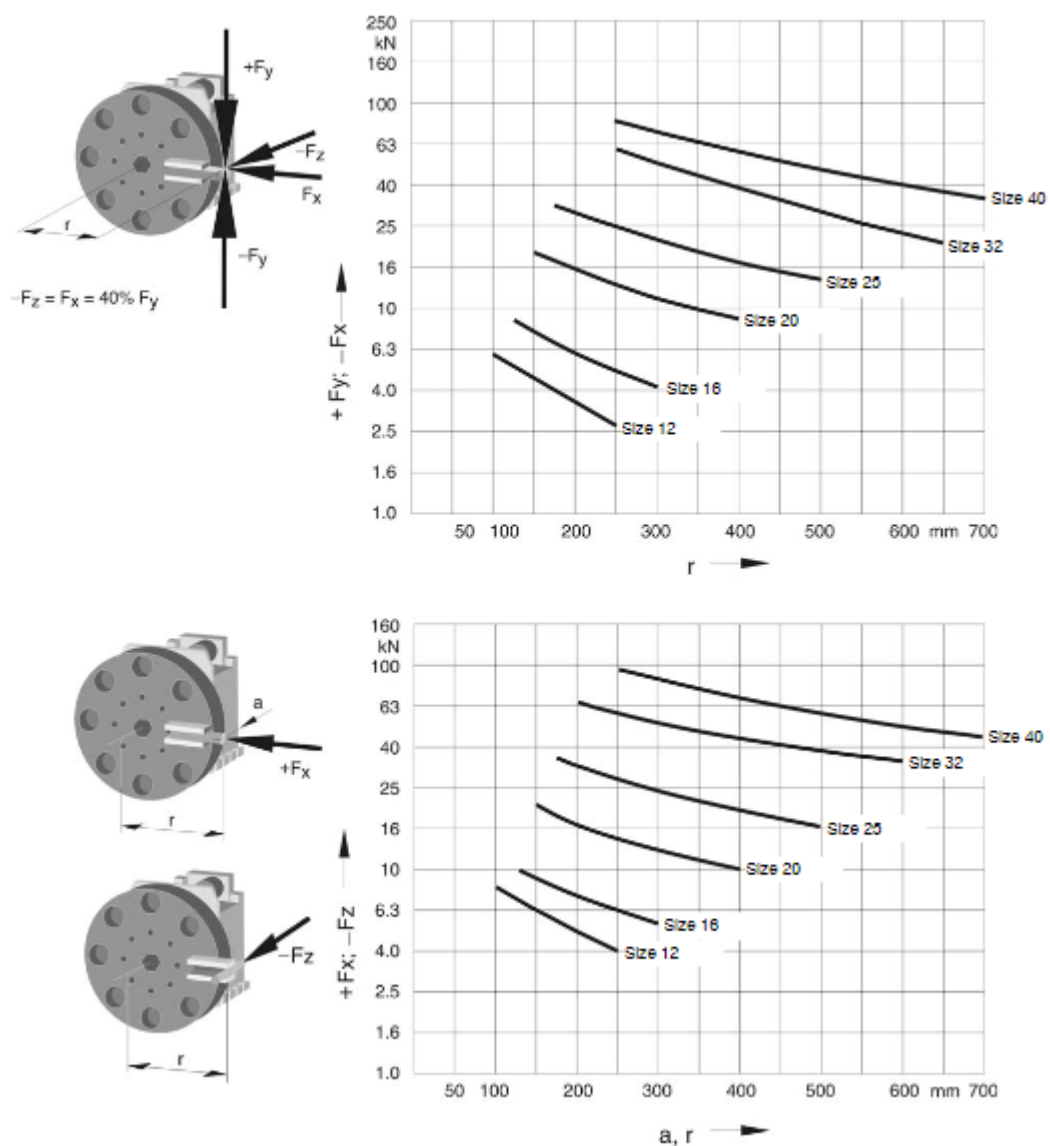


Рис. 5.16 Типи динамічних навантажень

На рисунках вище, а саме рис.5.15 та рис.5.16 ми можемо побачити діаграми на яких відображені основні типи динамічних навантажень. Виробник постарався щоб вибравши РГ, покупець міг звернути на це увагу.

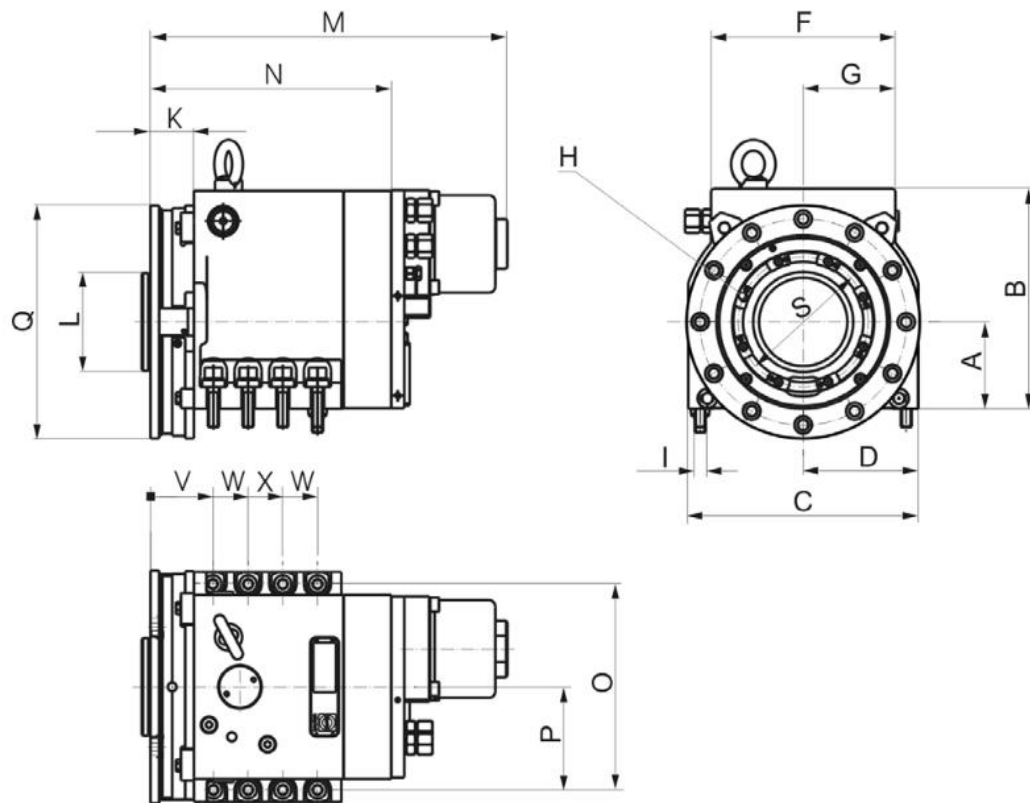


Рис. 5.17 а) Схема розмірів РГ

Series	Size				
Disk-type tool turret 0.5.440.xxx	12	16	20	25	32
A	63	80	100	125	160
B	174	203	236	279	344
C	185	212	250	316	396
D	85	106	125	158	198
F	145	170	200	250	316
G	80	85	100	125	158
H	8 x M8	8 x M8	11 x M10	11 x M12	15 x M12
J	M8	M10	M12	M16	M20
K	31	40	41	52	62
Ø L	70	90	110	120	150
M	311	329	347	393	524
N	216	234	252	298	429
O	165	190	220	280	352
P	75	95	110	140	176
Ø Q	175	215	255	318	396
Ø S	90	120	145	182	220
V	50	58	66	82	96
W	30	32	30	43	48
X	-	-	40	44	56

Рис. 5.17 б) Схема розмірів РГ

Висновок: В дипломному проекті було виконано інформаційне дослідження верстатів аналогів та зроблені висновки щодо конкурентоспроможності сьогодення. Розглянуто базовий верстат 1720ПФ30 та його складові, а саме РТК типу 1720ПФ30, механізм приводу подачі каретки верстата, загальний вигляд інструментального магазину з механізмом привода та шпиндельний механізм з механізмом привода головного руху. Було вибрано та замінено двигун на асинхронний, пораховано ПГР та побудовано графік частот. Якщо бути відвертим, то мені не вдалось збільшити оберти двигуна так як хотілось би, так як компоновка та габарити коробки швидкостей доволі тісні і потребують більше місця для кращої модернізації. Але вдалось збільшити оберти шпинделя з 3150 до 4000 обертів за хвилину. Був проведений експериментальний розрахунок шпинделя в середовищі Autodesk Inventor. І в кінці дипломного проекту було розглянуто багатопозиційні револьверні головки, пропозиція їх вибору та висновок їх використання у верстатах, та замінено револьверну головку базового верстату на револьверну головку яка містить обертаючий інструмент, що дозволило підвищити гнучкість верстата.

					МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ	Лист
						60
	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

Список використаної літератури:

1. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ.
URL: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Kapustin_2004_415.pdf.
2. Соломенцев Ю.М. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении. Альбом. Учебно-методическая литература для учащихся и студентов. Студенческие работы, курсовые, контрольные, рефераты, ГДЗ. URL: https://www.studmed.ru/view/solomencev-yum-robotizirovannye-tehnologicheskie-kompleksy-i-gibkie-proizvodstvennyye-sistemy-v-mashinostroenii-albom_68535fec172.html.
3. Бесарабець Юрій Йосипович Охріменко Олександр Анатолійович Пасічник Віталій Анатолійович Солодкий Валерій Іванович. Дипломний проект бакалавра. Організаційні питання (друге видання). <https://ela.kpi.ua>. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/31542/1/Solodkiy_Bak_org_vopros_v8.pdf.
4. АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ В УКРАИНЕ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ ООО «ДНЕПРОРЕСУРС». <https://elmo.ua>. URL: https://elmo.ua/?gclid=CjwKCAjwhJukBhBPEiwAniIcNYKLDFTS5nUwVux8puJqsKZqxpYrusLzrgbTTb_f-ASuLT2TLam0BoCd5EQAvD_BwE.
5. В.В Бушуев.
[bushuev_v_v_i_dr_metallorazhishie_stanki_tom_2. StudFiles](https://studfile.net/preview/2204734/).
URL: <https://studfile.net/preview/2204734/>.
6. Токарный станок RTK 1720PFZ0RM | Скачать чертежи, схемы, рисунки, 3D модели, техдокументацию | AllDrawings. Чертежи в Компасе и Автокаде (AutoCAD) | AllDrawings. URL: <https://alldrawings.ru/spisok-kategorij/item/dn8-tokarnyi-standok-rtk-1720pfz0rm>.

7. 1720ПФ30 станок токарный патронно-центральной с наклонной станиной с ЧПУ схемы, описание, характеристики. URL: http://stanki-katalog.ru/sprav_1720pf30.htm.
8. І. І. Верба О. В. Даниленко. Проектування обладнання галузевого машинобудування: ШПИНДЕЛЬНІ ВУЗЛИ НА ОПОРАХ КОЧЕННЯ. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38401/1/Shpyndelni_vuzly.pdf.
9. Sandvik Coromant. Sandvik Coromant. URL: <https://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/ru-ru/c-2900-147.pdf>.
10. В. Є. Карпусь О. В. Котляр В. О. Іванов. Оптимізація механічної обробки тіл обертання. <https://core.ac.uk>. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/141446703.pdf>.
11. Розрахунок режиму різання. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/4395293/page:8/>.
12. Асинхронний двигун: навіщо потрібен, принцип роботи, конструкція - Simat. Simat. URL: <https://simat.com.ua/article-asynhronnyj-dvygatel-dlya-chego-nuzhen-pryncyp-raboty-konstrukciya>.
13. SiePortal. SiePortal. URL: <https://sieportal.siemens.com/en-ua/home>.
14. SAUTER. <https://www.vdmgroup.ru>. URL: https://www.vdmgroup.ru/images/pdf/Sauter/PI49_Ru.pdf.
15. Асинхронний двигун: навіщо потрібен, принцип роботи, конструкція. Супермаркет | Нафана. URL: <https://omts.com.ua/asinkhronniy-dvigun-navishcho-potriben-printsip-roboti-konstruktsiya/>.

Додатки

					МВ-9111 БДП 00.000.ПЗ	Лист
						63
	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		



KMT KTL (Китай)



SKM NL (Південна Корея)



HAAS ST (США)



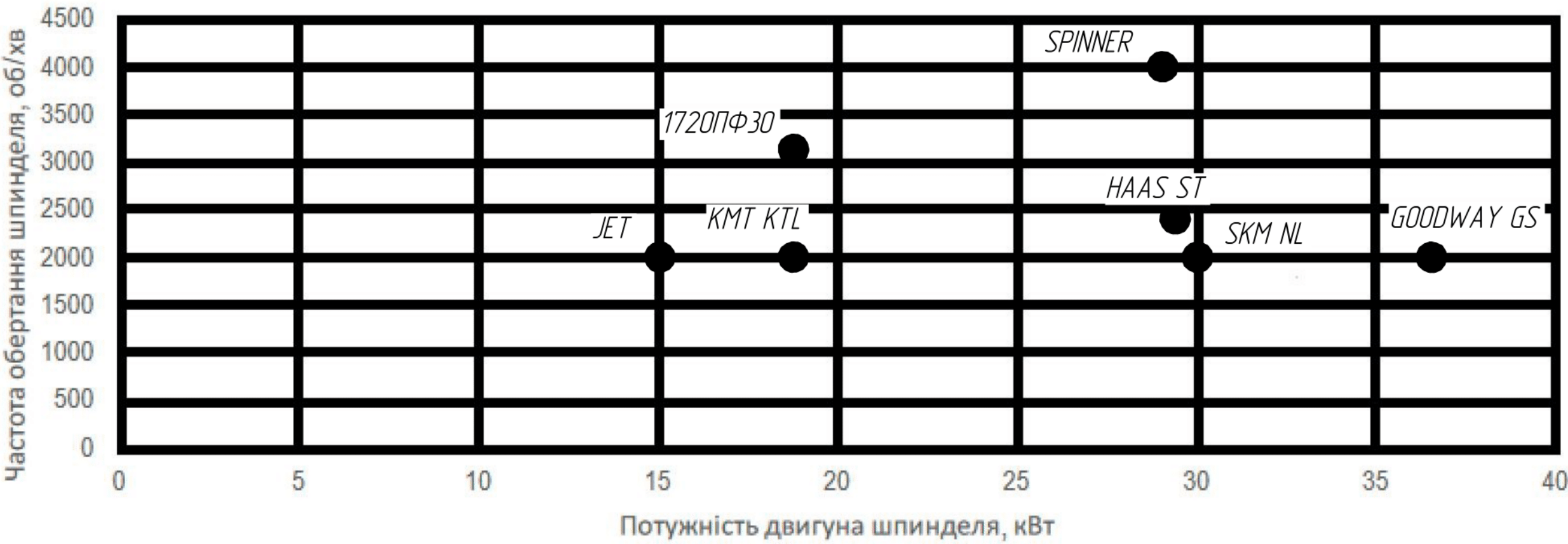
GOODWAY GS (Тайвань)



SPINNER (Німеччина) ЧПК Fanuk



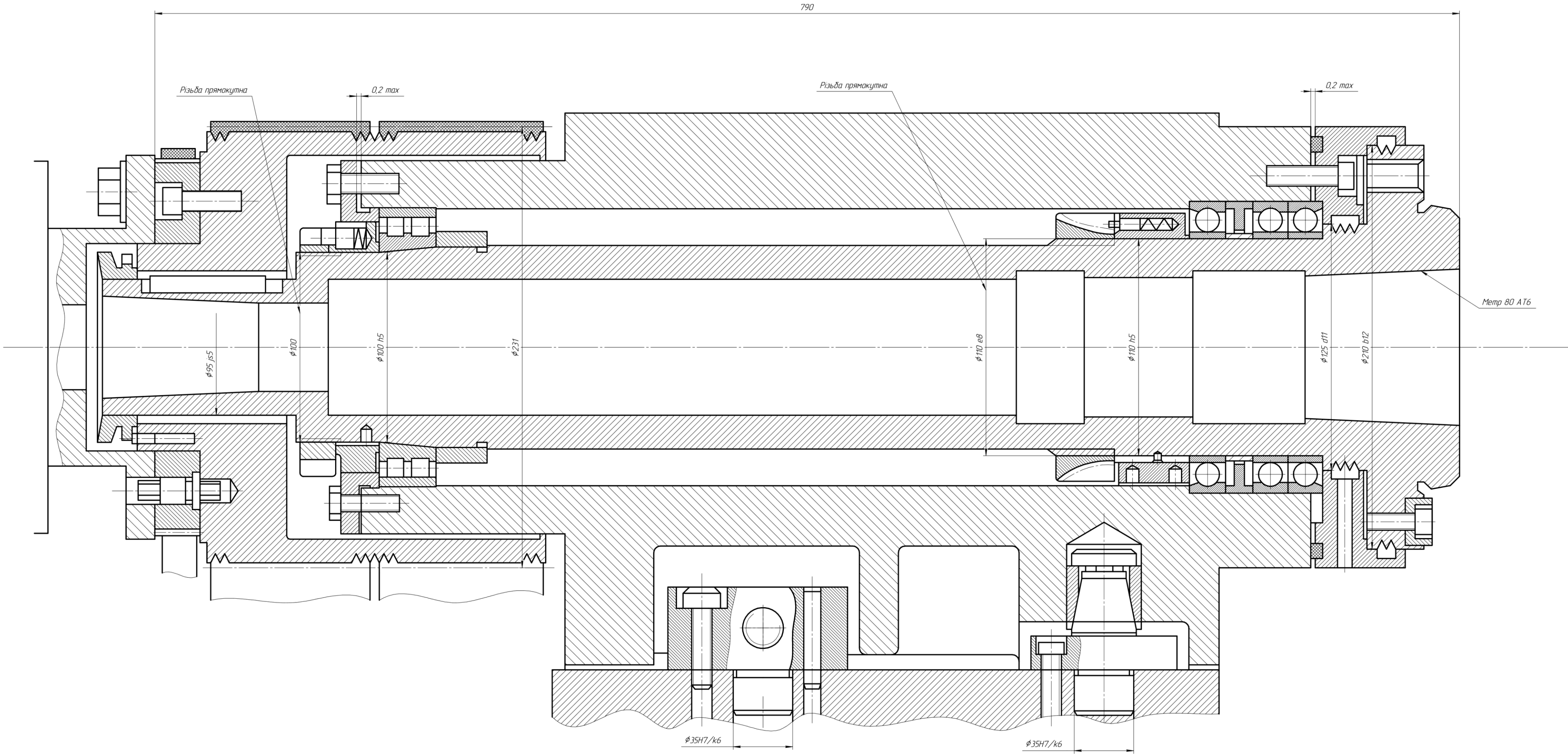
JET (США)



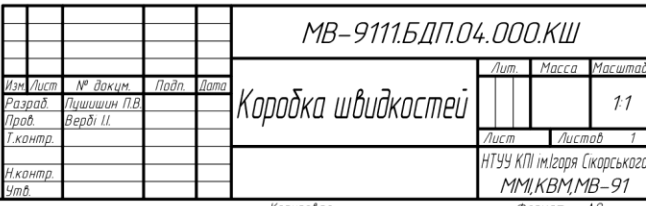
токарний патронно-центровий верстат з ЧПК мод. 1720ПФ30

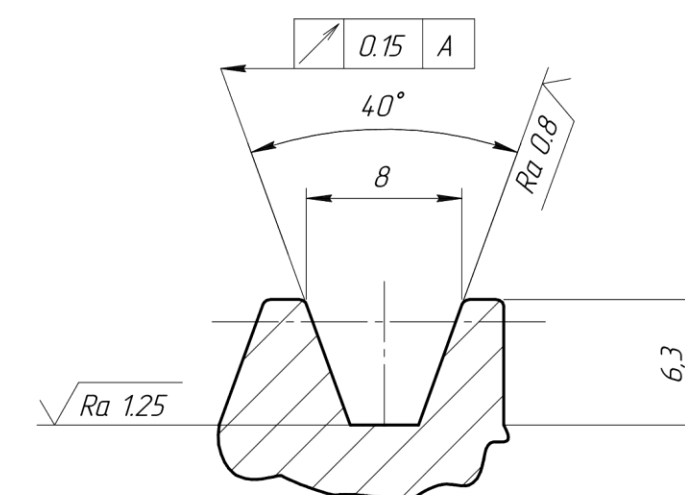
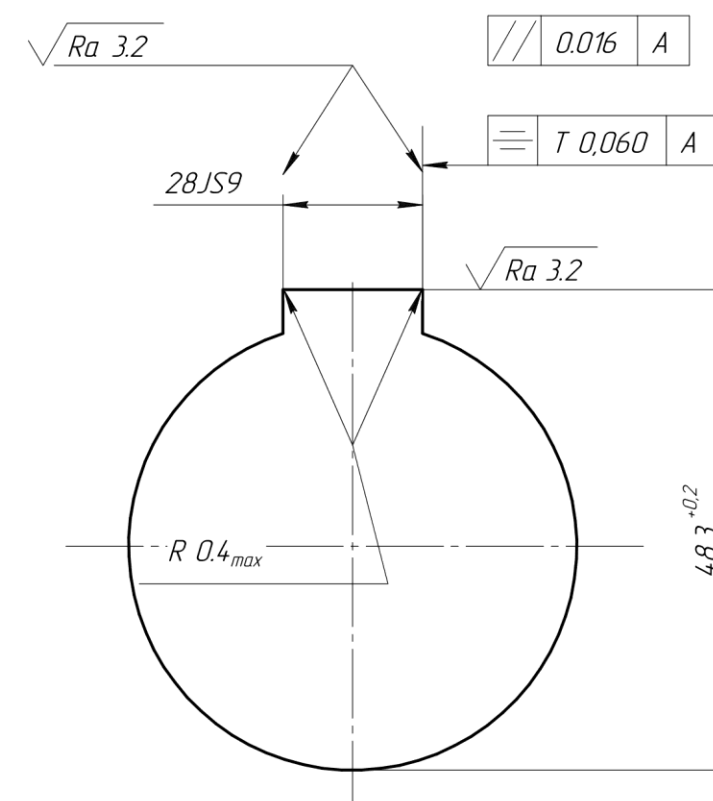


a)PI 43-2 (Sauter), б)DST (Pragati), в)TBMR (Baruffaldi), г)SM-BR (Diplomatic).



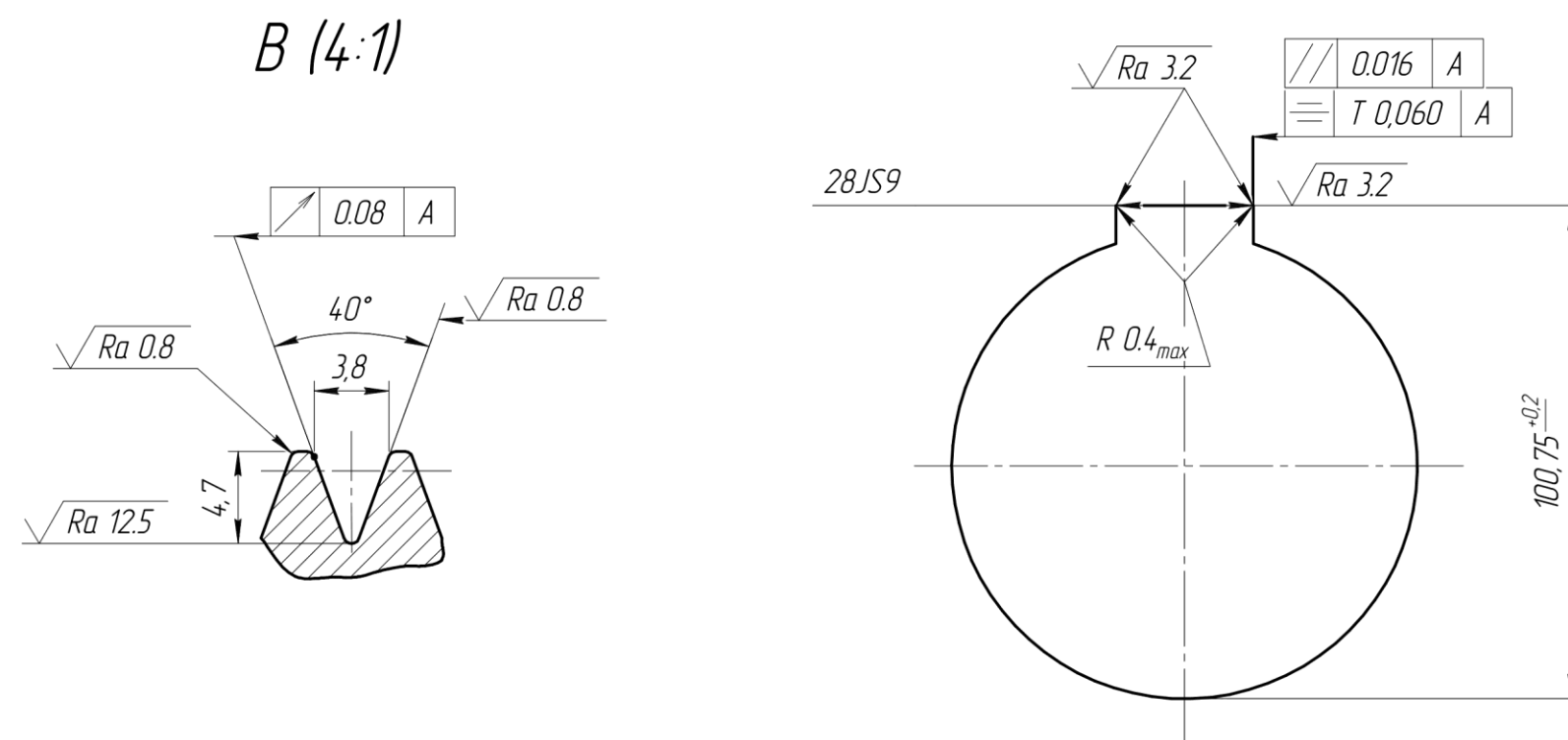
				МВ-9111БДП.03.000.ШВ		
				Шпиндельний вузол		
				Лист	Масса	Масштаб
				11		
				Лист	Листов	1
				КПІ ім.Гаря Сіарського		
				М-М.КВМ.МВ-91		
				Формат А0		





1. Биття дічних поверхонь на $\phi 192$ мм при перевірці та правленні в центрах не більше 0.06
2. Гострі краї притупити
3. $H14; h14; \frac{IT14}{2}$

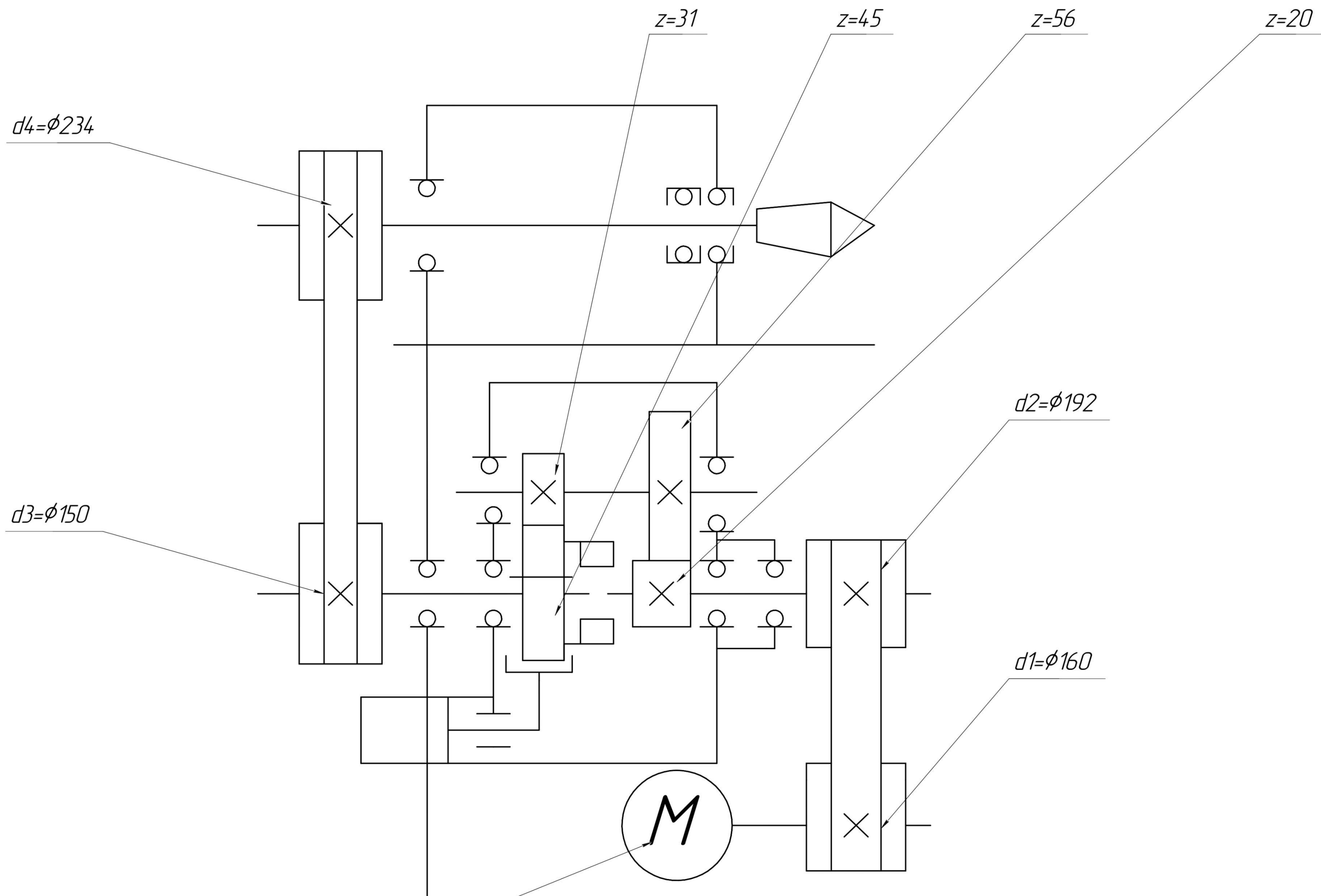
						МВ-9111.БДП.05.000.Ш		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Пилишин П.В.				Шкив			2:1
Проб.	Вера И.							
Т. контр.						Лист	Листов	1
Н. контр.					СЧ415 ГОСТ 14.12-85	НТУУ КПІ ім.Ярося Смірського		
Читб.						ММІ,КВМ,МВ-91		



Переріз пасу	А ГОСТ 1284.1-89	
Допуск на радіальне биття зовнішнього діаметра	F_r	0,20
Допуск на торцове биття базової поверхні	F_t	0,16
Допустимий дизбаланс; 2М	D	6
Окружна швидкість м/с	v	6,581
Радіус заокруглення верхнього краю канавки	r	0,4

1. Биття дічних поверхонь на $\phi 232$ мм при перевірці та правленні в центрах не більше 0.06
2. Гострі краї притупити
3. $H14$; $h14$; $\frac{IT14}{2}$

						МВ-9111.БДП.06.000.Ш		
					Шкiв	Лист	Масса	Масштаб
Изм./Лист	№ докум.		Подп.	Дата				1:1
Разраб.	Публишин П.В.							
Проект.	Варда И.							
Т.контр.						Лист	Листов	1
И.контр.					СЧ15 ГОСТ 14.12-85	НТУУ КІП ім.Горького ІСХАРСКОГО		
Читб.						ММІ,КВМ,МВ-91		
					Копіював	Формат		A1



$MAD-180$
 $P=18.5 \text{ кВт}$
 $n_{\text{НОМ}}=500 \text{ мин}^{-1}$
 $n_{\text{max}}=4000 \text{ мин}^{-1}$

						МВ-9111.БДП.07.000.КС		
						Кінематична схема		
Ізг.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Пушишин П.В.						1:1
Пров.		Верба И.						
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.						НТУУ КПІ ім.Горького Сікарського ММІ, КВМ МВ-91		
Учтв.								