

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

Ю.М.ДАНИЛЬЧЕНКО

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Металорізальні верстати та системи»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему

Модернізація шпиндельного вузла токарного верстата з швидкопереналагоджувальним затискним патроном

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-71

Сомов Дмитро Олександрович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Керівник проекту

Д. т. н. Кузнєцов Ю. М.

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

РЕЦЕНЗЕНТ:

Доц. к.т.н. Приходько Василь Петрович

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

(підпис)

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

Студент

(підпис)

Київ - 2021 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	7123.ДПБ.000.000.000 ПЗ	Пояснювальна записка	82	
3	A1	7123.ДПБ.150.000.00 СК	Складальне креслення ШПЗП	1	
4	A1	7123.ДПБ.330.000.00 СК	Складальне креслення Гідроприводу затиску	1	
5	A1	7123.ДПБ.320.000.00 СК	Шпindel'ний вузол до модернізації складальний кресленик	1	
6	A1	7123.ДПБ.350.000.00 СК	Шпindel'ний вузол після модернізації складальний кресленик	1	
7	A1	7123.ДПБ.320.000.01	Шпindel'	1	
8	A1		3D моделювання	1	
9	A1		Розрахунок статичної жорсткості із врахуванням піддатливості патрону	1	
10	A1	7123.ДПБ.150.000.02	Кулачок	1	
11	A3	7123.ДПБ.150.000.03	Шток	1	
12	A3	7123.ДПБ.150.000.04	Шестерня	1	
13	A4	7123.ДПБ.150.000.00 СП	ШПЗП специфікація	2	

	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Сомов Д.О.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Кузнецов Ю. М.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КМ Гр. Мв-71	
Н/контр.	Протасов С.В.					
Зав.каф.						

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

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ **133 «Галузеве машинобудування»** _____
(код і назва)

Освітньо-професійна програма _____ **«Металорізальні верстати та системи»** _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Ю.М.ДАНИЛЬЧЕНКО** _____

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2021 р.

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

Сомову Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Модернізація шпиндельного вузла токарного верстата зі швидкопереналагоджувальним затискним патроном

керівник проекту Кузнєцов Ю. М., д. т. н., професор

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

затверджені наказом по університету від **“18 ” травня 2021 № 1203-с**

2. Термін подання студентом проекту 15 червня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту: Напрямок – розширення технологічних можливостей токарного верстата за рахунок використання швидкопереналагоджувального затискного патрону і гідроприводу затиску. Монографія Кузнєцова Ю.М., Луціва І.В., Шевченка О.В., Волошина В.Н."Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах"

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розділ 1 – Загальний. Розділ 2 - Технологічний. Розділ 3 – Конструкторський. Розділ 4 – Розрахунковий. Загальні висновки. Список використаних джерел

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

1. ШВ до модернізації. 2. Складальний кресленик ШПЗП. 3. Складальний кресленик гідроприводу затиску 4. ШВ після модернізації 5. Розрахунки. 6. 3D моделювання 7. Деталювання.

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
	Патентний пошук	17.03.21	
	Розробка ШПЗП	25.03.21	
	Розробка морфологічної моделі ШПЗП	14.04.21	
	Розрахунок режимів та сил різання типової деталі затиснутої в ШПЗП	22.04.21	
	Розрахунок статичної жорсткості ШВ	10.05.21	
	Модернізація ШВ верстата	24.05.21	
	Розробка технічної документації	03.06.21	
	Попередній захист і рецензія	09.06.21	
	Оформлення пояснювальної записки	10.06.21	
	Захист перед ДЕК	18.06.21	

Студент _____ Сомов Д.О. _
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Кузнєцов Ю. М. д.т.н., професор _____

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Модернізація шпиндельного вузла токарного верстата з
швидкопереналагоджувальним затискним патроном

Київ – 2021 р.

АНОТАЦІЯ

Сомов Д.О. Модернізація шпиндельного вузла токарного верстата з швидкопереналагоджувальним затискним патроном. – Рукопис.

Робота складається з 4 розділів, має обсяг 69 аркушів, містить 38 ілюстрацій, 7 таблиць, 14 додатків. При написанні роботи було використано 22 інформаційних джерела.

Метою данного дипломного проекту є розширення технологічних можливостей токарного верстата з ЧПК за рахунок використання клиноплунжерного швидкопереналагоджувального затискного патрона (ШПЗП) та удосконалення гідроприводу затиску, що надасть змогу значно скоротити час на переналагоджування верстата і підвищити продуктивність обробки штучних заготовок.

Також були розроблені складальні кресленики виробів та робочі кресленики деталей

Ключові слова: морфологічний аналіз, швидкопереналагоджувальний затискний патрон, клиноплунжерний затискний патрон, гідропривод, токарний верстат.

ANNOTATION

Somov D.O. Modernization of a spindle unit of a lathe with a quick-readjustment chuck. - Manuscript.

The work consists of 4 sections, has a volume of 69 sheets, contains 38 illustrations, 7 tables, 14 appendices. 22 information sources were used in writing the work.

The purpose of this diploma project is to expand the technological capabilities of the CNC lathe through the use of wedge-plunger quick-adjusting chuck (SPZP) and improve the hydraulic drive of the clamp, which will significantly reduce the time to readjust the machine and increase productivity of artificial processing.

Assembly drawings of products and working drawings of parts were also developed

Key words: morphological analysis, fast-adjusting clamping chuck, wedge plunger chuck, hydraulic drive, lathe.

АНОТАЦИЯ

Сомов Д.А. Модернизация шпиндельного узла токарного станка с быстропереналаживаемым зажимным патроном. - Рукопись.

Работа состоит из 4 разделов, имеет объем 69 листов, содержит 38 иллюстраций, 7 таблиц, 14 приложений. При написании работы были использованы 22 информационных источника.

Целью данного дипломного проекта является расширение технологических возможностей токарного станка с ЧПУ за счет использования клино-плунжерного швидкопереналагоджувального зажимного патрона (ШПЗП) и усовершенствования гидропривода зажима, что позволит значительно сократить время на переналадки станка и повысить производительность обработки штучных заготовок.

Также были разработаны сборочные чертежи изделий и рабочие чертежи деталей

Ключевые слова: морфологический анализ, быстропереналаживаемый патрон, клиноплунжерный зажимной патрон, гидропривод, токарный станок.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. Класифікація, напрямки розвитку і модернізації верстатів токарної групи з різними системами керування	8
1.1. Класифікація і еволюція розвитку верстатів токарної групи	8
1.2. Основні виробники токарних верстатів з різними системами керування в Україні	10
1.3. Структура управління, напрямки діяльності, продукція і технологічне обладнання ТОВ «СТАНКИН»	11
1.4. Кінематика і конструктивні особливості верстату типу ПАБ виробництва ТОВ «СТАНКИН»	14
1.5. Патентно-інформаційні дослідження по темі «ШПЗП»	17
1.6. Мета і задачі ДП	23
РОЗДІЛ 2. Технологічний	24
2.1. Номенклатура деталей, що обробляється на верстатах токарної групи	24
2.2. Визначення режимів різання типової деталі, затиснутої в ШПЗП	24
2.3. Технологічний процес обробки складальної одиниці ШПЗП	28
2.4. Розрахунок сил свердління отворів на шпинделі	32
РОЗДІЛ 3. Конструкторський	35
3.1. Кінематика і конструктивні особливості верстата мод. 16K20Ф3 С1	35
3.2. Конструктивні особливості ШВ до модернізації	37
3.3. Гідроприводи затиску для токарних верстатів	37
3.4. Морфологічний синтез клиноплунжерних ШПЗП	38
3.5. Конструктивні особливості ШВ після модернізації	41

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ									
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						Лит.		Маса	Масштаб	
Разраб.		Сомов Д. О.												
Провер.														
Т. Контр.														
Реценз.														
Н. Контр.		Протасов С. В.								Лист 5		Листов 86		
Утверд.		Кузнецов Ю. М.												

3.6. Принцип роботи ШПЗП	41
РОЗДІЛ 4. Розрахунковий	43
4.1 Розрахунок статичної жорсткості ШВ з врахуванням піддатливості опор	43
4.2 Розрахунок статичної жорсткості ШВ з врахуванням піддатливості затискного патрону	48
4.3. Комп'ютерне моделювання пружно-деформованого стану ШВ	52
4.4. Аналіз результатів розрахунків і досліджень ШВ	58
4.5. Особливості профілювання фасонного затискного кулачка ШПЗП.	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
Список використаних джерел	66
ДОДАТКИ	69

ВСТУП

Однією з актуальних тем в сучасній технології машинобудування є високошвидкісна (High Speed Cutting) і прецизійна (High Precision Cutting) обробка. Для підвищення продуктивності обробки застосовують інструменти з високою стійкістю та зменшення часу на переналагодження версату.

На сьогодні досить велика кількість науковців вирішують ці проблеми машинобудування так як при великих швидкостях динамічні навантаження досягають катастрофічних величин, що в першу чергу потребує змінити пріоритети вимог до шпиндельних вузлів, механізмів затиску інструментів та заготовок, самого ріжучого інструменту з точки зору надійності, точності і безпеки роботи. Як приклад також не менш важливий витрачений час на переналадку затискного патрона на інший діаметр заготовки, де приблизно витрачається від 20 хв. на налаштування традиційного трьохкулачкового патрона.

Також сучасні токарні верстати повинні задовольняти наступним вимогам: висока точність обробки, та висока теплостійкість; висока швидкість переналадки; висока жорсткість, та висока точність позиціонування; широкий діапазон регулювання, та висока частота обертання.

При постійному покращенні структури верстатів в цілому, значно відстає інструментальне оснащення та механізми верстатів при цьому зберігаючи подовгу традиційне виконання. Тому виникає потреба покращення таких механізмів як затискні патрони, інструмент, механізми зворотного зв'язку і тд.

Відомі інструментальні затискні патрони, які в основному використовуються для високопродуктивної обробки плоских та фасонних поверхонь, отворів, пазів, рідко відповідають вимогам точності, малої енергоємності, швидкої переналадки та високої якості оброблювальної поверхні.

Дипломний проєкт відповідає одному з напрямків діяльності кафедри конструювання машин КПІ ім. Ігоря Сікорського.

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

РОЗДІЛ 1. Класифікація, напрямки розвитку і модернізації верстатів токарної групи з різними системами керування

1.1. Класифікація і еволюція розвитку верстатів токарної групи

Як ми всі знаємо, у давнину люди почали виготовляти знаряддя праці та засоби виробництва, дозволяючи їм отримувати побутові товари, знижувати витрати на робочу силу та вищу якість зброї. Ці інструменти дуже прості і ними можна керувати вручну [2].

Основні частини токарного верстата були винайдені в давнину. Модель єгипетського аркоподібного токарного верстата (рис. 1.1), який використовувався єгиптянами за декілька століть до нашої ери для обробки різних виробів із дерева та каменю, показує, що там вже є ліжка, бабки, тримачі для ножів і видно дугоподібна конструкція мотузки в цьому машинному (ручному) приводі, використовуються для переривчастого обертання заготовки та руху інструменту.

Під час роботи на такому верстаті руки робітника повинні брати участь у важкій роботі, яка стомлює і неефективно (50% роботи витрачається на зворотне обертання виробу, віддачу та подачу інструменту). Цей тип токарних верстатів існує протягом багатьох століть серед греків, персів, римлян, китайців, індіанців, інків та інших.

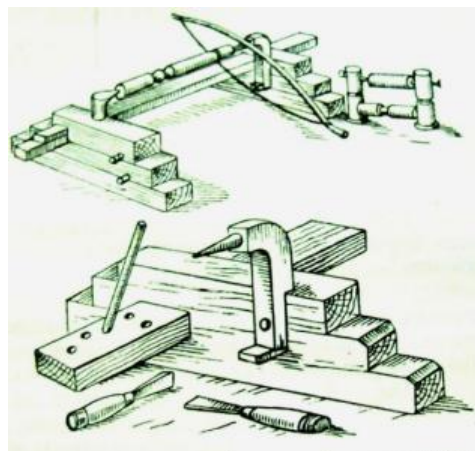


Рис.1.1. Примітивний токарний верстат

Наступним кроком у вдосконаленні конструкції токарного верстата є використання педального приводу педалі (рис.1.2). Токарні верстати з педальним приводом були поширені в XIV-XV століттях. Привід педалі складається з кришки - еластичного стрижня, закріпленого на машині. До кінця стрижня приєднується мотузка, вона обмотується навколо заготовки, а знизу - до педалі. Коли ви наступасте на педаль, мотузка натягується, змушуючи заготовку зробити поворот або два, поки стрижень згинається. Послаблення педалі тягло за собою випрямлення штоку, який тягнув мотузку, і заготовка оберталася в інший бік.

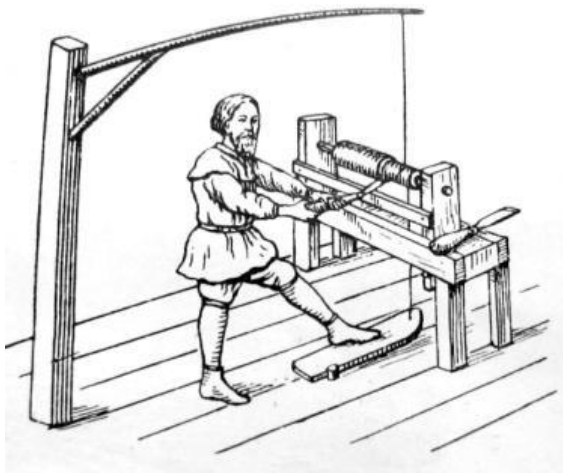


Рис.1.2. токарний верстат з педальним приводом

Взагалі кажучи, поява металорізальних верстатів пов'язана з розвитком капіталістичного масового виробництва та організацією першої партії промислових підприємств заводського типу. Широке використання машин-знарядь і парових машин вимагало більш високої точності обробки деталей. Тільки винаходження машин для виробництва верстатів, особливо металорізальних верстатів з механічними супортами, могло вирішити цю проблему.

На щастя, сучасні машини мало нагадують своїх предків. Вони стали більш різноманітними, не кажучи вже про зовсім іншу продуктивність. Якщо для роботи на токарному верстаті в перші дні потрібні були лише міцні м'язи, то сьогодні це вимагає розумової праці.

На сьогодні **класифікація** верстатів токарної групи розподіляється наступним чином [3]:

- Автомати;
- Напівавтомати;
- Револьверні;
- Свердлувально-відрізні;
- Карусельні;
- Лоботокарні;
- Багаторізцеві;
- Спеціалізовані.

Як відомо, прогрес не буде стояти на місці, і не виключено, що незабаром токарний верстат більше не потребуватиме роботи самого токаря, але той факт, що верстат нікуди не дінеться, все-таки існує, принаймні назва залишається незмінною.

1.2. Основні виробники токарних верстатів з різними системами керування в Україні

Україна почала виробляти токарні верстати ще в XVIII столітті, і перший завод був побудований у Луганську, але бурхливий розвиток верстатобудівних підприємств відбувся вже за радянських часів. На сьогодні в Україні велика кількість верстатобудівних заводів не отримують потрібного фінансування, тому більша частина підприємств просто закрились. Але все ж таки на даний час ще

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

працюють та намагаються відновити галузь верстатобудування наступні заводи [3]:

- «Беверс» — колишній Бердичівський завод «Комсомолец»
- ВАТ «Краматорський завод важкого верстатобудування»
- «СТАНКИН» послідовник ТОВ «Київський верстатобудівний завод»
- ВАТ «Верстатуніверсалмаш», колишній Житомирський завод верстатів-автоматів
- ПАТ «ВЕРКОН» — колишній Київський верстатобудівний концерн

1.3. Структура управління, напрямки діяльності, продукція і технологічне обладнання ТОВ «СТАНКИН»

Історія ТОВ «СТАНКИН» нерозривно пов'язана з історією ПАТ «Веркон» (завод верстатів-автоматів ім. М. Горького). Діяльність підприємства починалася з розробки та виробництва нових верстатів, модернізації та ремонту вживаного обладнання, приведення його у робочий стан. Кваліфіковані фахівці ТОВ «СТАНКИН» реалізують комплексний раціональний підхід вирішення практично будь-яких технічних завдань не тільки по Україні, країнах СНД, а й прикладають зусилля для прориву на європейські ринки [1].

Структура управління складається з наступних ланок:

1) Директор підприємства, виконує наступні функції – представляє підприємство перед іншими особами; укладає від імені підприємства угоди та може вчиняти інші юридичні дії; може письмово доручити виконання своїх обов'язків іншій особі;

2) начальник ділянки ремонтного цеху, відповідає за своєчасне та якісне виконання ремонтних робіт, має підлеглих робітників, які виконують ремонтні роботи;

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3) начальник ділянки механічного цеху, відповідає за якість та своєчасне виготовлення деталей та вузлів, має підлеглих робітників, які виконують цю роботу;

4) начальник комплектації і постачання (головний інженер), відповідає за замовлення та постачання ріжучих інструментів, матеріалів та за постачання верстатів, що потребують ремонту, від замовник, має підлеглих - начальник ділянки ремонтного цеху та начальник ділянки механічного цеху, контролює виконання ремонтних та механічних робіт;

5) робочі (токарі, фрезерувальники, оператор по верстатах з ЧПК і т.д.) – працюють за верстатами, виконуючи деталі на замовлення;

6) бухгалтер, має наступні зобов'язання - збирати та аналізувати фінансову інформацію для підготовки звітів; робити стандартні бухгалтерські проводки; аналізувати щоденні банківські операції та записи в журналі; підвищувати професійні та технічні знання та навички; готувати щомісячні звіти; підтримувати довіру клієнтів; досліджувати й виправляти помилки та невідповідності в фінансових записах, документах та звітах; надавати консультації, допомогу та попереджати про проблеми фірми.

На заводі ТОВ «СТАНКИН» є велика кількість різноманітних верстатів таких типів як: токарні, свердлильні, розточувальні, шліфувальні, фрезерні, стругальні і т.д. Деякі з цих верстатів та деякі технічні характеристики представлені нижче [1]:

- Універсальні токарні верстати: 16K20, 16K25, 1M63, 1M65.
- Токарні верстати з ЧПК: 16K20Ф3, 1K63Ф3, ПАБ-130.
- Токарно-карусельний верстат з ЧПК: 1516Ф3.
- Вертикально-свердлильні: 2A125, 2H135, 2A554.
- Розточувальний верстат: 2459.
- Розточувальні верстати з ЧПК: 2E450АФ1-1, 2A622Ф4.

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Шліфувальні верстати: 3М153АФ11, Jones & Shipman 1550, 3М193, ОШ 183, 3Л722, 3Д725, МС363 Ф10, SFRW 630.
- Фрезерні верстати: 6Р13, 6550, 6Р82, Х6436.
- Стругальні верстати: 7310Д, 7310Д, 7Л42А, 7Д430.
- Верстати для зубообробки: зубофрезерні - 5К32А, 53А50; зубодовбальний - 5К140; зубостругальний для конічних шестерень - 5С276П; зубонарізний для конічних коліс з круговим зубом моделі 525.
- Обробляючий центр з ЧПК моделі МАНО DMU 80 – фрезерний верстат з ЧПК, з системою керування Heidenhain TNC 430.

Основні галузі промисловості застосування послуг ТОВ «СТАНКИН» [1]:

1. Сільське господарство (Виготовлення запасних частин, ремонт редукторів, виготовлення шківів під ремені, виготовлення та ремонт сепараторів, валів відцентрових машин).

2. Добувна промисловість (Виготовлення конвеєрів, транспортерів, виготовлення запасних частин до гірських машин, виготовлення било, доліт, плит до каменедробарку, виготовлення фланців будь-якої складності).

3. Металургія (Ремонт клітей, виготовлення підшипників ковзання і підшипників рідинного тертя, виготовлення зносостійких напрямних, планок, накладок, виготовлення калібрує інструменту, кільцевих калібрів, оправок, виготовлення запасних частин будь-якої складності).

4. Машинобудування (Виготовлення шестерень, зубчастих коліс з прямим, косим і круговим зубом, ремонт і виготовлення ножів до гільйотинних ножиць вітчизняним та імпортом Ermaksan, Durma, Mazanek, Erfurt, Haco, Yangli, Bernardo, ремонт, виготовлення та відновлення пуансонів до листозгинів вітчизняним та імпортом Trumpf, Baykal, Ermaksan, Adira, Durma, Gasparini, ремонт, виготовлення та відновлення матриць до листозгинів вітчизняним та імпортом Trumpf, Baykal, Ermaksan, Adira, Durma, Gasparini, ремонт,

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

виготовлення та відновлення редукторів. розробка, виготовлення та відновлення спеціальних вузлів і агрегатів на вимогу Замовника, ремонт і модернізація всіх типів металорізальних верстатів, оснащення і пристроїв. Установка систем ЧПУ SIEMENS, NCT, West Labs).

5. Промисловість будматеріалів.

6. Деревообробна промисловість.



Рис. 1.3. Матеріальна база ТОВ «СТАНКИН»

1.4. Кінематика і конструктивні особливості верстату типу ПАБ виробництва ТОВ «СТАНКИН»

Токарний двошпиндельний вертикальний верстат це токарний верстат, у якого, шпинделя з закріпленими патронах деталями розташовані вертикально над нерухомо встановленим інструментом і переміщуються по основних осях, фактично, це два верстати в одній робочій зоні. Система управління верстата забезпечує незалежне обертання по осях C1, C2 і переміщення по осях X1, X2 і Z1, Z2 двох шпинделів, це дозволяє впроваджувати прогресивні режими різання і повністю використовувати потенціал ріжучого інструменту провідних світових

виробників (Sandvik, Kennametal) з одночасним дробленням стружки та вводити корекцію інструменту незалежно на обох шпинделях.

Особливості конструкції ПАБ 350. (рис.1.4.) Основа лита, має коробчату форму з поперечними і поздовжніми стінками, що формують функціональні відсіки. На верхній поверхні підстави монтується підставка, на якій жорстко закріплена траверса. В отворі підстави встановлюється транспортер стружки, в який потрапляє стружка з двох робочих зон. Порожнини є резервуаром для охолоджуючої рідини. Траверса - жорстка живлячи конструкція, На траверсі монтується поздовжні напрямні хрестових супортів зі шпиндельними бабками і блоки інструменту.



Рис. 1.4. Токарний верстат ПАБ 350

Супорт хрестовий складається з поздовжніх і поперечних санчат, що переміщуються на напрямних кочення. На супорті встановлюється шпиндельна бабка з приводом головного руху. Перший супорт має можливість виходу в зону вхідного лотка для взяття заготовки. В середині поперечного ходу супорта відбувається обробка деталей ріжучим інструментом, встановленим на інструментальному блоці. В кінці ходу супорт виходить в зону передачі обробленої деталі в передавальний пристрій.

Другий супорт має можливість виходу в зону передавального пристрою для взяття деталі після обробки на першому шпинделі. В середині поперечного ходу відбувається обробка деталей ріжучим інструментом, встановленим на інструментальному блоці. В кінці ходу супорт виходить в зону відвідного лотка для видалення обробленої деталі із зони обробки. Привід шпинделя здійснюється від частотно регульованого асинхронного електродвигуна через зубчасту передачу. Передня опора шпинделя являє собою триплекс радіально наполегливих шарикопідшипників, задня опора дуплекс таких же підшипників.

При складанні порожнини підшипників заповнюються мастилом в кількості, достатній для всього терміну служби підшипників. Шпиндельні підшипники не вимагають додаткового регулювання в процесі експлуатації. На станині встановлюються два інструментальних блоку по одному для кожного супорта, таким чином, щоб забезпечити процес обробки закріплених в затискних пристроях шпинделів деталей.

Передача напівфабрикату після обробки на першому шпиндель на другий шпиндель з одночасним переворотом (або без нього) здійснюється за допомогою спеціального пристрою, що передає. Прив'язка інструменту до бази верстата проводиться за допомогою датчика торкання. Для установки датчика на лівій і правій шпиндельної бабки жорстко закріплені підстави для його базування. В якості чутливого елемента використовується щуп ТТ 130 фірми "HEIDENHAIN", Оскільки щуп змінний, його можна використовувати для налаштування декількох верстатів.

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

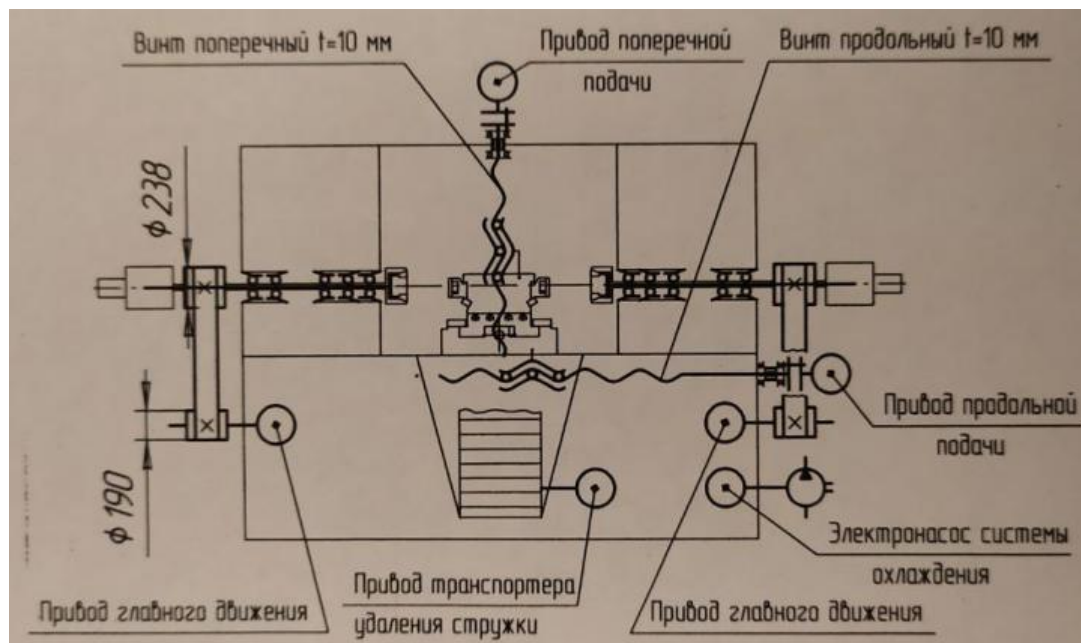


Рис. 1.5. Кінематична схема верстата ПАБ 130

1.5. Патентно-інформаційні дослідження по темі «ШПЗП»

Затискні патрони з дискретною і безперервно-дискретною схемою покриття набули широкого поширення в затисканні заготовок. Це в першу чергу завдяки використанню традиційної конструкції та силових схем затискних патронів (ЗП), що забезпечують стабільність характеристик при переході на інший розмір (діапазон розмірів) заготовки. Але зі зменшенням серійності кількість ЗЕ збільшується, виникає потреба в додаткових пристроях для автоматизації процесу переналагодження, що призводить до збільшення вартості ЗП або їх систем. [19,20,21]

Для установки деталей типу втулок, фланців, стаканів, коротких валиків найбільш широке застосування знаходять швидкопереналагоджувальні патрони. Патрони для верстатів токарної групи повинні забезпечувати:

- 1) скорочення часу, що витрачається на зміну (установку і зняття) заготовок, на переналагодження або заміну кулачків при перевстановленні

заготовок або зміні об'єкта обробки, на зміну патронів, а також на переналагодження верстата з патронних на центрові роботи;

2) співвісність осі заготовки відносно осі шпинделя верстата в процесі обробки, що пред'являє до патронів вимоги стабільної точності центрування заготовок, а також жорсткості вузлів патронів;

3) силу затиску, що гарантує в процесі обробки незмінне положення заготовки, досягнуте при базуванні, тобто перешкоджати повороту і зміщенню заготовки під дією моментів і сил різання;

4) зниження або навіть виключення впливу відцентрових сил на силу затиску заготовок кулачками;

5) достатній розмір центрального отвору для можливості обробки в одному н тому ж патроні як штучних, так і пруткових заготовок;

6) можливість установки в одному патроні заготовок різної конфігурації.

Впровадження дискретної та безперервно-дискретної схеми покриття заготовок одним або декількома наборами ЗЕ вимагає вирішення проблем, пов'язаних з пошуком та вибором принципів переналаштування.

Доцільно шукати принципи переналадки за допомогою евристичних методів розщеплення (диференціації) ЗЕ та концентрації (інтеграції) декількох діапазонів затиску в одному ЗЕ [20,21].

Використання евристичного методу розщеплення ЗЕ на два або більше елементів (рис. 1.6) дозволяє одному з них, який умовно слугує об'єктом маніпуляції (ОМ), маніпулювати іншим, який виконує функцію основного елемента (ОЕ) і є частиною ЗП. ОМ безпосередньо контактує із заготовкою і базується на ОЕ.

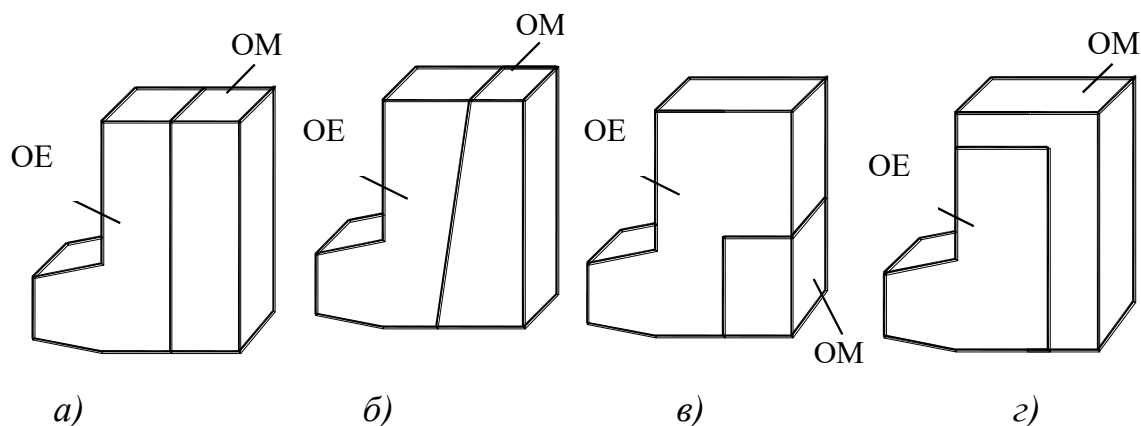


Рис.1.6. Деякі варіанти розщеплення ЗЕ

Приклад виконання ШПЗП таким методом представлений нижче:

Скорочення часу, що витрачається на розточування незагартованих кулачків після їх установки в патроні на верстатах з ЧПУ, може бути досягнуто за рахунок розточування кулачків автоматично за заданою програмою.

Для виключення розточування незагартованих кулачків застосовують незагартовані накладні кулачки, точно фіксуються в основних кулачках в пазах типу «ластівчин хвіст», що забезпечує швидку їх заміну. Кулачки розточуються на необхідний діаметр в спеціальному пристосуванні поза верстата. При цьому необхідно мати значну кількість комплектів незагартована кулачків для різних діаметрів. На рис. 1.7, а показаний патрон фірми Forkardt мод. KLNC з установкою комплекту незагартованих кулачків 1 (рис. 1.7,б), заздалегідь маркування на необхідний діаметр. Змінні кулачки фіксуються отворами по штирям 2 основних кулачків 3 і закріплюються планками 4 за допомогою двох винтів 5. Стабільність позиціонування кулачків 0.02 мм. Проте такі кулачки застосовують лише для одного діаметра [5].

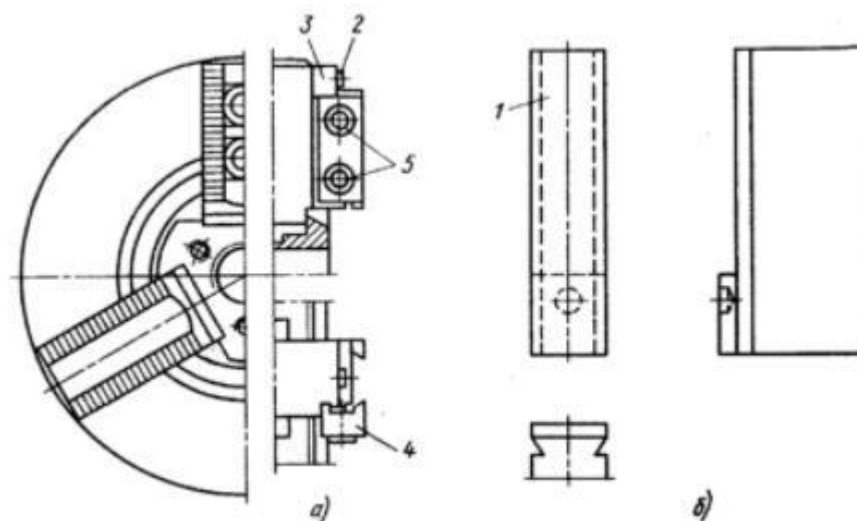


Рис. 1.7. Патрон фірми Forkardt

Протилежним принципом диференціації є принцип концентрації, який заснований на евристичному методі поєднання діапазонів затиску в одній або декількох ЗЕ. На рис. 1.8. представлені приклади деяких виконань.

ЗЕ, отримані методом інтеграції діапазонів затиску, називаються багатопрофільними і можуть бути безпосередньо підключені до ПЗЛ (передаточно-зусильні ланки), бути їх частиною або базуватися на ОЕ.

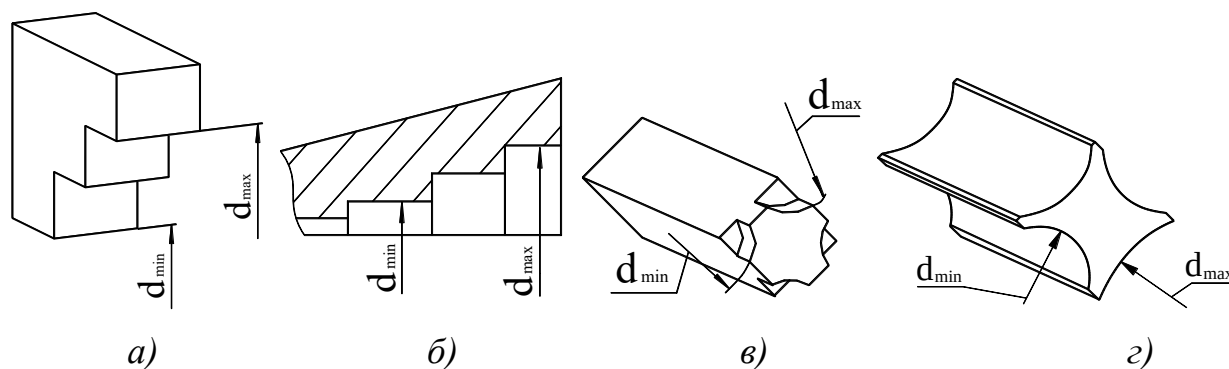


Рис.1.8. Варіанти інтеграції декількох діапазонів затиску в одному ЗЕ

Приклад виконання принципу концентрації є ШПЗП плунжерного типу з одночасним позиціонуванням багатопрофільних ЗЕ автоматично або вручну (рис.1.9) (а.с. СССР №1683884).

ШПЗП містить корпус 1 з отворами під кутом, в якому розміщені змінні затискні губки 2 з валами 3 з можливістю осьового переміщення, привід для повороту валів, з'єднаних зі штоком 4. У корпусі 1 встановлена самогальмовальна шестерня з яких вихідною ланкою є черв'ячна передача, а вхідною ланкою - черв'як 6 встановлений з можливістю обертання в корпусі 1 і підключений до системи управління зі зміною кутового положення (обертання) затискних кулачків 2, які призначені для фіксації заготовок 7. Конічні шестерні 8 встановлені на валах 3 і взаємодіють з центральною конічною шестернею 9, встановленою на штоках 4 приводів для токарних валів.

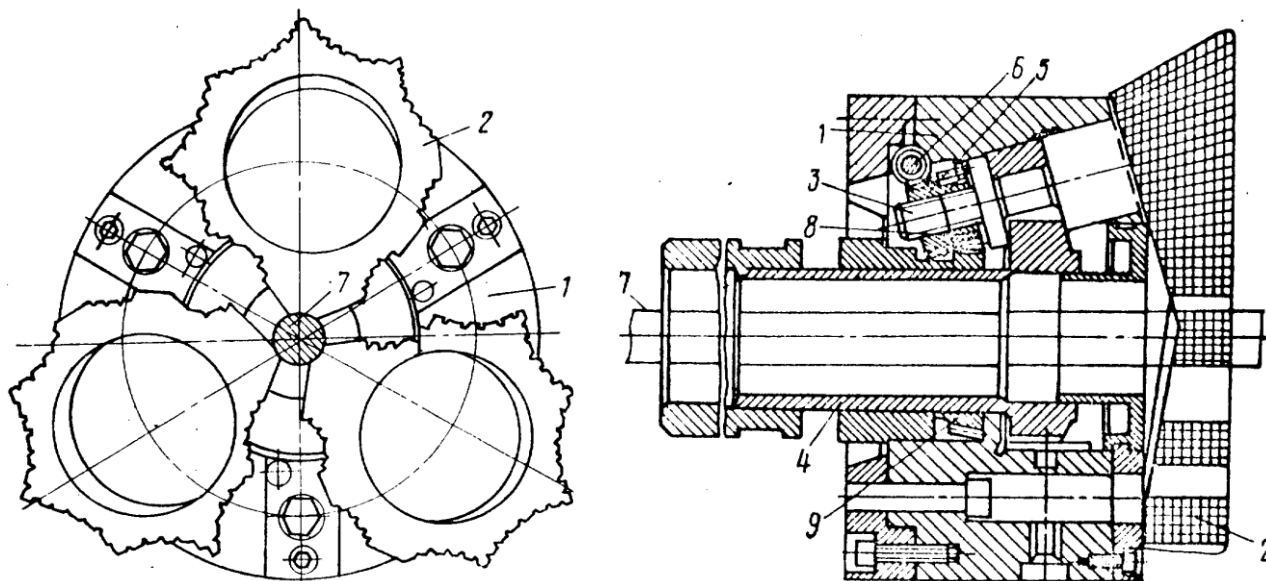


Рис. 1.9. ШПЗП плунжерного типу з одночасним позиціонуванням багатопрофільних ЗЕ

Переналаштування ЗП може виконуватися кількома способами (рис. 1.10), які залежать від принципів наладки, ступеня автоматизації процесу налаштування, типів ЗЕ, послідовності маніпуляцій ЗЕ та типів рухів, що виконуються під час наладки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

Лист

21

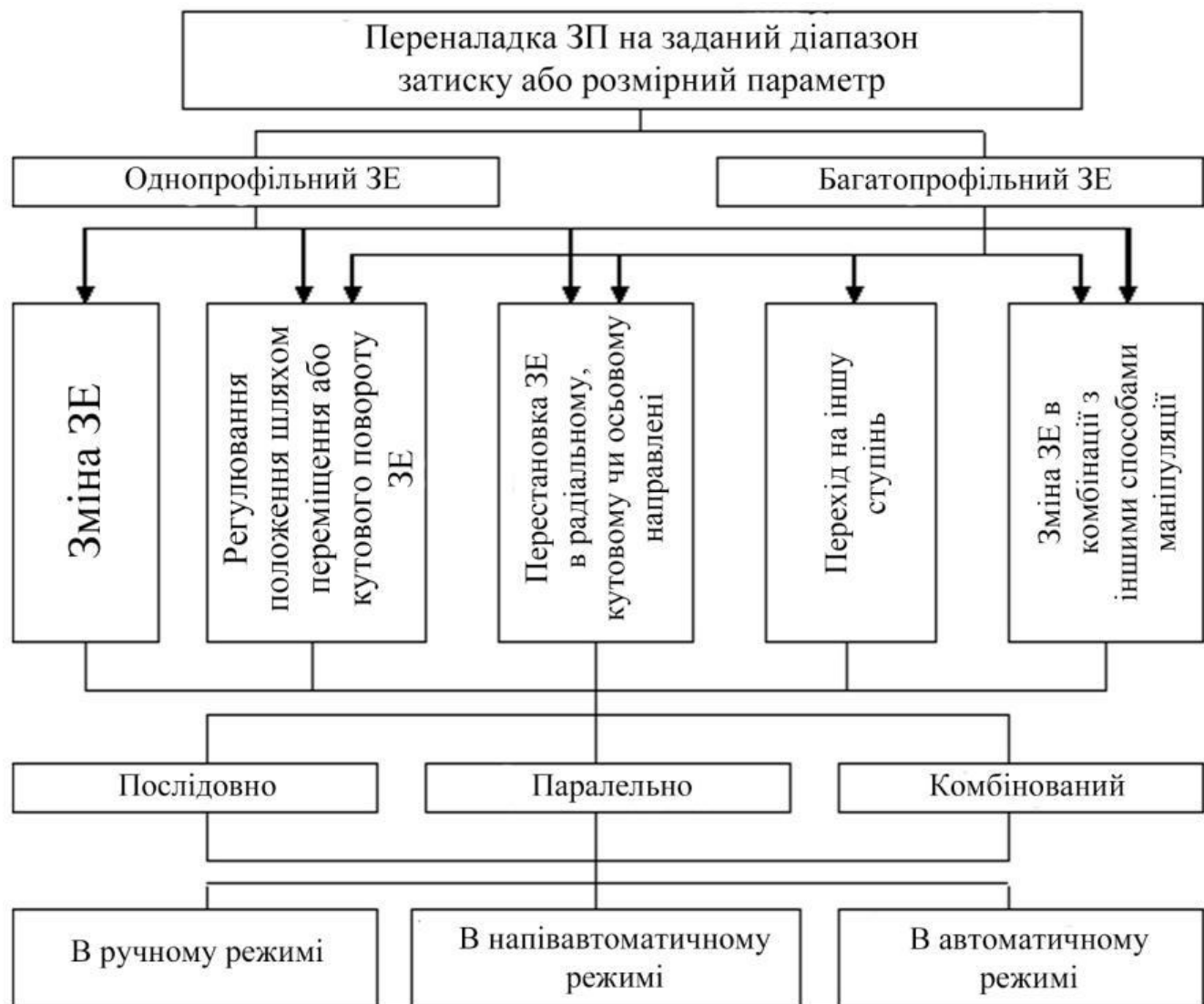


Рис. 1.10. Способи переналадки ЗП

Висновок: провівши патентне дослідження було прийняте рішення, що для модернізації та для подальших розрахунків доцільно зконструювати швидкопереналогоджувальний затискний патрон типу плунжерного типу з одночасними позиціонуванням багаторофільних затискних елементів (Додаток Б).

1.6. Мета і задачі ДП

Метою данного дипломного проекту є розширення технологічних можливостей токарного верстата з ЧПК за рахунок використання клино-плунжерного швидкопереналагоджувального затискного патрона (ШПЗП) та удосконалення гідроприводу затиску.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі:

1. Проведено патентно-інформаційне дослідження по ШПЗП.
2. Виконаний морфологічний аналіз затискних патронів з різними передатно-підсилюючими ланками і способами переналагоджування на заданий діапазон діаметрів заготовок.
3. Проведений морфологічний синтез з вилученням непрацездатних варіантів і обраний найбільш раціональний з клино-плунжерною передатно-підсилюючою ланкою і багатопрофільними поворотними кулачками.
4. Розроблена конструкція ШПЗП і робочі креслення оригінальних деталей.
5. Виконаний розрахунок режимів та сил різання типової деталі затиснутої в ШПЗП.
6. Виконаний розрахунок шпиндельного вузла на жорсткість із врахуванням піддатливості опор і затискного патрону.
7. Виконане комп'ютерне моделювання пружно-деформованого стану, яке представлено у вигляді графіків.
8. Оформлена спільна заявка на корисну модель «Торцева фреза».

РОЗДІЛ 2. Технологічний

2.1. Номенклатура деталей, що обробляється на верстатах токарної групи

Верстати токарної групи призначені для обробки як зовнішніх так і внутрішніх циліндричних, конічних або фасоних поверхонь, можливість обробки плоских поверхонь, тобто торцевих поверхонь, також на токарних верстатах виконується нарізування різьби і деяких інших робіт. Інструмент при цьому використовується різноманітний, який залежить від потрібних вам результатів, як приклад: всі типи різців, сверлда, мітчики, розвертки, зенкери, плашки та ін.

Тобто, на верстатах токарної групи оброблюється досить велика частина різноманітних деталей, які застосовуються як в повсякденному житті так і на виробництві.

2.2 Визначення режимів різання типової деталі, затиснутої в ШПЗП

Найпоширеніший метод обробки тіл обертання – точіння. Застосовується для видалення поверхнових шарів заготовки: зовнішніх, торцевих та поверхневих. В подальших розрахунках ми будемо враховувати лише чорнове точіння, так як сила різання при чорновому точінні найбільша [11].

На токарному верстаті 16K20Ф30 С1 проводимо чорнове обточування на один прохід вала $D = 100$ мм до $d = 94$ мм. Довжина оброблювальної поверхні $L = 40$ мм, довжина валу $l = 70$ мм, виліт при цьому 50 мм. Заготовка – сталь 40Х з межею міцності $\sigma_b = 700$ МПа. Кріплення заготовки в ШПЗП. Шорсткість поверхні $Ra = 12,5$ мкм.

Для обточування вала на прохід беремо прохідний різець прямий правий із пластиною із твердого сплаву Т5К10 (табл. 5, С. 186 [8], табл. 16, С. 164 [8]). Параметри різця при цьому наступні: $\gamma = 15^\circ$, $\alpha = 12^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\phi = 60^\circ$, $\phi_1 = 15^\circ$, $r = 1$ мм, $f = 1$ мм.

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Глибина різання при чорновій обробці:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{100 - 94}{2} = 3, \text{ мм.} \quad (2.1)$$

Призначаємо подачу для чорнового оброблення при $D = 100$, та різцем з перерізом 16x25 при глибині різання до 3 мм (табл. 11, С. 364 [8]):

$$S = 0,6 \dots 1,2 \text{ мм/об.}$$

Вибираємо $S = 1 \text{ мм/об.}$

Поправочний коефіцієнт для обробки різцем з твердосплавною пластиною

$$K_v = K_{mv} \cdot K_g \cdot K_{pv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi 1v} = 1.179 \cdot 1.1 \cdot 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.9 \cdot 0.97 = 0.589 \quad (2.2)$$

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{700} \right)^{n_v} \cdot 1.1 = 1.179 \quad (2.3)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблювального матеріалу на швидкість різання;

$K_g = 1.1$ - коефіцієнт, який характеризує групу сталі за оброблюваністю

$n_v = 1$ – показник степеня;

$K_{pv} = 0.8$ – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки;

$K_{uv} = 0.65$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу;

$K_{\varphi v} = 0.9$, $K_{\varphi 1v} = 0.97$ – коефіцієнти, що враховують вплив параметрів різця на швидкість різання.

Тоді швидкість різання, м/хв:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot S^y \cdot t^x} \cdot K_v = \frac{280}{60^{0.2} \cdot 1^{0.45} \cdot 3^{0.15}} \cdot 0.589 = 61.621 \quad (2.4)$$

Частота обертання, що відповідає швидкості різання, об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{3.14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 61.621}{3.14 \cdot 100} = 196.244 \quad (2.5)$$

Корегуємо частоту обертання шпинделя згідно з паспортними даними верстата та вибираємо найближчу частоту обертання, $n = 200 \text{ об/хв.}$

Тоді шв. різання, м/хв

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$V = \frac{3.14 \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 100 \cdot 200}{1000} = 62.8 \quad (2.6)$$

Після того як розраховали параметри режиму різання, потрібно виконати силовий розрахунок (рис. 2.1) для подальшого аналізу шпиндельного вузла.

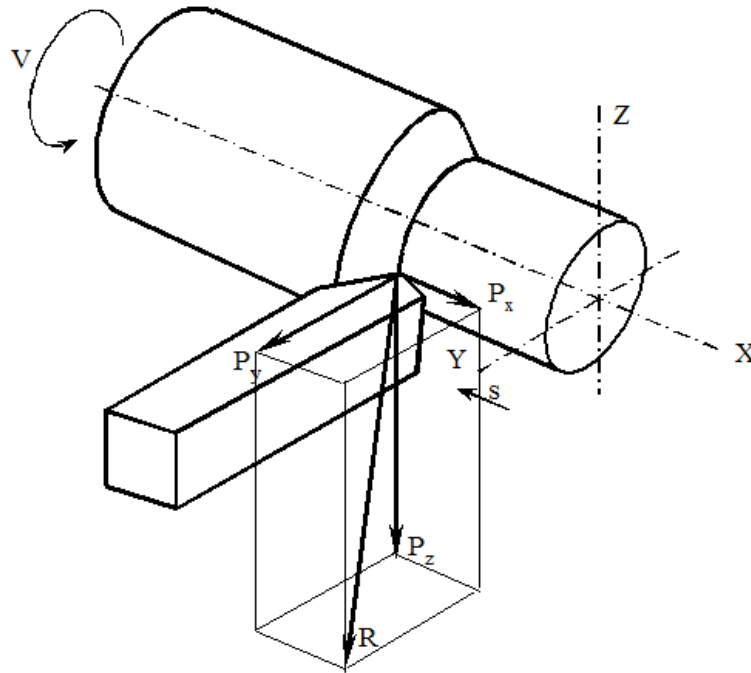


Рис. 2.1. Складові сили різання

Розрахуємо складові сили різання P_{z1} , P_{y1} , P_{x1} , H :

$$P_{z1} = 10 \cdot C_{pz} \cdot t_1^{x_z} \cdot S_1^{y_z} \cdot V_1^{n_z} \cdot 0.85 = 10 \cdot 300 \cdot 3 \cdot 1^{0.75} \cdot 62.832^{-0.15} \cdot 0.85 = 4110.877 \quad (2.7)$$

$$P_{y1} = 10 \cdot C_{py} \cdot t_1^{x_y} \cdot S_1^{y_y} \cdot V_1^{n_y} \cdot 0.84 = 10 \cdot 243 \cdot 3 \cdot 1^{0.9} \cdot 1^{0.6} \cdot 62.832^{-0.3} \cdot 0.84 = 1584.312 \quad (2.8)$$

$$P_{x1} = 10 \cdot C_{px} \cdot (t_1)^{x_x} \cdot S_1^{y_x} \cdot V_1^{n_x} \cdot 0.59 = 10 \cdot 339 \cdot 3 \cdot 1^{0.5} \cdot 62.832^{-0.4} \cdot 0.59 = 1145.252 \quad (2.9)$$

Де сталі, що враховують умови обробки [8]:

$C_{pz} = 300$	$C_{py} = 243$	$C_{px} = 339$
$x_z = 1$	$x_y = 0.9$	$x_x = 1$
$y_z = 0.75$	$y_y = 0.6$	$y_x = 0.5$
$n_z = -0.15$	$n_y = -0.3$	$n_x = -0.4$

P_{z1} – головна складова сили різання;

P_{y1} – радіальна складова сили різання;

P_{x1} – осьова складова сили різання;

Тоді потужність різання, кВт:

$$N_{p1} = \frac{P_{z1} \cdot V_1}{60 \cdot 1020} = \frac{4110.877 \cdot 62.832}{60 \cdot 1020} = 4.22 \quad (2.10)$$

Розрахуємо крутний момент сили різання, Н · м:

$$M_{kr} = \frac{P_{z1} \cdot D \cdot 10^{-3}}{2} = \frac{4110.877 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{2} = 205.544 \quad (2.11)$$

Тоді згинальні моменти радіальної та осьової складових сил різання, Н · м:

$$M_y = \frac{P_y \cdot D \cdot 10^{-3}}{2} = \frac{1584.312 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{2} = 79.216 \quad (2.12)$$

Сумарна сила різання при чорновій обробці, Н:

$$M_x = \frac{P_x \cdot D \cdot 10^{-3}}{2} = \frac{1145.252 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{2} = 57.263 \quad (2.13)$$

$$P_1 = \sqrt{P_{z1}^2 + P_{y1}^2 + P_{x1}^2} = 4552.027 \quad (2.14)$$

Зведена сила різання на площині ZY, Н:

$$P_{zy} = \sqrt{P_{z1}^2 + P_{y1}^2} = 4405.605 \quad (2.15)$$

2.3. Технологічний процес обробки складальної одиниці ШПЗП

При виготовленні косозубої шестерні (рис.2.2, Додаток М) потрібно звернути увагу на наступні поверхні:

- 1) Шліц D-6x16x20g8x4f8, що має високу вимогу до шорсткості поверхні $Ra=1,25$ мкм.
- 2) Зовнішня поверхня $\varnothing 36$, що має високу вимогу до радіального биття 0,02 МКМ.

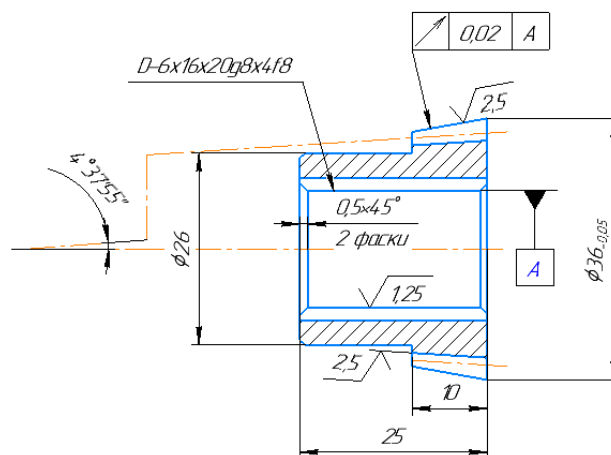


Рис.2.2. Робоче креслення шестерні

Заготовку шестерні виготовляють зі сталі марки Сталь 40Х, ГОСТ 5950-73, де хімічний склад та фізико-механічні властивості наведені в табл 2.1.

Таблиця 2.1 Хімічний склад та фізико-механічні властивості Сталь 40Х

C,%	Ni,%	Cr,%	Mo,%	Mn,%	S,%	P,%
					Не більше	
0,40	0,50...0,80	0,17...0,37	0,8...1,1	0,36...0,44	0,035	0,035
- границя міцності при розтягуванні (σ_B) – 1000 МПа; - границя міцності при стисканні (σ_T) – 800 МПа; - границя міцності при крученні (τ_T) – 220 МПа; - твердість за Брінеллем (HB) – 217МПа.						

Враховуючи матеріал деталі та обсяг випуску деталей приймаємо спосіб виготовлення заготовки (рис.2.3) методом лиття.

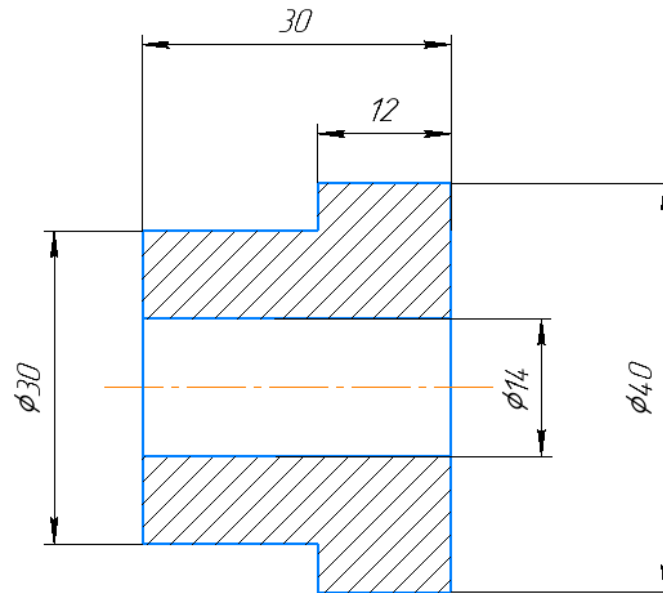


Рис.2.3. Заготовка шестерні

На сьогодні досить актуально використовувати у виробництві чорнові заготовки з економічними конструкторськими формами, що забезпечують можливість використання найпродуктивніших методів обробки. На вибір метода обробки впливає не один параметр, наприклад матеріал, її призначення, технологічні вимоги тощо.

Наступним кроком буде проектування технологічних маршрутів оброблення поверхонь. Конструкцію деталі можна розділити на деяку сукупність типових геом. фігур, до яких, згідно робочих креслень, висунуто певно технічні вимоги. Маршрути оброблення поверхонь, економ. точність та шорсткість робочих поверхонь, яка буде при цьому забезпечена наведено в табл.2.2.

Таблиця 2.2. Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі „Шестерня”

№	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Технологічний маршрут оброблення ЕП (можливі варіанти)	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості R_a , мкм		Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості R_a , мкм
1	2	3	4	5	6
Циліндр ична поверх- ня Ø26. 0.05; R_a 2.5	8	2,5	Точіння попереднє Точіння завершальне Зубофрезерування Зубошліфування Термічна обробка (цементация)	12 10 9 8	10 6,3 6,3 2,5
Циліндр ична поверх- ня Ø26 h14; R_a 5	14	5	Точіння попереднє Термічна обробка (загартування + відпуск)	14	5
Отвір Ø20 g8; R_a 1,5	8	1,5	Свердління на прохід Розгортання одноразове Протягування	11 9 8	3,2 1.5 1.5

Наступний етап включає в собі приклад представлення проектування технологічного процесу однієї із поверхонь. Заготовки обробляють відповідно до розмірів, що визначають координатне положення поверхонь, які проставлені на робочому кресленику, використовуючи все поле допуску для розміру, нормованого конструктором. В даній ситуації для проектування було взято поверхню Ø26 h14. Обробка поверхні виконується лише одною операцією, точіння попереднє. Де рекомендовані режими різання за один прохід [6] наступні: $V = 327 \text{ м/хв}$, $S = 0.25 \text{ мм/об}$, $t = 2 \text{ мм}$.

020. Токарна з ЧПК

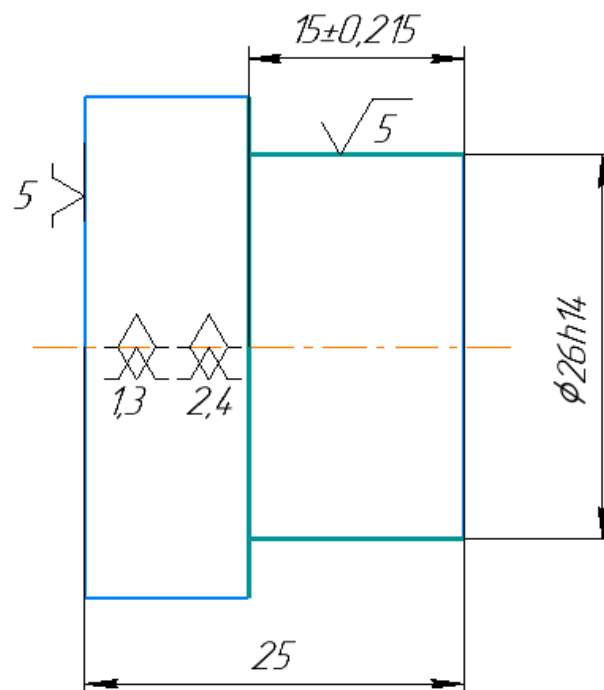


Рис.2.4. Операційний ескіз

1. Точити попередньо витримуючи розмір 15 ± 0.215 , Ra5.

Таблиця 1.3 Обладнання та технологічне оснащення

№	Верстат	Пристрій	Різальний та вимірювальний інструмент
005	 Багатоцільовий токарний верстат з ЧПК HAAS DS-30Y	Токарний патрон 6-12"	Інструмент CP-25BR-2020-11 Пластина CP-B1108-M5W 4425 Штангенциркуль ШЦ-2-500-0,05 ГОСТ 166-89.

2.4. Розрахунок сил свердління отворів на шпинделі

На вертикально-свердлувальному верстаті 2Н135 обробити наскрізний отвір на шпинделі діаметром $D=17.4$ для різьбового отвору $M20 \times 2$, шорсткістю $Ra = 3.2$, $L = 25$ мм. Матеріал заготовки сталь 40Х, твердість НВ 345. Попередньо був просвердлений отвір $d=5$ для направлення ходу більшого свердла.

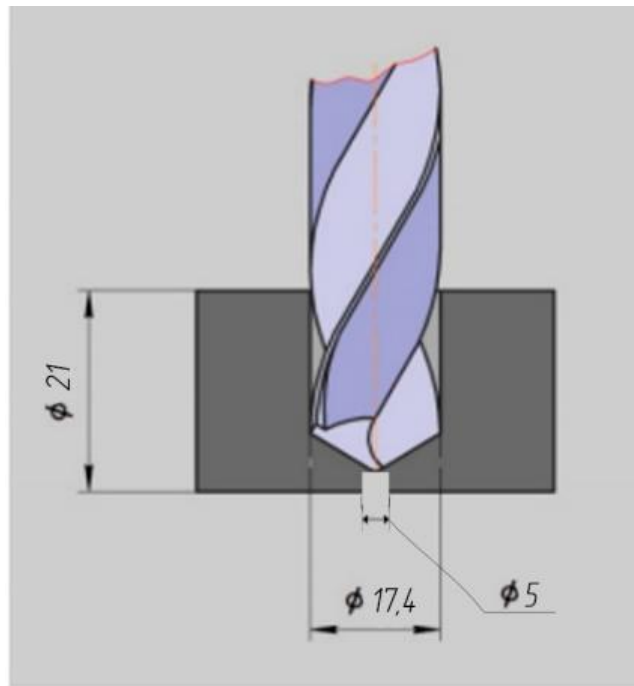


Рис. 2.5 Екскіз свердління

Для свердління сталі 40Х вибираємо свердло $D = 17.4$ мм із сталі Р6М5, $2\phi=118^\circ$.

Визначаємо глибину свердління, мм:

$$t = \frac{D - 5}{2} = 6.2$$

Згідно рекомендаціями (табл. 35, С. 381 [8]) вибираємо робочу подачу, де $S = 0.1$ мм/об. Тоді швидкість різання, що допускається матеріалом інструменту, м/хв:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_\epsilon = \frac{7 \cdot 17.4^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 0.15^{0.7}} \cdot 0.438 = 19.071$$

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Де згідно з (табл. 38, С. 383 []):

$$C_v = 7 \quad \underline{m} = 0.2$$

$$q = 0.4 \quad y = 0.7$$

Також згідно з (табл. 40, С. 384 [8]) - $T = 25$ хв.

Тоді поправочний коефіцієнт для обробки свердлом із швидкорізальної сталі:

$$K_\varepsilon = K_{m\varepsilon} \cdot 1 \cdot K_{l\varepsilon} = 0.438$$

Де коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{m\varepsilon} = \left(\frac{190}{345} \right)^{0.9} = 0.585$$

Також де коефіцієнт, який враховує глибину свердління:

$$K_{l\varepsilon} = 0.75$$

Тоді знайдемо частоту обертання інструменту, що відповідає знайдений швидкості, об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{3.14 \cdot D} = \frac{1000 \cdot 19.071}{3.14 \cdot 17.4} = 349.051$$

Згідно рекомендаціям, вибираємо найближчу меншу частоту обертання, яка відповідає верстату, об/хв:

$$\underline{n} = 315$$

Тоді дійсна швидкість різання, м/хв:

$$\underline{V} = \frac{3.14 \cdot D \cdot n}{1000} = 17.21$$

При свердлінні враховується лише осьова сила R_x , тому наступним нашим кроком буде визначення сталих для осьової сили, та показники степеня (табл. 42, С. 385 [8]):

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_p = 68 \quad y = 0.7$$

$$q = 1$$

$$x = 0$$

$$n = 0.75$$

Коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки:

$$K_p = \left(\frac{750}{615} \right)^{0.75} = 1.16$$

Тоді сила різання P_x , Н:

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 17.4 \cdot 6.2^0 \cdot 0.15^{0.7} \cdot 1.16 = 3638.829$$

Тоді крутний момент від осьової сили, Н · м:

$$M_x = \frac{P_x \cdot D \cdot 10^{-3}}{2} = 31.658$$

Провівши розрахунки ми визначили режим різання: $S = 0.1$ мм/об, $n = 315$ об/хв, а також були визначені сила різання та її крутний момент: $P_x = 3638.829$ Н, $M_x = 31.658$ Н · м.

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

РОЗДІЛ 3. Конструкторський

3.1. Кінематика і конструктивні особливості верстата мод. 16K20Ф3 С1

Токарно-гвинторізний верстат 16K20 замінив в 1972 році легендарний, але застарілий верстат 1K62. Верстат 1K62 програє за всіма якісними показниками такі як продуктивність, довговічність, точність, надійність і тд. Верстату моделі 16K20. У 1988 році верстат 16K20 був замінений на більш сучасний МК6056, МК6057, МК6758.

Особливість конструкції токарно-гвинторізного верстата 16K20 полягає у тому, що для установки шпинделя передбачені спеціальні прецизійні підшипники кочення, які забезпечують необхідну жорсткість і високу точність обробки заготовок та не потребують регулювання в процесі експлуатації. Токарний верстат 16K20 відноситься до класу точності Н за ГОСТ 8-82. Навіть в режимі ударних навантажень задана точність обробки буде забезпечена.

Механізм коробки швидкостей дозволяє отримати 4 ряди чисел оборотів шпинделя за допомоги правої рукоятки на ШБ верстата: 1:32, 1: 8, 1: 2, 1,25: 1. Кожен діапазоні лівої рукоятки дає змогу вибрати одну з шести швидкостей: таким чином, шпиндель отримує $4 \cdot 6 = 24$ швидкості, дві з яких 500 і 630 об / хв дублюються. [4]

За допомоги спеціальної фрикційної муфти, під час роботи, включення та відключення, а також гальмування і реверс шпинделя здійснюється без зупинки електродвигуна.

Привід головного руху верстата 16K20 містить одношвидкісний асинхронний електродвигун трифазного струму та ступінчасту автоматичну коробку швидкостей. Головний рух передається від електродвигуна M_1 з $n_{дв} = 2900$ об / хв (рис. 3.1) через клинопасову передачу з наступними діаметрами шківів $\varnothing 126$ і $\varnothing 182$ мм.

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Автоматична коробка передач 5 з електромагнітною муфтою забезпечує автоматичне перемикання швидкості обертання. Коробка з'єднана з двигуном і шпіндельною бабкою клинопасовою передачею.

Обертання в передній бабці від вала IV передається до вала V через зубчаті колеса, далі обертання має змогу передаватись напряму на шпіндель VI або далі на зубчаті колеса. При включенні зубчатої пари частота обертання шпинделя становить $35 \dots 560 \text{ хв}^{-1}$, а при включенні зубчатих коліс швидкість шпинделя становить $100 \dots 1600 \text{ хв}^{-1}$. Отже, шпіндель може приймати 18 швидкостей ($9 + 9$), але оскільки 6 з них дублюються, він має 12 робочих швидкостей, а саме $35 \dots 1600 \text{ хв}^{-1}$

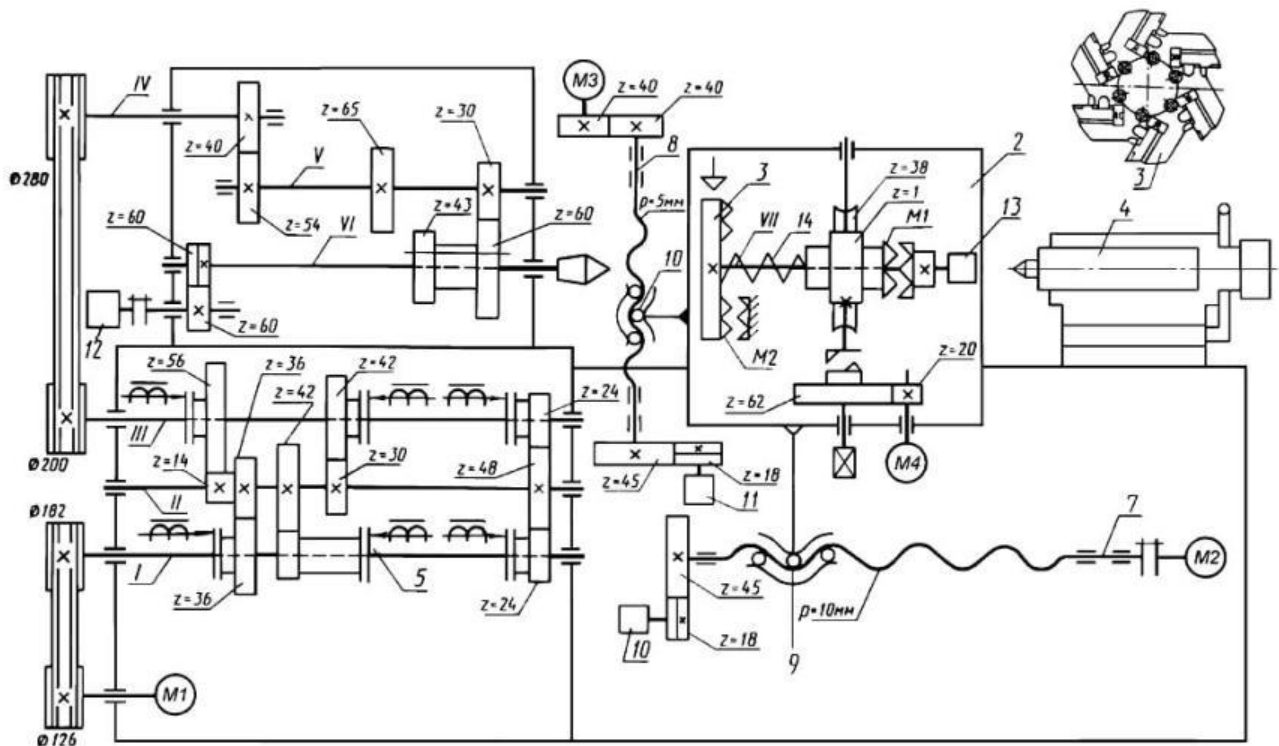


Рис. 3.1. Кінематична схема 16K20Ф30 С1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

Лист
36

3.2. Конструктивні особливості ШВ до модернізації

Особливість конструкції токарно-гвинторізного верстата 16K20Ф30 (Додаток А) полягає у тому, що для установки шпинделя передбачені спеціальні прецизійні підшипники кочення, які забезпечують необхідну жорсткість і високу точність обробки заготовок та не потребують регулювання в процесі експлуатації. Токарний верстат 16K20 відноситься до класу точності Н за ГОСТ 8-82. Навіть в режимі ударних навантажень задана точність обробки буде забезпечена [4].

Технічні характеристики верстата:

- 1) Межі частот обертання шпинделя: 12,5 - 2 000 об/хв;
- 2) Діаметр наскрізного отвору в шпинделі: 52 мм;
- 3) Кінець шпинделя по ГОСТ 12593-72: 6К;
- 4) Найбільший крутний момент: 2 кНм;
- 5) Максимальний діаметр оброблювальної деталі 200 мм;
- 6) Максимальний діаметр оброблювального прутка 50 мм.

3.3. Гідроприводи затиску для токарних верстатів

Досить широко знаходять застосування гідроприводи затиску в токарних верстатах на напівавтоматах для здійснення різного роду операцій, таких як допоміжних або робочих. В нашому випадку операція виконується допоміжна, тобто здійснюється додатковий затиск заготовки. Гідропривод надає можливість безступінчато регулювати швидкість руху виконавчих органів, без ударів, плавно регулювати напрямлення ругу або виконувати зупинку в конкретний момент [7].

За рахунок використання гідроприводу затиску (Додаток В), конструкція якого дозволяє забезпечити високу стабільність положення (до 0.1 мм) торця. Механізм затиску призначений як для затиску пруткового матеріалу так і для штучних заготовок, також гідропривод верстата забезпечує досить швидко переналадку на обробку різних деталей, що дозволяє використовувати його разом із ШПЗП. Максимальна швидкість обертів шпинделя 2000 об/хв.

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.4. Морфологічний синтез клиноплунжерних ШПЗП

Морфологічний аналіз базується на класифікації та має на меті послідовний пошук усіх можливих рішень, які відповідають закону структури (морфології) об'єкта, що вдосконалюється. Тому, за винятком відомих, незвичні варіанти випадково можна проігнорувати під час простого пошуку, оскільки вони далекі від вмісту в полі зору [16,17].

Морфологічний синтез передбачає вибір найкращого рішення з морфологічного набору з точки зору неповної вихідної інформації відповідно до заданого стандарту якості. У цьому звіті першим кроком у морфологічному аналізі та синтезі клинового плуга ШПЗП є побудова морфологічної моделі у вигляді таблиці з основними ознаками по горизонталі та кожною ознакою по вертикалі (табл.1).

Для збереження конфіденційності та подальшого усунення непрацездатних або непридатних для варіантів проблем проблем ми використовуємо різну кількість рішень для побудови повної та усіченої морфологічної матриці.

В табл. 3.1. *ПЕ: Осьова сила (F_{a1}); Крутний момент навколо осі (M_{a1}); Переформування при постійному об'ємі (ПППО); одношпиндельний токарний автомат (ОТА); багатшпиндельний токарний автомат (БТА).

Таблиця 3.1. Морфологічна таблиця

Привод затиску		Затискний патрон						Об'єкт затиску		10.Призначення для верстата
1. Перетв. енергії	2.Вхід не навантаж	Передатно-підсилююча ланка		5. Вихід на сила	Затискний елемент		8.Вид	9.Кількість		
		3.Вид	4.Кути		6. Форма	7.Спосіб переналаг.				
1.1. Електр. механізм	2.1. $*F_{a1}$	3.1. Плунжер	4.1. $\beta > 0$	5.1.Радіальна F_{r2}	6.1. Призматичний одноступ.	7.1. Автоматична зміна	8.1.Штучна заготовка	9.1. Один	10.1. *ОТА	
1.2. Гідро механізм	2.2. $*M_{a1}$	3.2.Клин	4.2. $\beta = 0$	5.2.Осьова F_{a2}	6.2. Призматичний багатоступ	7.2. Зміна положення поступ. рухом	8.2. Пруток (труба)	9.2. Два	10.2. *БТА	
1.3.Пневмо мехін.	2.3. $F_{a1} + M_{a1}$	3.3. Комбінація послідовна	4.3. $\beta < 0$	5.3. $F_{r2} + F_{a2}$	6.3. Призм. з нахиленим отв.	7.3. Зміна положення поворотом	8.3. Комбінація		10.3. Токарний верстат	
1.4.Комбінація		3.4. Комбінація паралельна	4.4. $\alpha > 0$		6.4.Фасон. з горизонт віссю	7.4. Зміна об'єму				
			4.5. $\alpha = 0$		6.5.Фасон. з нахилен. віссю	7.5. *ПППО				
			4.6. $\alpha < 0$							
			Комбінація α, β							

Морфологічна модель-матриця клино-плужерних ШПЗП.

Повна

$$M_{\text{ШПЗП}} = \begin{vmatrix} 1.1 & 2.1 \\ 1.2 & 2.2 \\ 1.3 & 2.3 \\ 1.4 & \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 3.1 & 4.1 & 5.1 & 6.1 & 7.1 \\ 3.2 & 4.2 & 5.2 & 6.2 & 7.2 \\ 3.3 & 4.3 & 5.3 & 6.3 & 7.3 \\ 3.4 & 4.4 & & 6.4 & 7.4 \\ & 4.5 & & 6.5 & 7.5 \\ & 4.6 & & & \\ & 4.7 & & & \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 8.1 & 9.1 \\ 8.2 & 9.2 \\ 8.3 & \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 10.1 \\ 10.2 \\ 10.3 \end{vmatrix}$$

Кількість варіантів $N_{\text{ШПЗП}} = 4 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 3 = 453\,500$

Усічена

$$M'_{\text{ШПЗП}} = \begin{vmatrix} 1.1 & 2.1 \\ 1.2 & - \\ - & - \\ - & \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 3.1 & - & 5.1 & - & - \\ - & - & - & - & - \\ 3.3 & - & - & - & 7.3 \\ 3.4 & 4.4 & & 6.4 & - \\ & 4.5 & & 6.5 & - \\ & 4.6 & & & \\ & 4.7 & & & \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} 8.1 & 9.1 \\ 8.2 & 9.2 \\ 8.3 & \end{vmatrix} \wedge \begin{vmatrix} - \\ - \\ 10.3 \end{vmatrix}$$

Кількість варіантів $N'_{\text{ШПЗП}} = 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 288$

Таким чином маємо 288 можливих варіантів впровадження клино-плужерного ШПЗП в токарний верстат, де схема найбільш раціонального варіанту, яка відповідає роботі, наведена на рис.3.2 з морфологічною формулою:

$$X_1 = 1.2 - 2.1 - 3.1 - 4.1 - 5.1 - 6.5 - 7.3 - 8.1 - 9.1 - 10.3$$

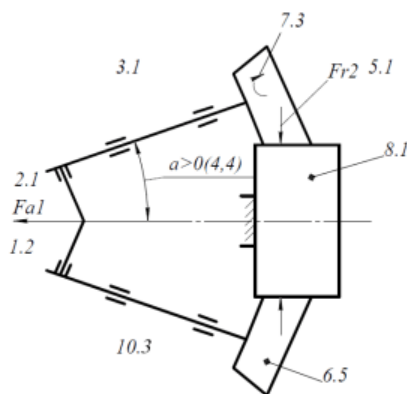


Рис.3.2. Клино-плужерный ШПЗП

3.5. Конструктивні особливості ШВ після модернізації

Впровадження у шпиндельний вузол верстата виконувалось без значних змін ШВ (Додаток Г), для того щоб виконати модернізацію без повного розбирання шпиндельного вузла. Конструктивні зміни ШВ після модернізації наступні:

- 1) збільшені габаритні розміри ШВ;
- 2) збільшена сила затиску заготовок за рахунок ШПЗП та додаткового затиску від гідроприводу у декілька раз (що збільшило точність положення);
- 3) час на переналадку затискного патрона на інший діаметр деталі значно зменшився (до 5 мин.), за рахунок швидкої переналадки як ШПЗП так і гідроприводу;
- 4) Максимальний діаметр оброблювальної деталі 150 мм.
- 5) Максимальний діаметр оброблювального прутка 40 мм.

3.6. Принцип роботи ШПЗП

Принцип роботи ШПЗП (рис.3.3) плунжерного типу з послідовним позиціонуванням багатопрофільних ЗЕ описується наступним чином:

«Знаючи діаметр (розмір) заготовки 9, регулюють патрон до затискного розміру, повернувши ексцентрик 7 і витягнувши фіксатор 6 із стопорної канавки плунжера 3. Обертаючи затискний кулачок 2 плунжером 3 навколо своєї осі, бажана поверхня 8 встановлюється в затискне положення. Обертаючись ексцентрик 7, тримач 6 вводиться в стопорний паз плунжера 3. Шток 4 знаходиться в крайньому правому положенні. Коли приводний пристрій, що рухає плунжери 3 вліво, приводить в рух шток 4, заготовка 9 затискається. Після обробки заготовки, коли шток 4 рухається в праву сторону від приводного пристрою, заготовка 9 розстискається. Патрон дозволяє закріпити як прутки так і штучні заготовки. З метою подальшого розширення діапазону затиску заготовки замінюється затискна губка 2 з плунжером 3. З цією метою, коли важіль 4

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

знаходиться в крайньому правому положенні, знімається тримач 6 із фіксуючої канавки плунжера 3, далі виймаються та встановлюються нові ЗЕ 2 та плунжера 3. Встановлення підшипника 10 на одній із сторін плунжера 3 дозволяє зменшити необхідну силу повороту затискних кулачків 2 з плунжером 3.» [20]

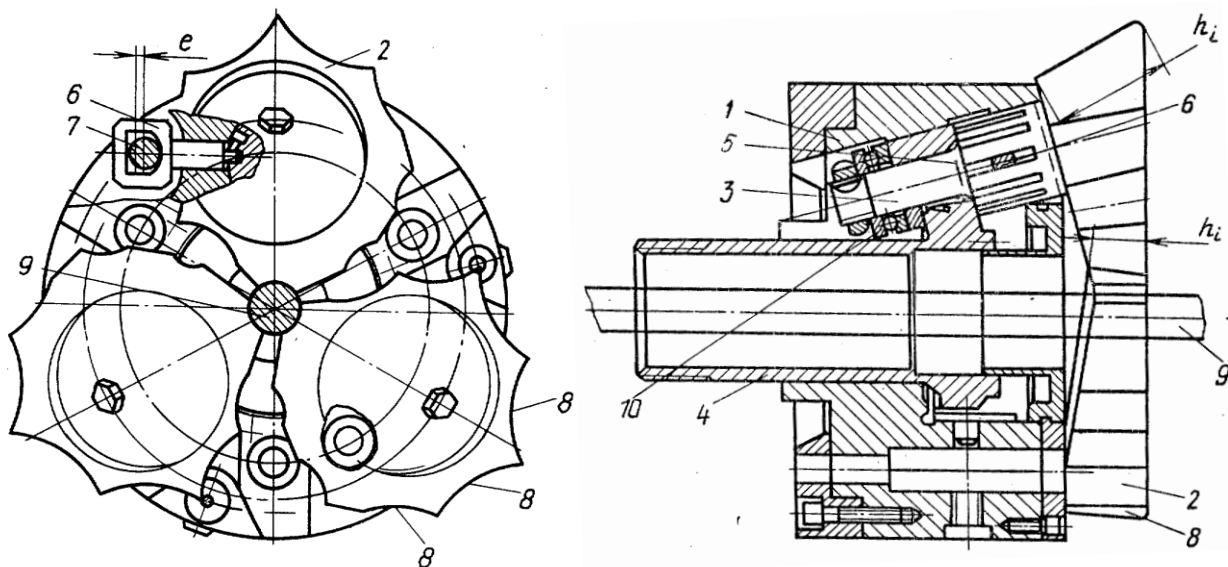


Рис.3.3. ШПЗП плунжерного типу з послідовним позиціонуванням багатопрофільних ЗЕ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

Лист

42

РОЗДІЛ 4. Розрахунковий

4.1 Розрахунок статичної жорсткості ШВ з врахуванням піддатливості опор

Досить часто при проектуванні шпиндельного вузла верстата виконується розрахунок статичної жорсткості, щоб забезпечити певні вимоги до оброблювання деталі на верстаті. Визначенні проектні розрахунки порівнюють зі проектними критеріями.

Для того щоб виконати перевірочний розрахунок шпиндельного вузла 16K20Ф30 С1, потрібно надати компоновочну схему (рис. 4.1) та розрахункову схему (рис. 4.2).



Рис. 4.1. Компоновочна схема

Підшипник дворядний радіальний з конічним отвором класу 4 в передній опорі – 3182120 ГОСТ 7634-75, два радіально упорних підшипника класу 5 в задній опорі – 46216Л ГОСТ 831-62.

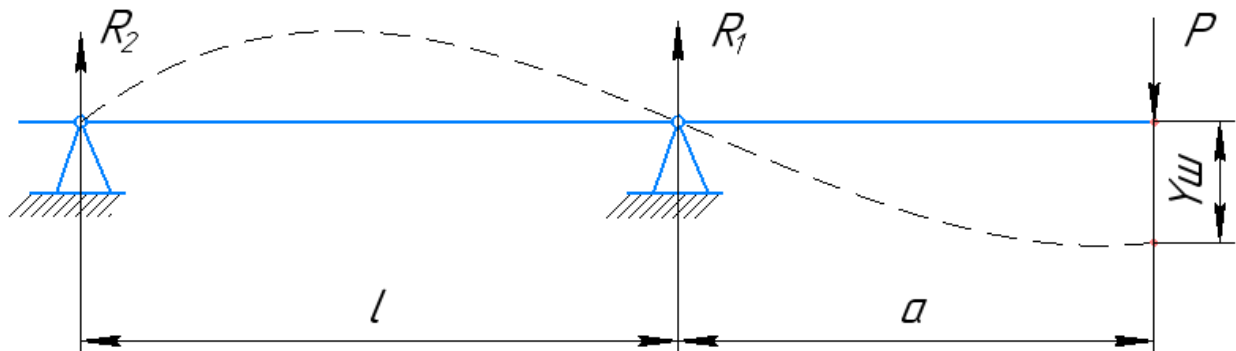


Рис. 4.2. Розрахункова схема

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Де R_1 , R_2 – реакції опори, Н; a – відстань від передньої опори до точки прикладання сили різання, мм; P – сила різання, яка була розрахована за формулою (2.15); l – відстань між опорами, мм, $y_{ш}$ – зміщення (прогин) переднього кінця шпинделя, мкм.

Вихідні дані:

$d_1 = 200$ мм – діаметр переднього кінця консолі;

$d_2 = 90$ мм – діаметр міжопорної частини шпинделя ;

$a = 320$ мм;

$l = 679$ мм;

$B = 26$ мм, ширина радіально упорного підшипника;

$D_w = 19$ мм, діаметр шариків радіально упорного підшипника;

$d' = 50$ мм, діаметр отвору шпинделя

$E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, модуль Юнга.

Визначимо реакції в опорах, Н:

$$R_1 = \frac{P \cdot (a + l)}{l} = \frac{4.405 \cdot 10^3 \cdot (320 + 679)}{679} = 6.481 \times 10^3 \quad (4.1)$$

$$R_2 = \frac{P \cdot a}{l} = 2.076 \times 10^3 \quad (4.2)$$

За рекомендаціями по методичці [10,11] визначемо жорсткість опори залежно від типу підшипника.

Опора 1:

Радіальне биття, мм.

$$\delta_{r0} = \frac{0.35 \cdot (0.1 \cdot R_1)^{0.897}}{1000 \cdot d^{0.8}} = \frac{0.35 \cdot (0.1 \cdot 6.481 \times 10^3)^{0.897}}{1 \times 10^3 \cdot 100^{0.8}} = 2.925 \times 10^{-3} \quad (4.3)$$

Де $d = 100$ мм, діаметр внутрішнього кільця підшипника

Визначимо радіальне биття опори, мм.

$$\delta_{rn} = 0.8 \cdot \delta_{r0} = 2.34 \times 10^{-3} \quad (4.4)$$

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Де $K = 0.8$ для 4 класу точності

Визначимо радіальну жорсткість опори, кН/мкм:

$$C_{p1} = \frac{R1}{\delta_{rn} \cdot 10^6} = 2.77 \quad (4.5)$$

Визначимо піддатливість передньої опори ШВ:

$$e1 = \frac{1}{C_{p1}} = 0.361 \quad (4.6)$$

Опора 2:

Радіальне биття опори, згідно рекомендаціям [10,11], розділяється на дві складових δ_{r21} (мм), δ_{r22} (мкм):

$$\delta_{r21} = 0.03 \cdot D_w \cdot 0.0018 = 1.026 \times 10^{-3} \quad (4.7)$$

$$\delta_{r22} = \frac{4 \cdot R2 \cdot 0.05}{\pi \cdot 80 \cdot B} \cdot \left(1 + \frac{80}{140}\right) = 0.1 \quad (4.8)$$

Де значення 80, 140 – діаметр внутрішнього та зовнішнього кільця підшипника відповідно, мм; 0.0018 – коефіцієнт який визначається за джерелом [10,11].

Тоді радіальне биття задньої опори, мкм:

$$\delta_{r2} = \delta_{r21} \cdot 10^3 + \delta_{r22} \cdot 10 = 2.024 \quad (4.9)$$

Визначимо радіальну жорсткість опори, кН/мкм:

$$C_{p2} = \frac{1.66 \cdot R2}{\delta_{r2} \cdot 1000} = 1.702 \quad (4.10)$$

Тоді піддатливість опори, мкм/кН:

$$e2 = \frac{1}{C_{p2}} = 0.587 \quad (4.11)$$

Наступник кроком буде розрахунок осьового моменту інерції в передній консолі та в міжопорній частині.

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В передній консолі, мм²:

$$I1 = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} \cdot \left[1 - \left(\frac{46}{d_1} \right)^4 \right] = \frac{\pi \cdot 200^4}{64} \cdot \left[1 - \left(\frac{46}{200} \right)^4 \right] = 7.832 \times 10^7 \quad (4.12)$$

В міжопорній частині, мм²:

$$I2 = \frac{\pi \cdot d_2^4}{64} \cdot \left[1 - \left(\frac{d'}{d_2} \right)^4 \right] = \frac{\pi \cdot 90^4}{64} \cdot \left[1 - \left(\frac{50}{90} \right)^4 \right] = 2.914 \times 10^6 \quad (4.13)$$

Сумарне зміщення шпинделя розкладається на дві складових: зміщення переднього кінця шпинделя, яке викликане піддатливістю опор (y_{sh}); зміщення переднього кінця шпинделя викликане згином шпинделя (y_{op}) [10,11].

Спочатку визначимо значення y_{sh} , м:

$$y_{sh} = \frac{P \cdot (a \cdot 10^{-3})^2}{3 \cdot E} \cdot \left[\frac{a \cdot 10^{-3}}{I1 \cdot 10^{-11}} + \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - E_z)}{I2 \cdot 10^{-11}} \right] =$$

$$= \frac{4.405 \cdot 10^3 \cdot (320 \cdot 10^{-3})^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11}} \cdot \left[\frac{320 \cdot 10^{-3}}{7.832 \times 10^7 \cdot 10^{-11}} + \frac{679 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0.65)}{2.914 \times 10^6 \cdot 10^{-11}} \right] = 6.439 \times 10^{-6} \quad (4.14)$$

Тоді y_{op} , м:

$$y_{op} = P \cdot \left[e1 \cdot 10^{-9} \cdot \left[\frac{a \cdot 10^{-3} \cdot (1 - E_z) + 1 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} \right] + e2 \cdot 10^{-9} \cdot (1 - E_z) \cdot \left(\frac{a \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} \right)^2 \right] =$$

$$= 4.405 \cdot 10^3 \cdot \left[0.361 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{320 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0.65) + 679 \cdot 10^{-3}}{679 \cdot 10^{-3}} + 0.587 \cdot 10^{-9} \cdot (1 - 0.65) \cdot \left(\frac{320 \cdot 10^{-3}}{679 \cdot 10^{-3}} \right)^2 \right] =$$

$$= 2.054 \times 10^{-6} \quad (4.15)$$

Враховуючи попередні розрахунки, розрахуємо спільне зміщення, м:

$$y_{\text{ш}} = y_{\text{sh}} + y_{\text{op}} = 8.493 \times 10^{-6} \quad (4.16)$$

Розрахуємо також піддатливість ШВ та загальну жорсткість ШВ.

Піддатливість, м/Н:

$$e_p = \frac{y_{\text{ш}}}{P} = 1.928 \times 10^{-9} \quad (4.17)$$

Піддатливість, мкм:

$$e_p = 1.928 \times 10^{-3} \quad (4.18)$$

Тоді загальна жорсткість системи, Н/мкм:

$$C_p = \frac{1}{e_p} = 518.672 \quad (4.19)$$

Зміщення переднього кінця шпинделя – 8.493 мкм, що задовольняє критерії точності верстата Н (норми точності та жорсткості ГОСТ 18097-93), тобто зміщення не перевищує 30 мкм. Також загальна жорсткість системи лежить у допустимих нормах, що дозволяє проводити подальші розрахунки та модернізацію.

Розрахуємо також биття передньої та задньої опори, та перевіримо їх по критерію допустимої точності, де допуск (Δ) на радіальне биття переднього кінця шпинделя 30 мкм.

Радіальне биття передньої та задньої опори, мм:

$$\delta_1 = \frac{\Delta}{6 \cdot \left(1 + \frac{a}{l}\right)} = 4.531 \times 10^{-3} \quad (4.20)$$

$$\delta_2 = \frac{\Delta}{\sqrt{2} \cdot 6 \cdot \frac{a}{l}} = 0.01 \quad (4.21)$$

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

З розрахунків можна зробити висновок, що радіальне биття не перевищує допустиме.

4.2 Розрахунок статичної жорсткості ШВ з врахуванням піддатливості затискного патрону

«При визначенні пружних віджимів консольної заготовки під дією складової радіального навантаження сили різання P потрібно враховувати піддатливість системи Ш-П-Д (шпиндель-патрон-деталь) (рис. 4.3,а), розглядаючи закладення заготовки в містці затиску її в патроні у виду пружнофрикційного шарніра (рис. 4.3,б). Цей умовний шарнір характеризується радіальною C_p та поворотними C_n жорсткостями, а також моментами тертя M_t в умовному шарнірі.» [13] (Додаток Д)

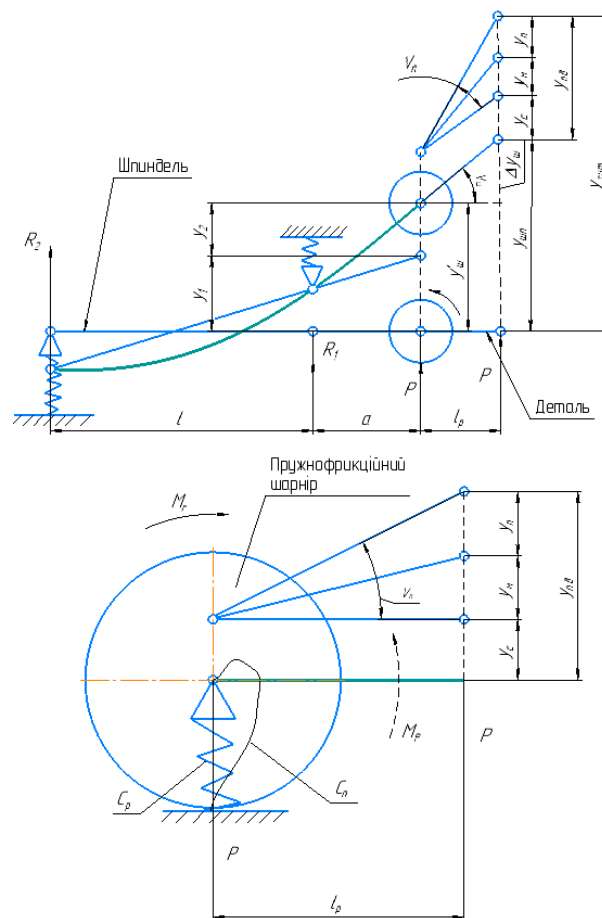


Рис. 4.3 Розрахункова схема визначення пружних віджимів заготовки в системі Ш-П-Д

Також потрібно враховувати контактні зближення в патроні, в місці взаємодії затискних елементів патрона зі заготовкою, яка затискається [13]. В нашому варіанті контакт затискних елементів зображений на рис. 4.4, де радіус кривизни заготовки r_0 дорівнює радіусу кривизни затискних елементів r .

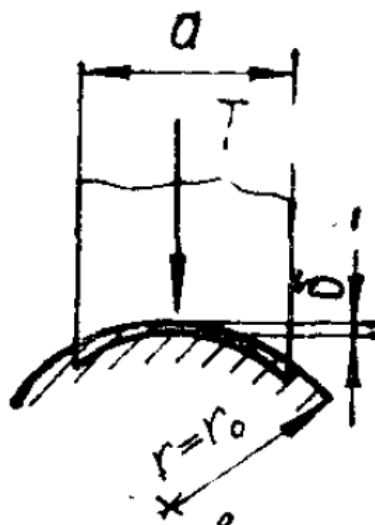


Рис.4.4 Умови контакту затискних елементів із заготовкою

Вихідні дані для подальшого розрахунку системи Ш-П-Д:

$T = 28 \text{ кН}$ – сила затиску в патроні заготовки;

$P = 4405 \text{ Н}$ – радіальне навантаження сили різання;

$l_p = 50 \text{ мм}$ – довжина заготовки;

$m = 0.5$;

$F_k = 23.4 \text{ см}^2$ – площа контакту затискних елементів із заготовкою;

$C\sigma = 0.13$;

$D = 100 \text{ мм}$ – діаметр заготовки;

$K = 0.2 \cdot 10^{-4} \text{ мкм} \frac{\text{м}^2}{\text{Н}}$ – коефіцієнт контактної піддатливості.

Виконаємо розрахунок гнучкого переміщення оправки під дією сили різання.

Знайдемо коефіцієнт β :

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{1}{13 \cdot (D \cdot 10^{-1})^3 \cdot K}} = \sqrt[4]{\frac{1}{13 \cdot (100 \cdot 10^{-1})^3 \cdot 0.2 \cdot 10^{-4}}} = 1.4 \quad (4.22)$$

Тоді поперечне переміщення на краю конічного з'єднання, мкм:

$$\delta l = \frac{4 \cdot P \cdot \beta \cdot K}{\pi \cdot D \cdot 10^{-1}} \cdot (l_p \cdot 10^{-1} \cdot \beta \cdot 1.35 + 1.35) = \frac{4 \cdot 4.405 \cdot 10^3 \cdot 1.4 \cdot 0.2 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 100 \cdot 10^{-1}} \cdot (50 \cdot 10^{-1} \cdot 1.4 \cdot 1.35 + 1.35) = 0.17 \quad (4.23)$$

Кут повороту в з'єднанні:

$$\nu = \frac{4 \cdot P \cdot \beta^2 \cdot K}{\pi \cdot D \cdot 10^{-1}} \cdot (2 \cdot l_p \cdot 10^{-1} \cdot \beta + 1) = \frac{4 \cdot 4.405 \cdot 10^3 \cdot 1.4^2 \cdot 0.2 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 100 \cdot 10^{-1}} \cdot (2 \cdot 50 \cdot 10^{-1} \cdot 1.4 + 1) = 0.33^0 \quad (4.23)$$

Тоді гнучке переміщення оправки під дією сили різання, мкм:

$$y = \delta l + \nu \cdot (l_p \cdot 10^{-1}) = 1.82 \quad (4.24)$$

Виконаємо розрахунок відтискання через піддатливість системи шпиндель-патрон-деталь [13]. Попередньо (формули 4.14, 4.14,) були розраховані відтискання, які викликані піддатливістю опор (y_1) та згином тіла шпинделя (y_2), мкм:

$$y_1 = 2.054$$

$$y_2 = 6.439$$

Та сумарне зміщення, мкм:

$$y_{ш'} = y_1 + y_2 = 8.493$$

Експериментально був визначений кут повороту консолі шпинделя, $\nu_{ш'} = 0.057^0$. Тоді додаткове відтискання на консолі шпинделя, мкм:

$$\Delta y_{ш} = \nu_{ш'} \cdot l_p = 2.85 \quad (4.25)$$

Розрахуємо сумарне відтискання через піддатливість системи Ш-П-Д, мкм:

$$y_{шп} = y_{ш'} + \Delta y_{ш} = 11.343 \quad (4.25)$$

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Виконаємо розрахунок відтискання в системі патрон-деталь [13]. Де відтискання викликане контактними зближеннями в патроні, мкм:

$$\delta_{\text{вв}} = C_{\sigma} \cdot \left(\frac{T}{F_k} \right)^m = 0.13 \cdot \left(\frac{2.8 \times 10^4}{23.4} \right)^{0.5} = 4.497 \quad (4.26)$$

Тоді радіальна жорсткість патрона, Н/мкм:

$$C_p = \frac{T}{\delta} = 6.226 \times 10^3 \quad (4.27)$$

Відтискання від дії сили різання через контактні зближення в патроні, мкм:

$$u_c = \frac{P}{C_p} = \frac{4.405 \cdot 10^3}{6.226 \times 10^3} = 0.707 \quad (4.28)$$

Згідно вихідними даними кутовий зазор в конічному з'єднанні $\nu_1 = 15^\circ$.

Розрахуємо кут повороту балки на гнучкій основі:

$$\nu_2 = \frac{8\beta^2 \cdot P \cdot K}{\pi \cdot D \cdot 10^{-1}} \cdot (1 + 2\beta \cdot l_p \cdot 10^{-1}) = \frac{8 \cdot 1.4^2 \cdot 4.405 \cdot 10^3 \cdot 0.2 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 100 \cdot 10^{-1}} \cdot (1 + 2 \cdot 1.4 \cdot 50 \cdot 10^{-1}) = 0.66^\circ \quad (4.29)$$

Тоді сумарний кут:

$$\nu_{\text{п}} = \nu_1 + \nu_2 = 15.66^\circ \quad (4.30)$$

Проведемо розрахунок відтискання від дії моменту через контактні зближення і кутові зазори, мкм:

$$u_m = \nu_{\text{п}} \cdot l_p \cdot 10^{-3} = 15.66 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0.783 \quad (4.31)$$

Далі осовий момент інерції оброблювальної заготовки, мм²:

$$I = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{\pi \cdot 100^4}{64} = 4.909 \times 10^6 \quad (4.32)$$

Тоді знайдемо відтискання самої заготовки, мкм:

$$u_{\text{п}} = \frac{P \cdot (l_p \cdot 10^{-3})^3}{3 \cdot E \cdot I \cdot 10^{-11}} \cdot 10^6 = \frac{4.405 \cdot 10^3 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 4.909 \times 10^6 \cdot 10^{-11}} \cdot 10^6 = 0.019 \quad (4.32)$$

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Відтискання в системі патрон-деталь, мкм:

$$u_{пд} = u_c + u_m + u_n = 1.509 \quad (4.33)$$

Проведемо кінцеві розрахунки, та знайдемо сумарне відтискання і системі шпиндель-патрон-деталь, мкм:

$$y_{sum} = u_{шп} + u_{пд} = 12.852 \quad (4.34)$$

Тоді сумарна жорсткість системи, Н/мкм:

$$C_{sum} = \frac{P}{y_{sum}} = 342.744 \quad (4.35)$$

Провівши розрахунки на жорсткість системи Ш-П-Д можна зробити висновок, що сумарне зміщення переднього кінця ШВ, яке дорівнює 12.852 мкм, не перевищує допустиме переміщення яке, згідно ГОСТ 18097-93, дорівнює 30 мкм. Також жорсткість системи лежить в допустимих нормах, що дозволяє нам проводити подальші розрахунки та модернізацію верстата.

4.3. Комп'ютерне моделювання пружно-деформованого стану ШВ

Одним із етапів розрахунку шпиндельного вузла на жорсткість є моделювання його та перевірка в програмному середовищі Inventor за допомогою функції «Розрахунок вала», яки представляє результати моделювання пружно-деформованого стану ШВ у вигляді графіків (Додаток Ж).

Перший етап розрахунку включає в себе проектування розрахункової схеми шпинделя токарного верстата 16K20Ф30 С1 (рис.4.5), де в передній радіальний дворядний роликовий підшипник замінюємо чотирма опорами, які рівномірно розташовані по ширині внутрішнього кільця, де жорсткість кожної з них дорівнює 0,25 жорсткості від початкової. Лише остання четверта опора є фіксованою, а перші три –вільними. Два радіально-упорних підшипника зображуємо як одна вільна опора [22].

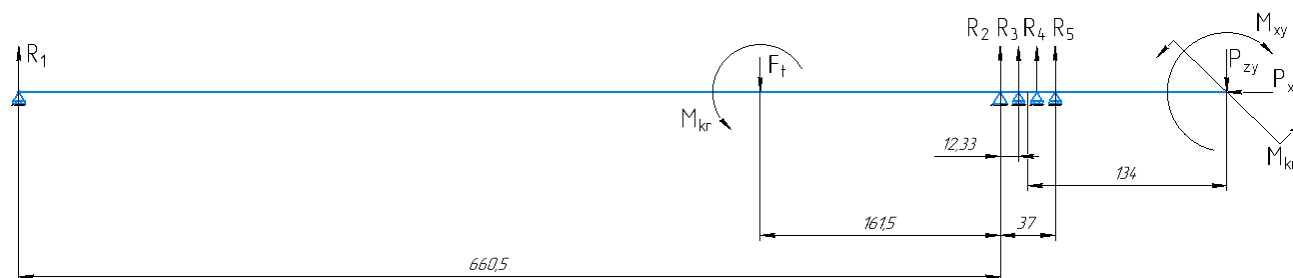


Рис.4.5. Розрахункова схема шпинделя як балки на кількох опорах

Значення крутних моментів та сил різання взято із пункту (2.3), а колова сила, яка діє від зубчатого колеса, розрахована наступним чином: діаметр зубчатого колеса $d = 120$ мм, крутний момент, яке передає колесо, $T = 205,544$ Н/м, тоді колова сила:

$$F_t = \frac{2T}{d} = 3425,73 \text{ Н}$$

Для наглядності на рис. 4.6 представлено зображення розрахункової схеми шпинделя в ізометрії, та самого шпинделя на рис. 4.7.

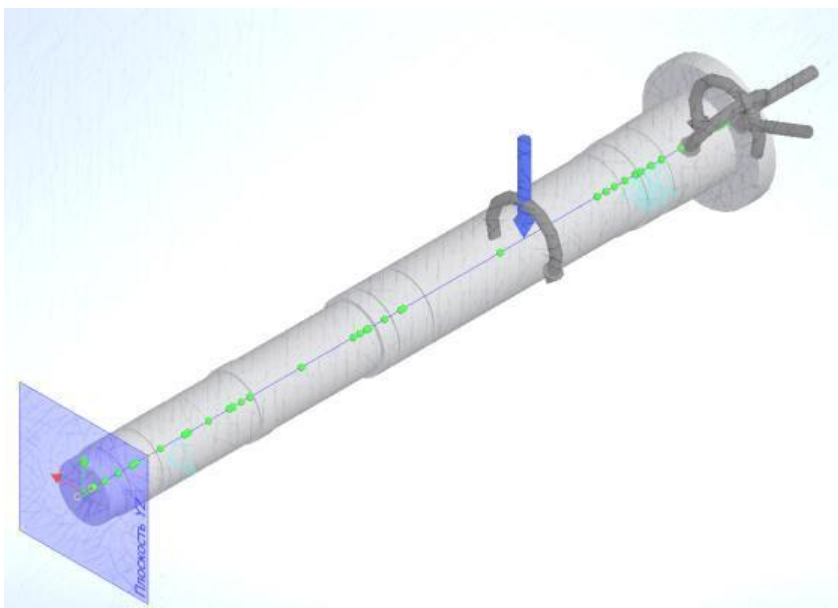


Рис. 4.6. Розрахункова схема шпинделя в ізометрії

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

Лист

53



Рис.4.7. Ізометрія шпинделя

Після проведених розрахунків ми отримали наступні результати:

Табл 4.1. Характеристика опор

Індекс	Тип опори	Реакція опори YZ	Реакція опори X	Радіальне биття опори
1	Вільна	828,437 Н	–	5,650 мкм
2	Фіксована	4276,642 Н	1145,252	2,448 мкм
3	Вільна	1851,886 Н	–	1,153 мкм
4	Вільна	1908,280 Н	–	1,184 мкм
5	Вільна	4832,900 Н	–	2,672 мкм

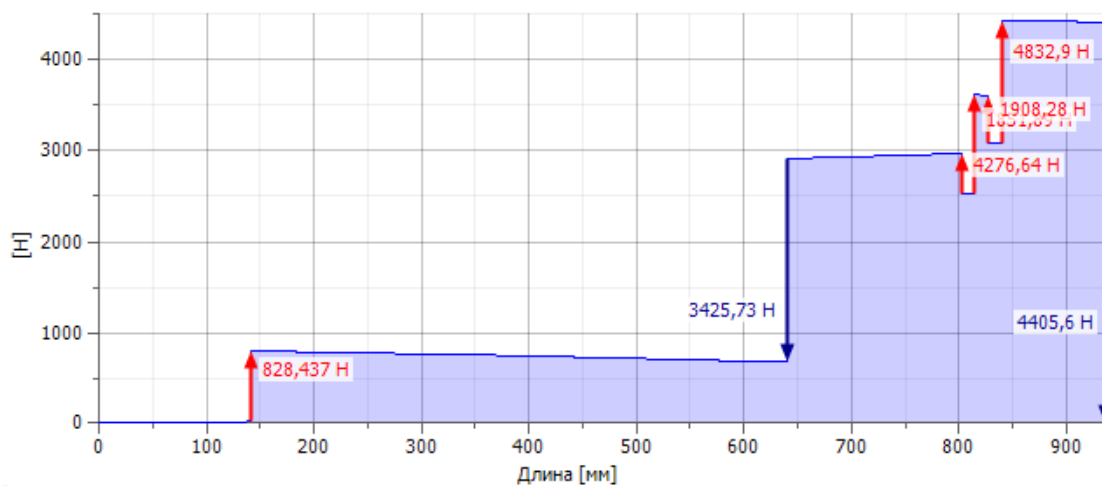


Рис.4.8. Графік сили зсуву

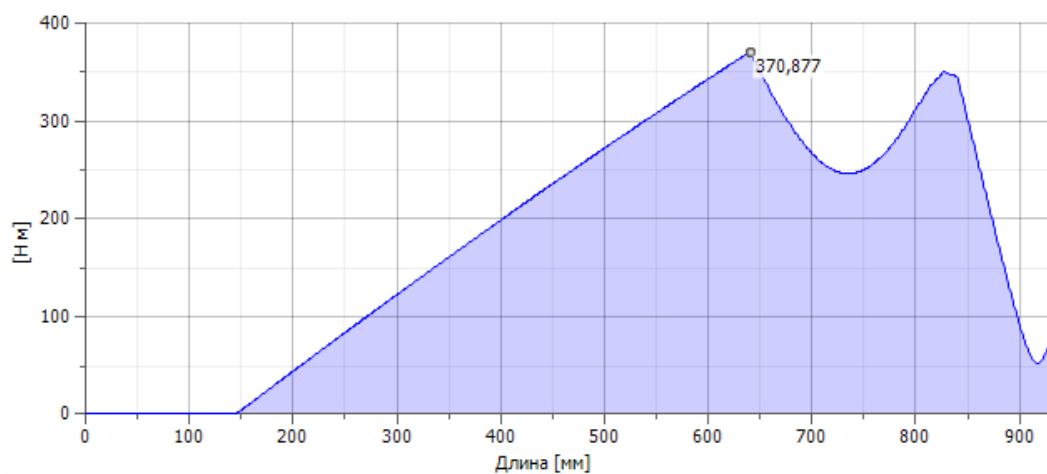


Рис.4.9. Графік згинальних моментів

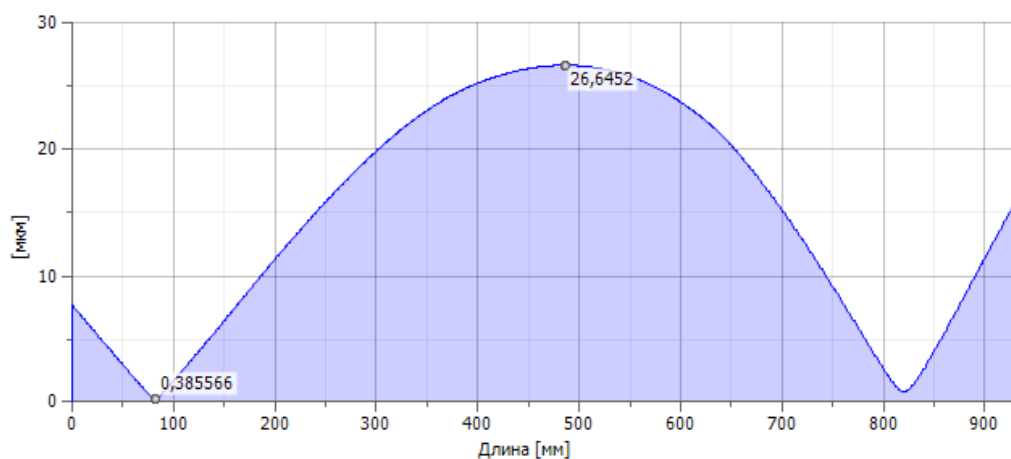


Рис.4.10. Графік відхилень

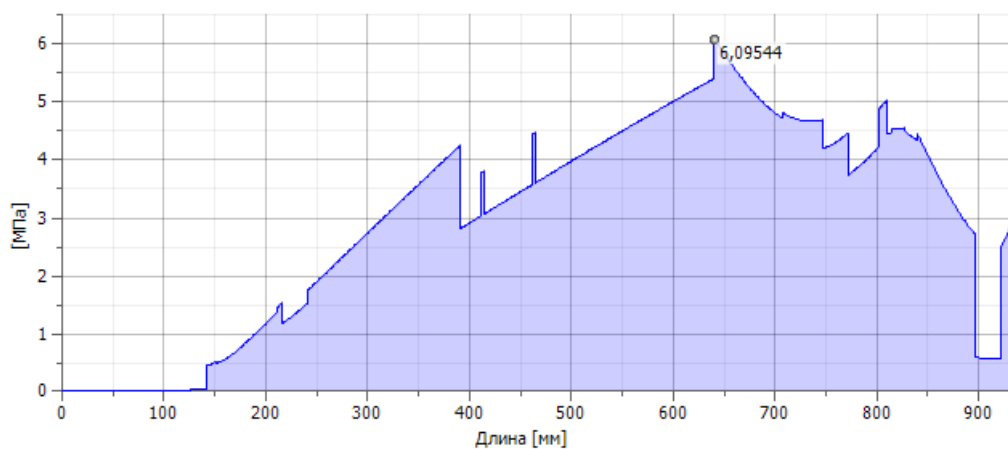


Рис.4.11. Графік зведеного напруження

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

Лист

55

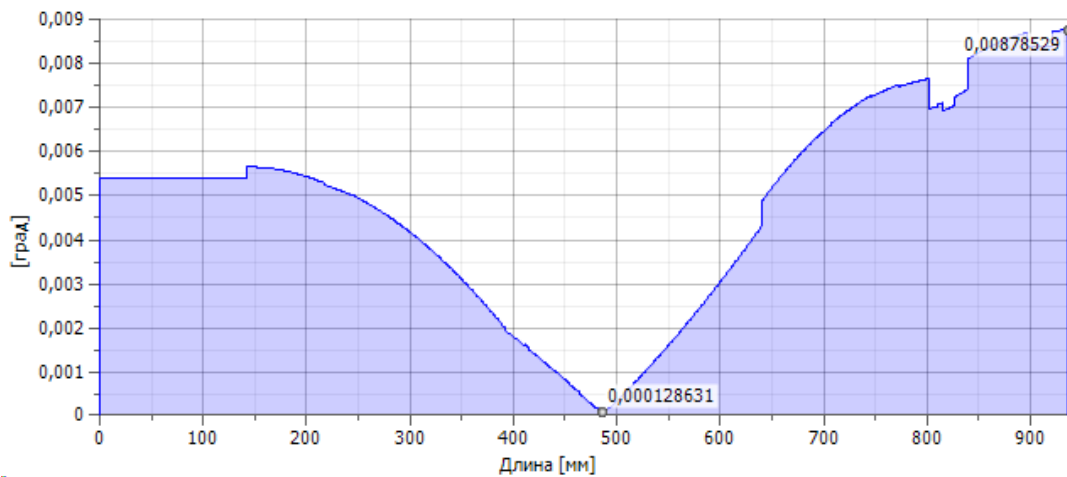


Рис.4.12. Графік кута відхилень

Опираючись на результати отриманих з графіку можна скласти наступну таблицю:

Табл.4.2. Загальні Результати

Найменування	Позначення	Значення
Максимальне напруження при згині	σ_B	5,403 МПа
Максимальне напруження при зсуві	τ_s	0,941 МПа
Максимальне напруження при крученні	τ	1,525 МПа
Максимальне зведене напруження	$\sigma_{пр}$	6,095 МПа
Максимальне відхилення	U_{max}	26,645 мкм

Також представлений ще один варіант розрахунку ШВ, де до кінця шпинделя під час моделювання додається ще дві ступіні, моделюючи патрон (150 мм довжина, 200 мм діаметр) та деталь діаметром 100 мм, а довжиною 50 мм. Такий варіант показує результати, під час яких сила різання прикладається на дійсній відстані від кінця шпинделя (рис. 4.13). Також була змінена розрахункова схема, яка більш приближена до реальності.

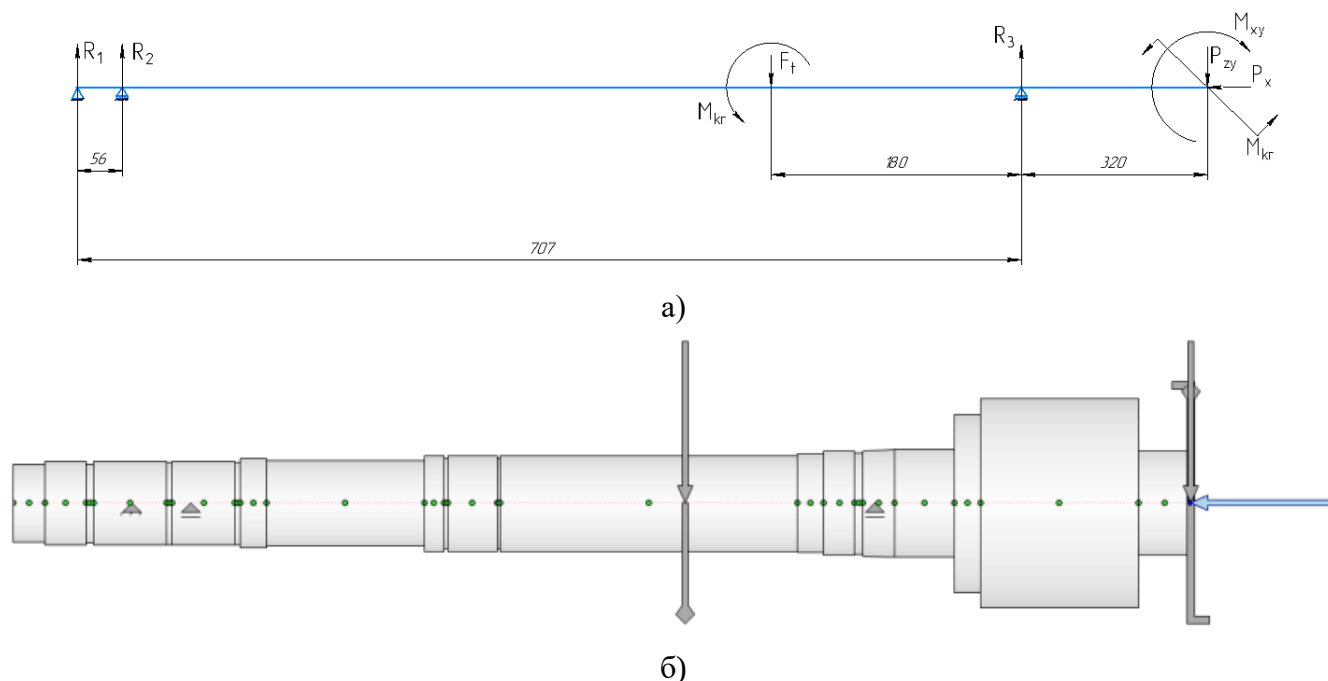


Рис.4.13 (а,б). Розрахункова схема шпинделя із заготовкою

Після проведених розрахунків було отримано наступні результати:

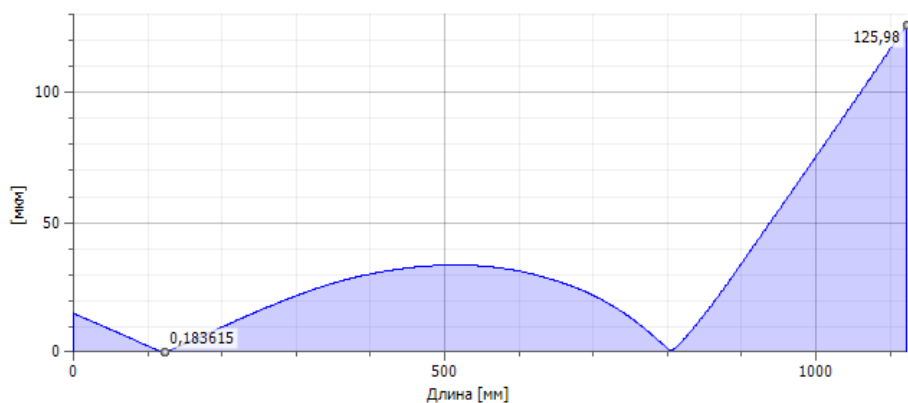


Рис.4.14. Графік відхилень

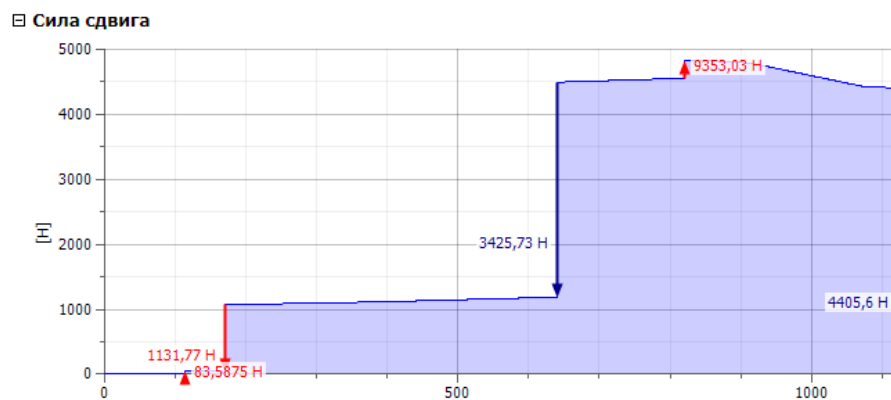


Рис.4.15. Графік сили зсуву

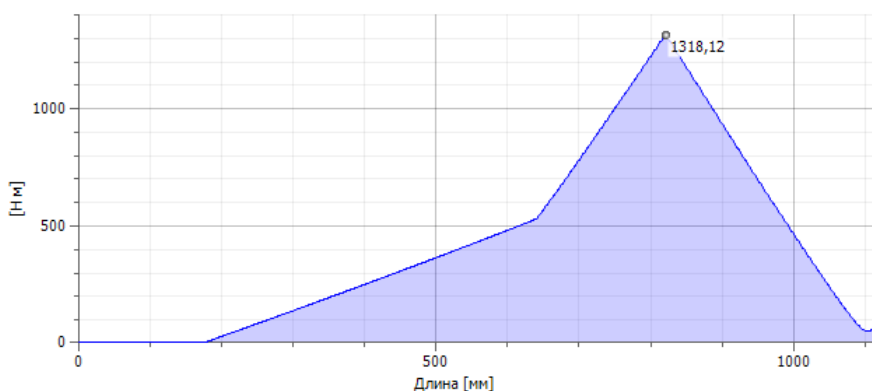


Рис.4.16. Графік згинальних моментів

Також аналогічно була складена таблиця загальних результатів:

Табл.4.3. Загальні Результати

Найменування	Позначення	Значення
Максимальне напруження при згині	σ_B	16,089 МПа
Максимальне напруження при зсуві	τ_s	1,040 МПа
Максимальне напруження при крученні	τ	1,525 МПа
Максимальне зведене напруження	σ_{pr}	16,562 МПа
Максимальне відхилення	U_{max}	125,980 мкм

4.4. Аналіз результатів розрахунків і досліджень ШВ

Провівши та проаналізувавши розрахунки на жорсткість із врахуванням піддатливості опор, патрону, та розрахунок в програмному забезпеченні «Inventor» зроблені наступні висновки:

- 1) Розрахунок на жорсткість ШВ із врахуванням піддатливості опор, де сумарне зміщення переднього кінця шпинделя 8,5 мкм, а сумарна жорсткість системи Ш-Д дорівнює 518,7 Н/мкм, відповідає нормам жорсткості Н за ГОСТ 18097-93, де допуск на переміщення становить 30 мкм. при силі до 5 кН.

2) Розрахунок на жорсткість ШВ із врахуванням піддатливості патрону, де сумарне зміщення переднього кінця деталі 12,9 мкм, а сумарна жорсткість системи Ш-П-Д дорівнює 342,7 Н/мкм, відповідає нормам жорсткості Н за ГОСТ 18097-93, де допуск на переміщення становить 30 мкм. при силі до 5 кН.

3) Розрахунок пружно-деформованого стану ШВ в «Inventor» проводився спрощено, тому результати розрахунків досить сильно відрізняються від результатів розрахованих власноруч, які є більш точними так як враховується піддатливість опор та патрону.

За першим варіантом найбільше зміщення переднього кінця шпинделя дорівнює 16 мкм, що відповідає нормам жорсткості Н за ГОСТ 18097-93.

За другим варіантом, де враховується дійсне положення прикладання сили різання, зміщення переднього кінця деталі дорівнює 125 мкм, а переднього кінця шпинделя 40 мкм, результати не відповідають нормам жорсткості.

4) Результати комп'ютерного моделювання показали досить значну похибку, тому в подальшому враховуватись буде розрахунок на жорсткість ШВ із врахуванням піддатливості патрону (система Ш-П-Д).

4.5. Особливості профілювання фасонного затискного кулачка ШПЗП.

Виходячи з характеристик вузла фіксації кутового положення затискних елементів профілюється профіль для ШПЗП з дискретним кутовим позиціюванням фасонних затискних елементів (Додаток 3). Для ШПЗП з неперервною кутовою фіксацією затискних елементів проектується фасонний ЗЕ виходячи з інших умов (у будь-якому кутовому положенні) [20,21].

Лімітуючим елементом для першого випадку профілювання (рис. 4.17) є вузол фіксації затискних елементів, який визначає кути φ між робочими профілями затискних елементів, а лімітуючою умовою для другого випадку слугує

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

так звана умова «неперекриття» робочих профілів затискних елементів в процесі їх позиціонування.

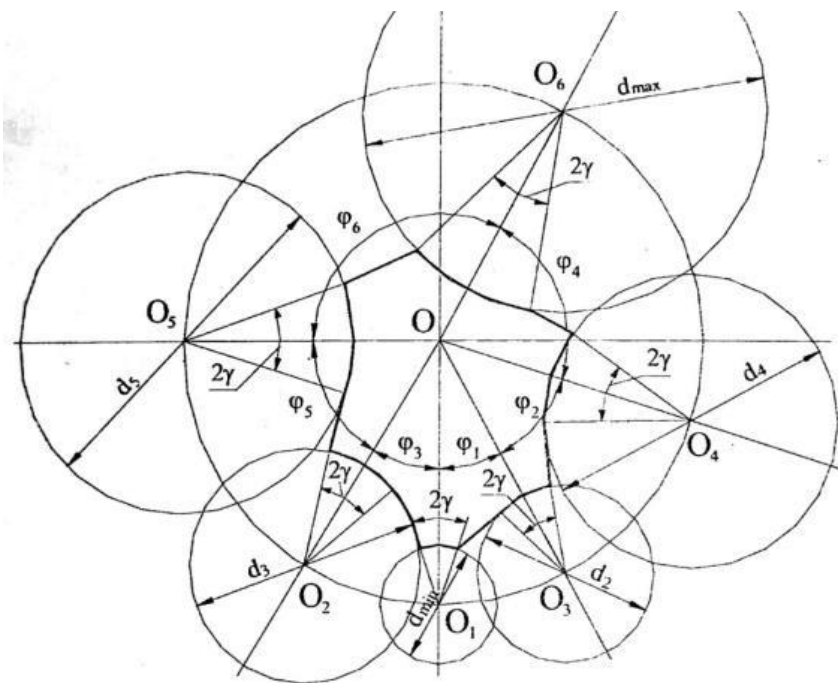


Рис. 4.17. Розрахункова схема для профілювання фасонних затискних елементів для ШПЗП з дискретним кутовим позиціонуванням

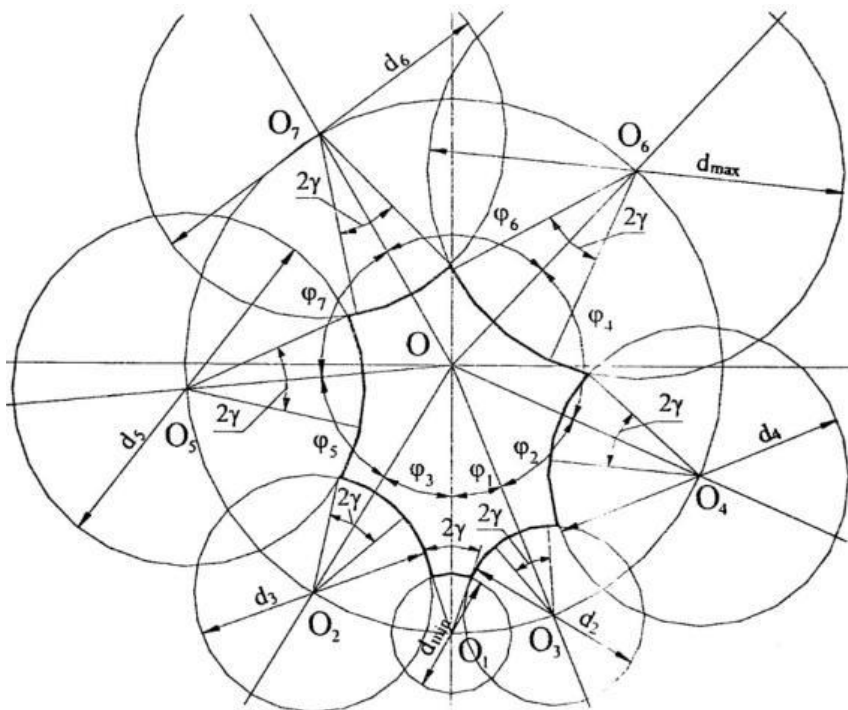


Рис. 4.18. Розрахункова схема для профілювання фасонних затискних елементів для ШПЗП з неперервним кутовим профілюванням

Розглянемо умову «неперекриття» робочих профілів затискних елементів. З метою отримання макс. кількості робочих поверхонь на затискних елементах точка В (рис.4.19) є спільною для профілів, які є суміжними. Тоді кут між 2-ма робочими поверхнями визначається за наступною залежністю [20,21]:

$$\varphi_1 = \arccos \frac{2D_1^2 + d_{i-1}^2 - d_i^2 - 2D_1d_i \cos \gamma}{2D_1 \sqrt{D_1^2 + d_{i-1}^2 - 2D_1d_{i-1} \cos \gamma}} + \arccos \frac{D_1 - d_{i-1} \cos \gamma}{\sqrt{D_1^2 + d_{i-1}^2 - 2D_1d_{i-1} \cos \gamma}}$$

Де D_1 – діаметр, на якому знаходяться осі повороту багатопрофільних затискних елементів;

d_i, d_{i-1} – діаметри i -го та $i - 1$ –го робочого профілю затискних елементів ;

2γ – кут охоплення затискних елементів заготовки.

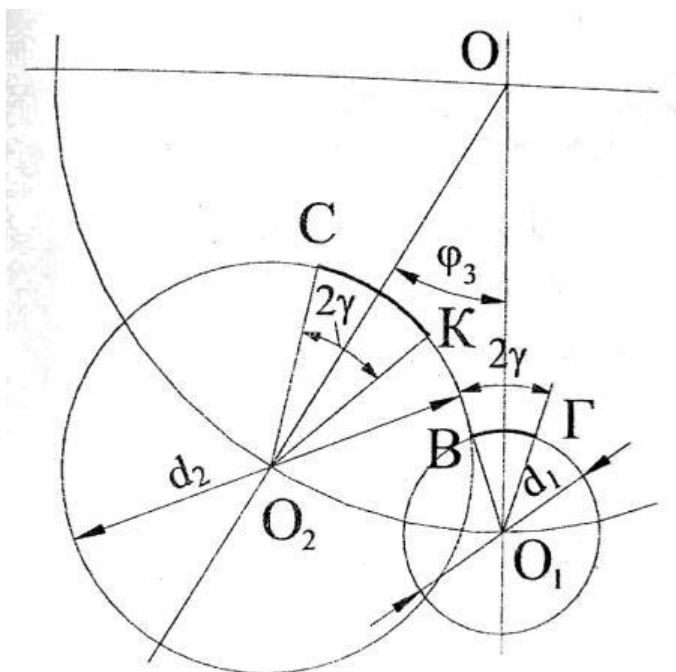


Рис. 4.19. Умова «неперекриття» робочих профілів затискних елементів

Діаметр, на якому знаходяться осі повороту багатопрофільних затискних елементів (рис.4.20) визначається виходячи з конструктивних міркувань за наступною залежністю:

$$D_1 = d_{max} + d_{cm} + \Delta_1$$

Де d_{max} – макс. діаметр робочого профілю затискних елементів;

d_{cm} – діаметр маточини плунжера;

Δ_1 – гарантований радіальний зазор між маточиною затискних елементів і заготовкою.

Виходячи з діапазону затиску заготовок, кількість профілів затискних елементів визначається як різниця їх макс. та мін. діаметрів:

$$n_{пр} = \frac{d_{max} - d_{min}}{2x_T i_{II} - \Delta h}$$

Де d_{min} – мінімальний діаметр робочого профілю;

x_T – хід труби затиску;

i_{II} – передавальне відношення ППЛ;

Δh - міра перекриття діапазону діаметрів, які затискаються.

Перед профілюванням затискних елементів необхідно перевірити наступну умову:

$$D_1 + 2R_1 \leq D_{стан}$$

Де R_1 – радіус найбільш віддаленої точки затискного елемента від центру його повороту;

$D_{стан}$ – найбільший діаметр оброблювальної заготовки.

Величина R_1 визначається за наступною залежністю:

$$R_1 = \left(\frac{D_1}{2} - \frac{d_{min}}{2} \cos \gamma \right) / \cos \left(\arctg \frac{d_{min} \sin \left(\frac{\gamma}{2} \right)}{\frac{D_1}{2} - \frac{d_{min}}{2} \cos \gamma} \right)$$

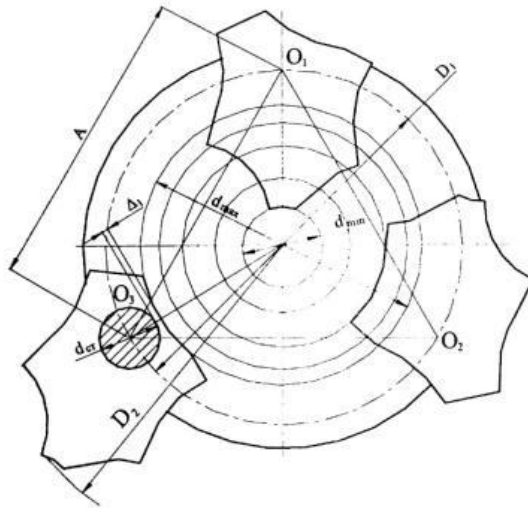


Рис. 4.20. Розрахункова схема для визначення діаметра, де розташовуються осі повороту багатопрофільних затискних елементів

Змога синхронного повороту затискних елементів для ШПЗП з безупинним їх позиціонуванням визначається з наступної умови:

$$D_1 \geq \frac{R_{1i} + R_{2i-k}}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right)} + \Delta_2$$

Де R_{1i} , R_{2i-k} – текучі найбільш віддалені точки профілю затискних елементів;

z – кількість затискних елементів в ШПЗП;

Δ_2 – гарантований зазор між текучими радіусами затискних елементів, які розташовані на наступних відрізках O_1O_2 , O_2O_3 , O_3O_1 (рис.4.20).

Текучі найбільш віддалені точки профілю затискних елементів знаходять за наступною залежністю:

$$R_1 = \left(D_1 - \frac{d_i}{2} \cos \gamma\right) / \cos \left(\arctg \frac{d_i \sin \left(\frac{\gamma}{2}\right)}{D_1 - \frac{d_i}{2} \cos \gamma} \right)$$

Використання вище сказаної методики розрахунку параметрів профілю затискних елементів дає змогу автоматизації їх профілювання для різних типорозмірів ШПЗП.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виконавши значну роботу над проектом: розрахунки, інформаційне дослідження, розробка креслеників, можна зробити наступні загальні висновки:

- 1) Існує два методи принципу переналадки швидкопереналагоджувальних затискних патронів: диференціації та інтеграції;
- 2) Для установки деталей типу втулок, фланців, стаканів, коротких валиків найбільш широке застосування знаходять швидкопереналагоджувальні затискні патрони, так як це досить суттєво зменшує час на переналагодження на інший діаметр оброблювальної деталі;
- 3) Через те, що шпиндельний вузол піддався конструктивних змін, тобто збільшились його габаритні розміри, був проведений розрахунок на жорсткість при врахуванні піддатливості патрону та опор. Розрахунок був проведений в програмному забезпеченні Mathcad. Після проведеного розрахунку, були отримані наступні результати: Сумарне зміщення $Y_{sum}=12,852$ мкм. Сумарна жорсткість системи Ш-П-Д $C_{sum}=342.744$ Н/мкм. Результати розрахунків відповідають нормам точності за ГОСТ 18097-93, де при силі різання до 5 кН зміщення переднього кінця не повинно перевищувати 40 мкм;
- 4) Розрахунок пружно-деформованого стану в програмному забезпеченні «Inventor» показав досить велику похибку через те, що шпиндельний вузол та розрахунки були представлені у спрощеному вигляді;
- 5) Проведений морфологічний синтез з вилученням непрацездатних варіантів і обраний найбільш раціональний з клино-плунжерною передатно-підсилюючою ланкою і багатопрофільними поворотними кулачками, де непрацездатних варіантів при складанні усіченої морфологічної моделі-матриці – 287 варіантів;

- 6) Час на переналадку затискного патрона на інший діаметр деталі значно зменшився (до 5 мин.), за рахунок швидкої переналадки як ШПЗП так і гідроприводу.
- 7) За рахунок використання гідроприводу затиску забезпечена висока стабільність положення (до 0.1 мм) торця. Механізм затиску призначений як для затиску пруткового матеріалу так і для штучних заготовок, також гідропривод верстата забезпечує досить швидку переналадку на обробку різних деталей, що дозволяє використовувати його разом із ШПЗП;
- 8) Розроблені складальні кресленики виробів та робочі кресленики деталей;
- 9) Проведена успішна модернізація токарного верстата з ЧПУ на прикладі 16K20Ф30 С1.

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список використаних джерел

1. О компании Станкин [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://stankin.all.biz/info-about>
2. История токарного станка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://rustan.ru/istorija_tokarnogo_stanka.htm
3. Токарна група верстатів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%B0_%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%96%D0%B2
4. Кинематика 16K20Ф3 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
http://stanki-katalog.ru/sprav_16k20f3.htm
5. Зажимные патроны [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.axissteel.ru/zazhimnye-patrony/>
6. Рекомендація по швидкостям різання [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу:
<https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/toolguide.aspx>
7. Гидравлические приводы станков токарного типа [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.axissteel.ru/gidravlicheskie-privody-stankov/>
8. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ Под ред. А.М. Дальского, А.Г.Сулова, А.Г.Косиловой, Р.К. Мещерякова – 5-е изд., перераб. И доп. – М.:Машиностроение-1,2001 г.944 с., ил.
9. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 л.: ил. ISBN 5-217-01114-9
10. Статичний розрахунок шпиндельних вузлів на опорах кочення: Методичні вказівки до виконання розрахунків у дипломних проектах та курсових проектах з дисциплін „Металорізальні верстати“, „Металорізальні верстати

					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

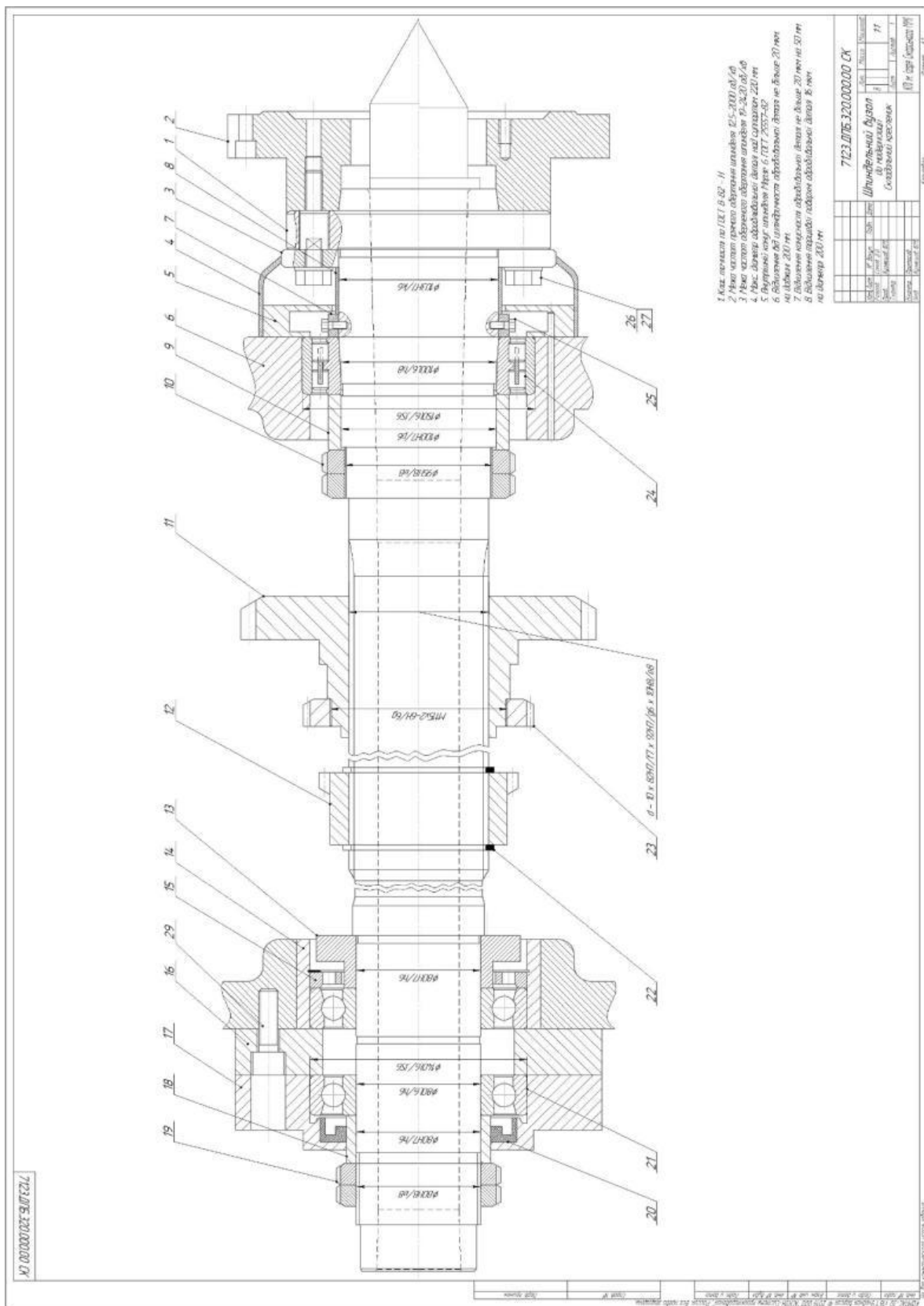
та обладнання автоматизованого виробництва“, „Конструювання обладнання металообробних цехів“ для студентів напряму підготовки 6.050503, спеціальностей „Металорізальні верстати та системи“ та „Інструментальне виробництво“ і спеціальностей 7.05050201, 8.05050201 „Технологія машинобудування“. Частина 1 / Уклад.: І.І.Верба, О.В.Даниленко – К.: НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського“, 2017. – 104 с.

- 11.Методические указания и контрольные задания по курсу «Металлорежущие станки» для студентов специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» заочного факультета/ Сост. Ю.Н.Кузнецов, В.М. Гуркс, В.И. Романов. – Киев: КПИ, 1987. – 56 с.
- 12.Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум / Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 67 с.
- 13.Кузнецов Ю.Н. Станки с ЧПУ: Учеб. Пособие. – К.: Выща шк., 1991. – 278 с.: ил. ISBN 5-11-001906-1
- 14.Кузнецов Ю.Н. Вызовы четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0» перед учеными Украины //Вестник ХНТУ, №2 (61), 2017.-с.67-75.
- 15.Кузнецов Ю.Н. Эволюционный и генетический синтез технологического оборудования нового поколения // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч. – техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – Вып. 85. - с.149-162.
- 16.Кузнецов Ю.М. Теорія розв’язання творчих задач: Монографія /Ю.М.Кузнецов.-К.: ТОВ «ЗМОК»-ПП «ГНОЗИС», 2003.-294с.
- 17.Кузнецов Ю.Н. Генетико-морфологический принцип создания станков нового поколения // Вісник СевНТУ «Механіка, енергетика, екологія». Вип.110. – Севастополь.: Вид-во СевНТУ, 2010, -с.3-12
- 18.Хамуйела Ж.А.Герра. Генетико-морфологический синтез зажимных патронов: Монография /Герра Ж.А.Хамуйела, Ю.Н.Кузнецов, Т.О.Хамуйела; под ред. Ю.Н.Кузнецова.-Луцк: Вэжа-Друк, 2017.-328с.

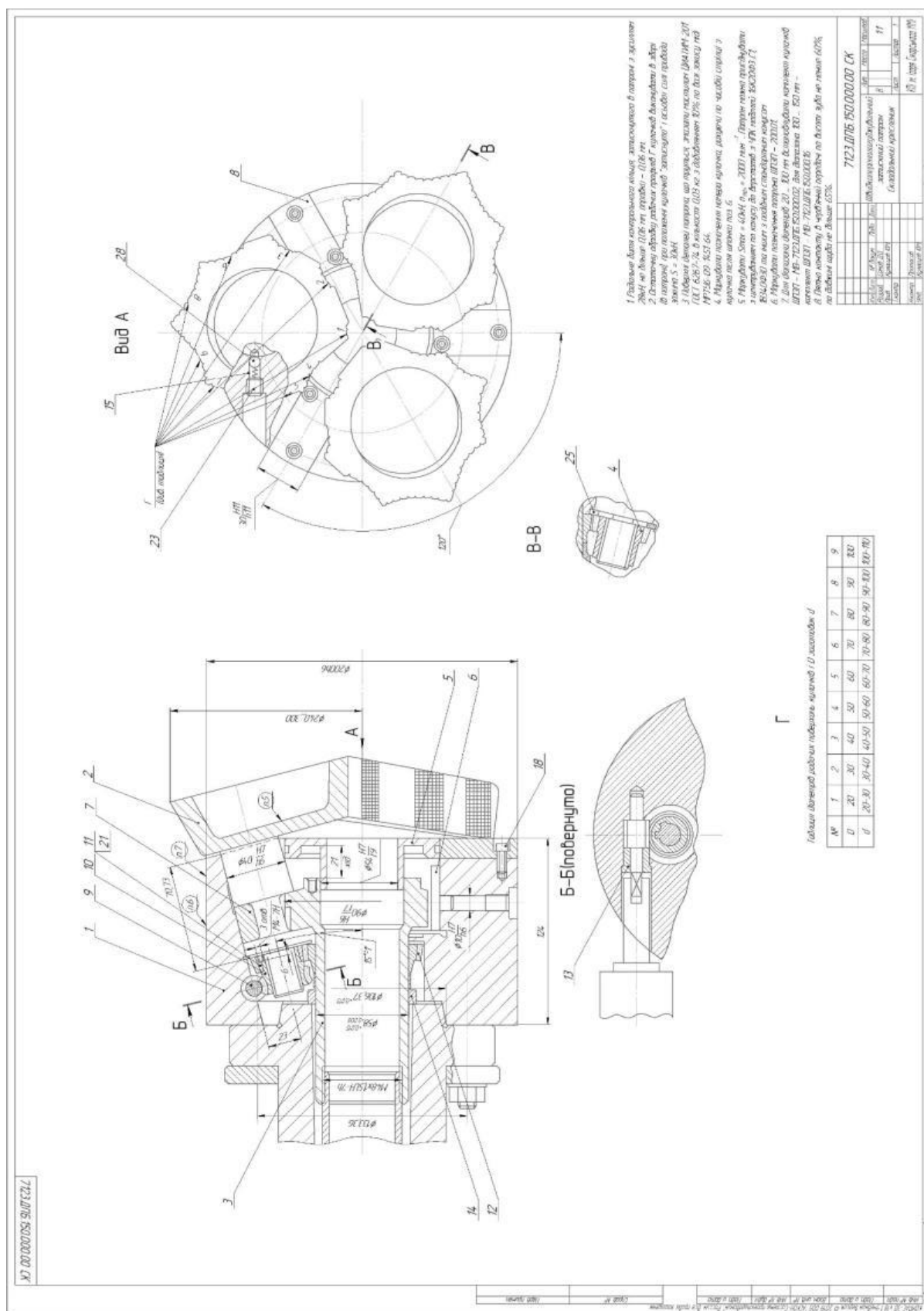
					7123.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 19.Kuznietsov Y., Shinkarenko V.. The Genetic approach is the key to innovative Synthesis of complicated Technical Systems. Journal of the Technical University at Plovdiv, Bulgaria Fundamental Sciences and Applications /Volume 16, book 2, 2011. P. 15-33.
- 20.Ю. Н. Кузнецов, В. Н. Волошин, П. М. Неделчева, Ф. В. Эль-Дахаби. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: Монография. - Часть 2. Конструкции, расчеты и исследования зажимных механизмов.
- 21.Кузнецов Ю.М., Луців І. В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне оснащення для високоефективної обробки на токарних верстатах / за ред. Ю.М. Кузнецова . – К. – Тернопіль; Терно-граф, 2011. – 692с.
- 22.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 данні (1 файл: X,XXМбайт). - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 75 с.

ДОДАТОК А

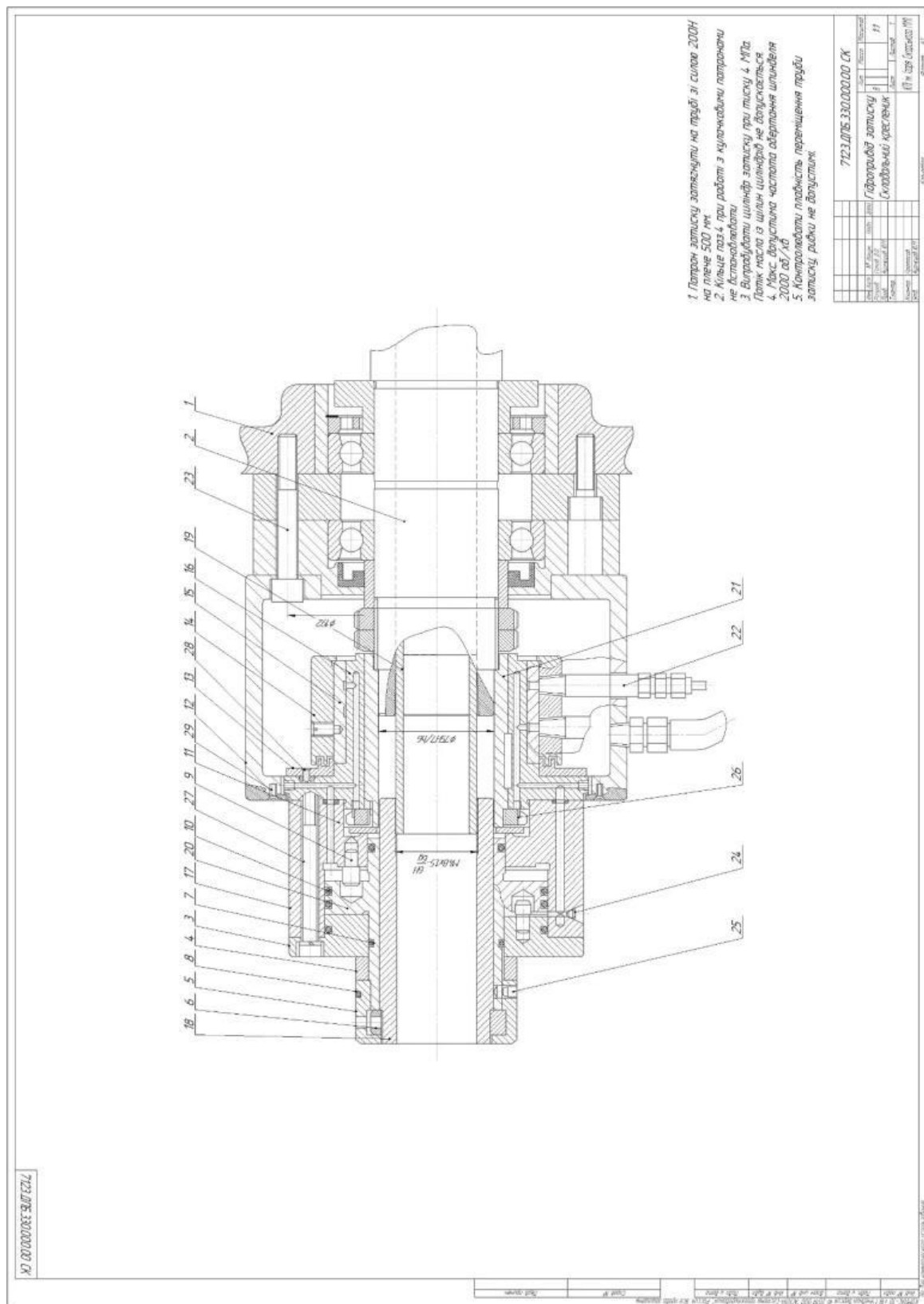


ДОДАТОК Б



Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>U</i>	23	30	40	50	60	70	80	90	100
<i>d</i>	21.30	21.10	20.85	20.60	20.35	20.10	19.85	19.60	19.35

ДОДАТОК В



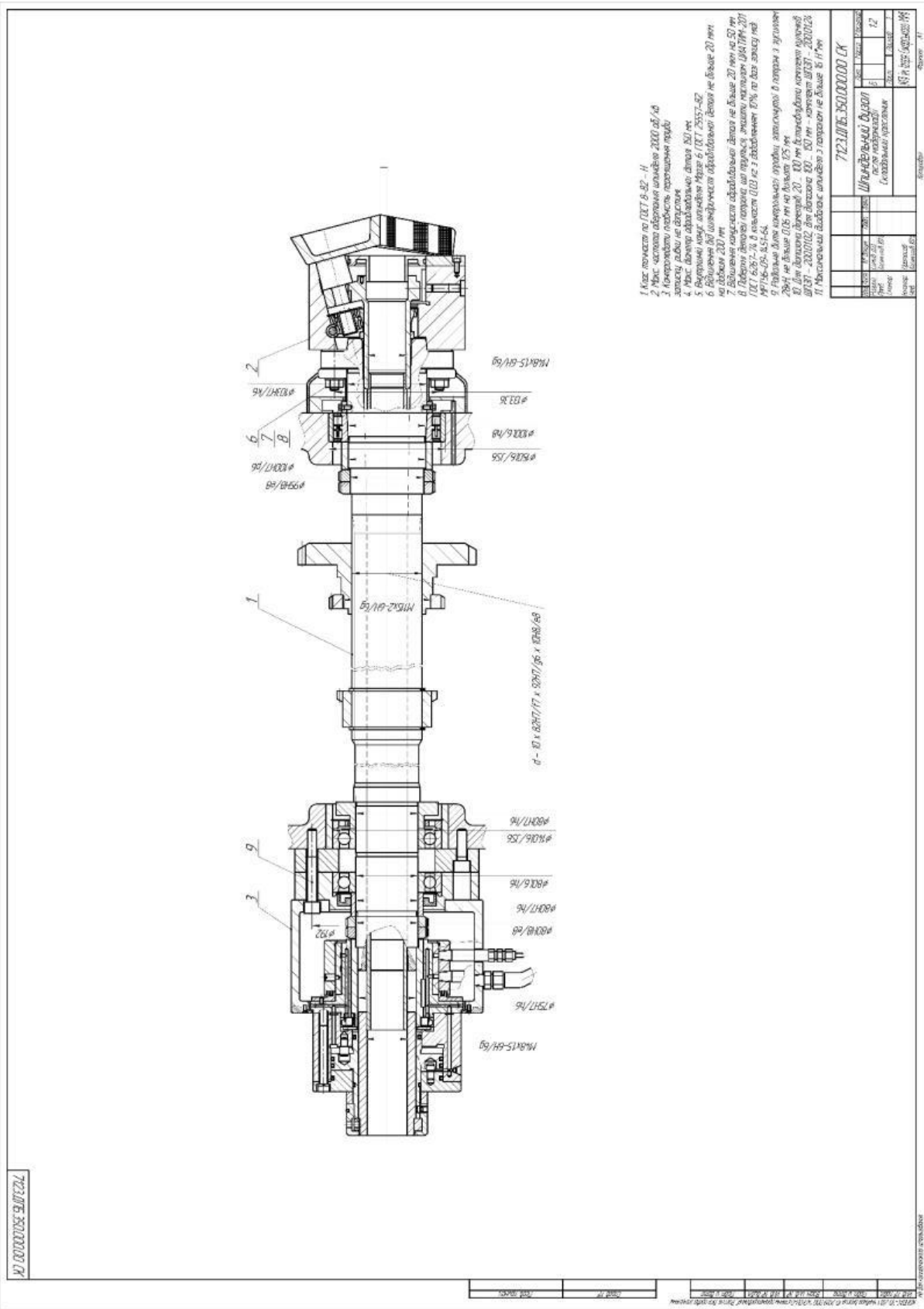
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

Лист

71

ДОДАТОК Г

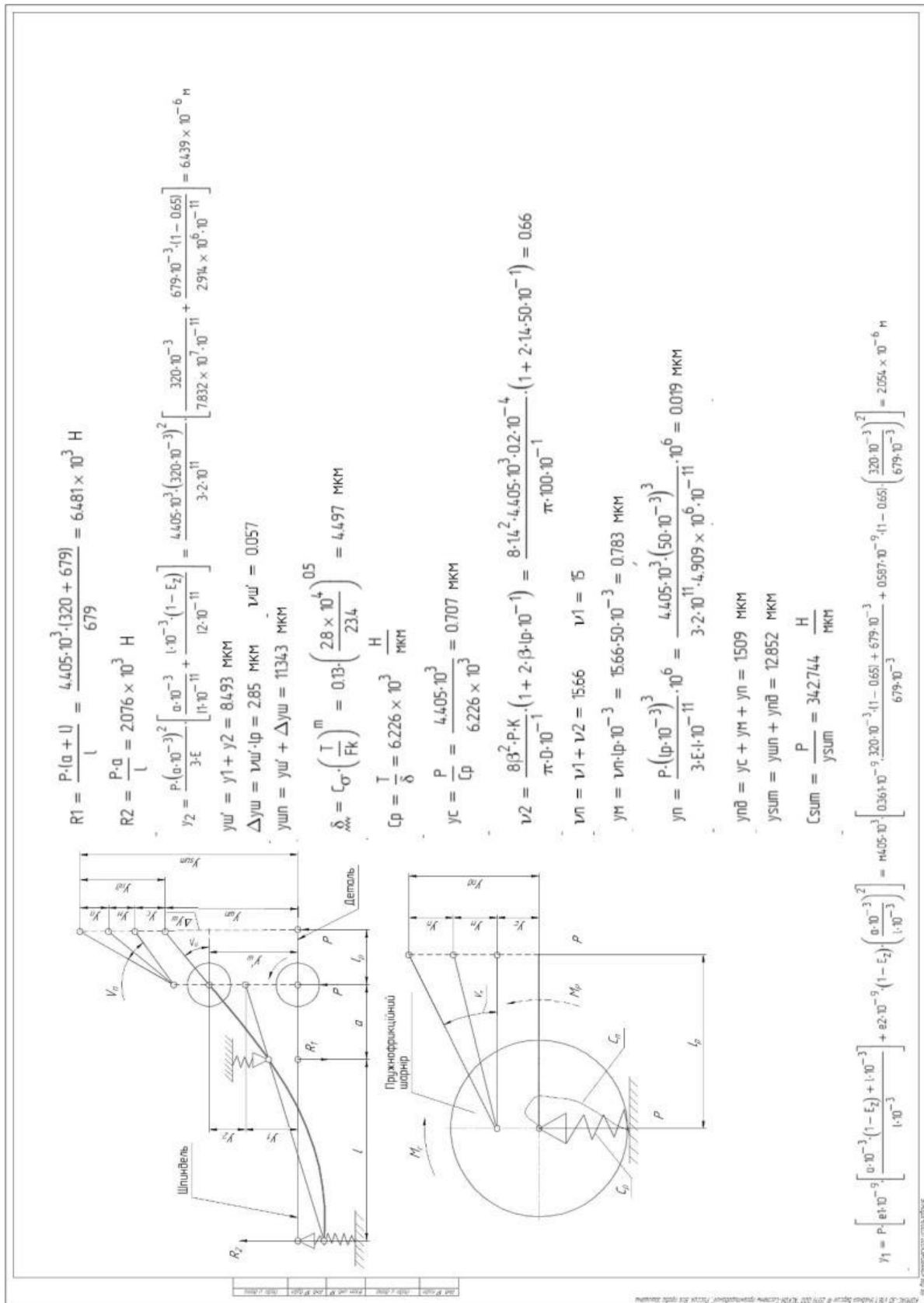


Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

Лист
72

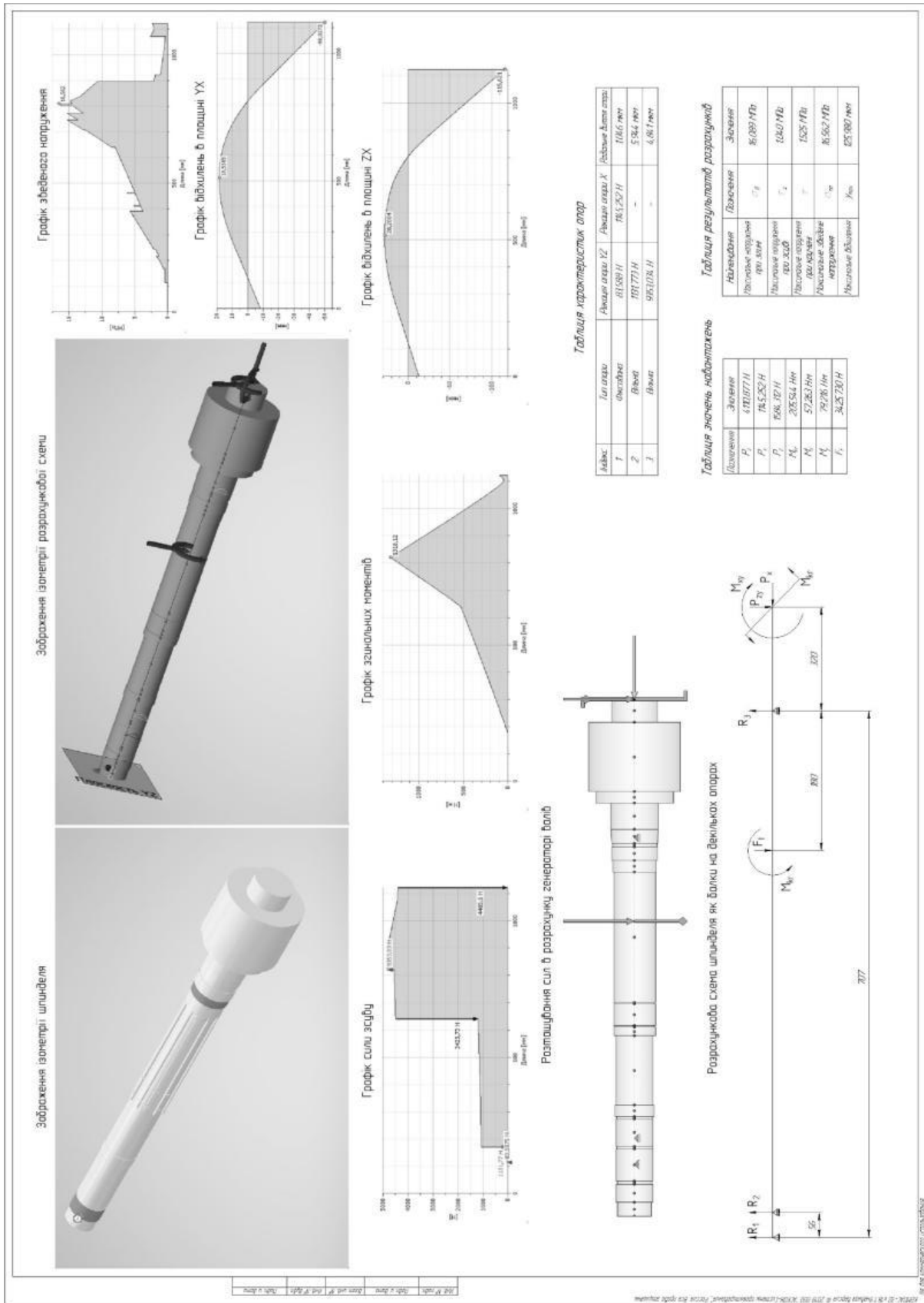
ДОДАТОК Д



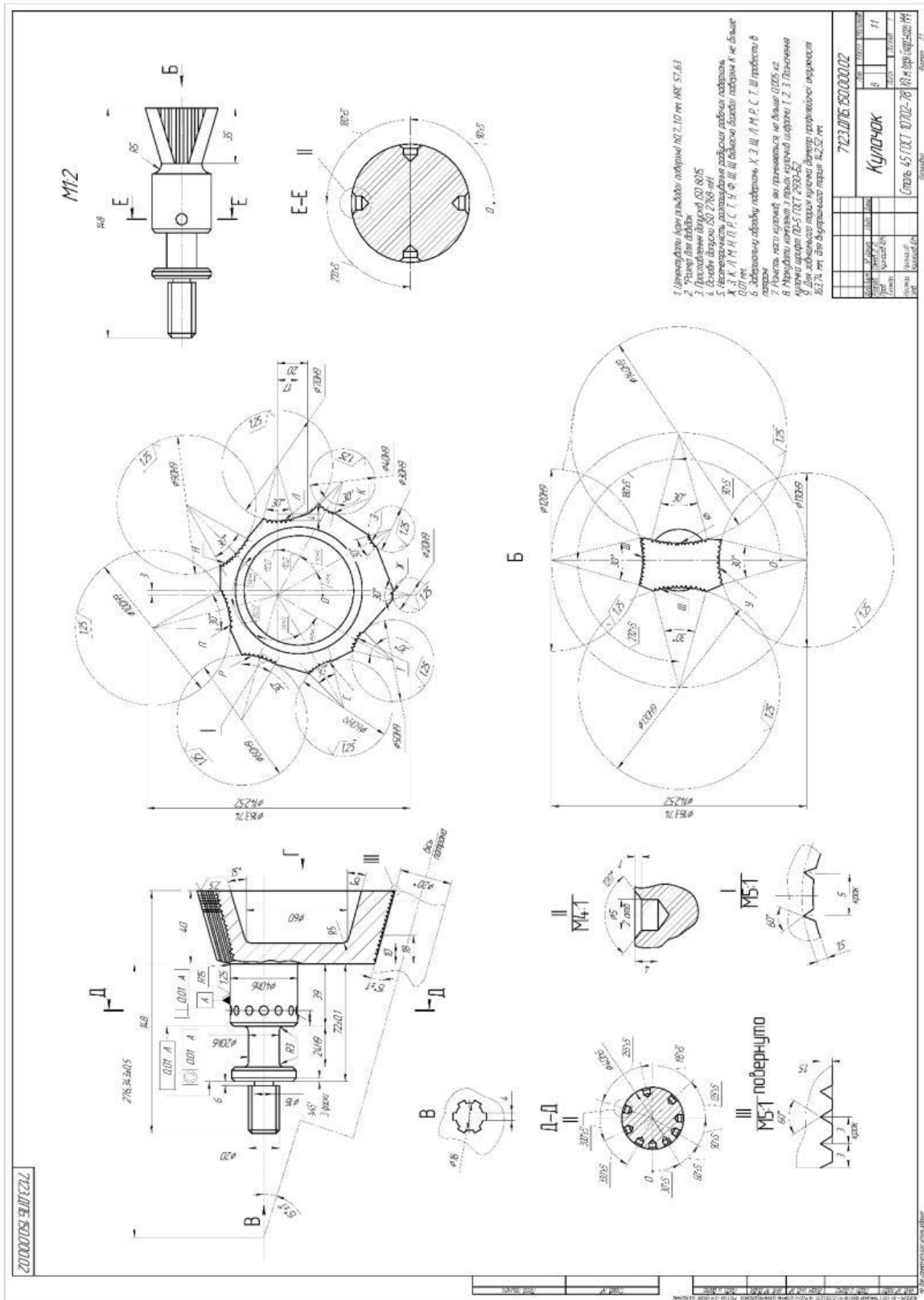
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

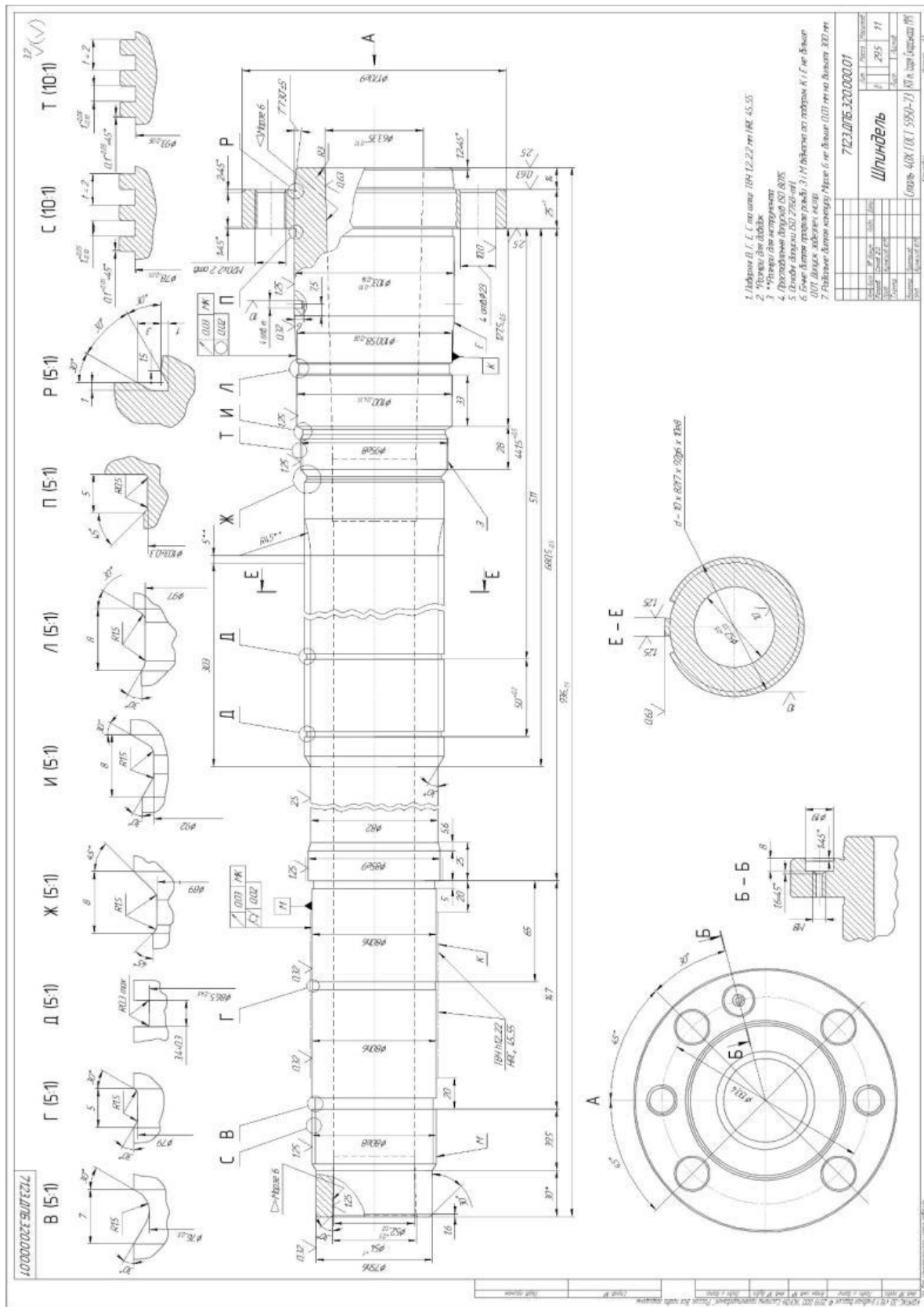
ДОДАТОК Ж



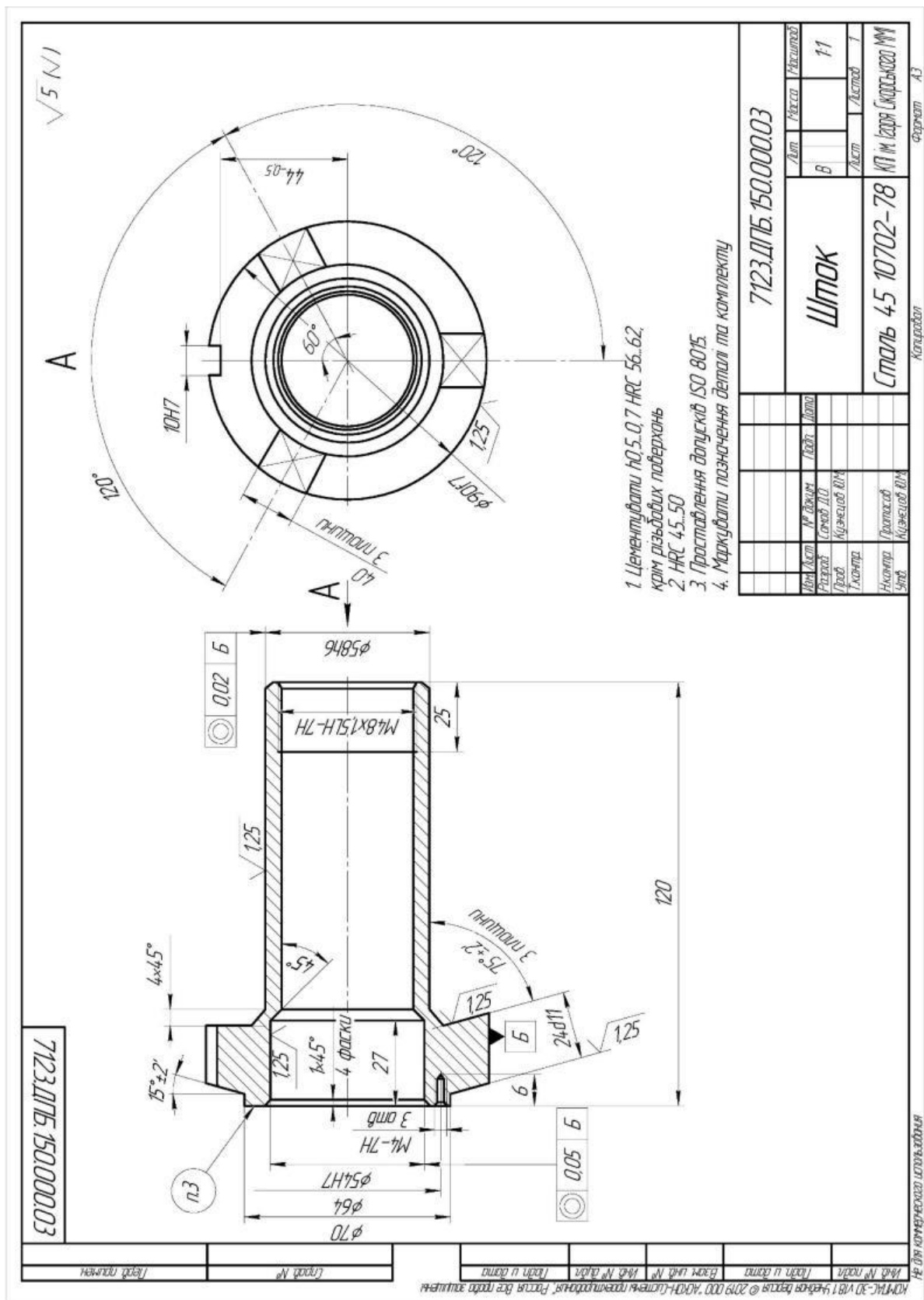
ДОДАТОК 3



ДОДАТОК К



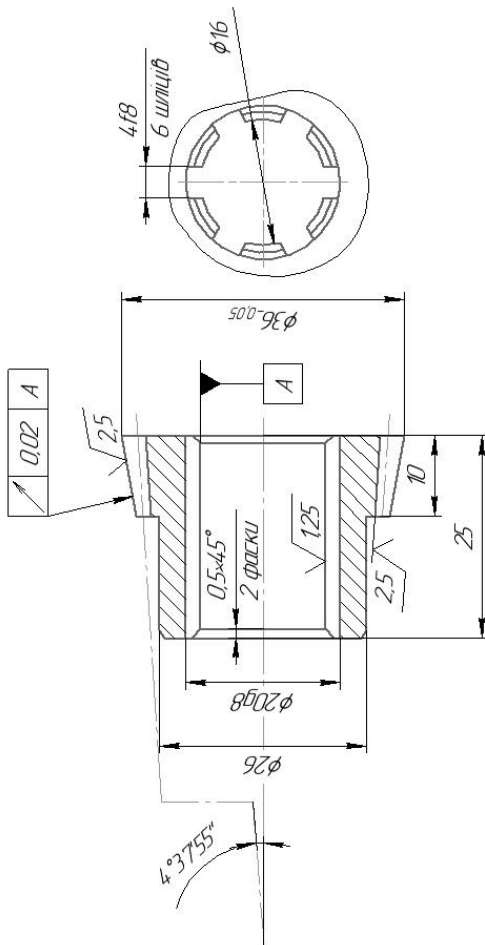
ДОДАТОК Л



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

ДОДАТОК М



Найменування	Позн	$\sqrt{5} \text{ (N)}$
Модуль	m	15
Число зубів	z	22
Профіль зуба	-	прямий
Кут діляного конуса	δ	$4^{\circ}37'55''$
Степень точності	-	7-C
Діляльний діаметр	d	33
Вихідний контур		ГОСТ 13754-68
Коєф. виміру тавцйни зуба	x_f	0
Коєф. змичення	x_e	0
Розміри зуба у вимірному перерізі		
Мжосьбий кут передачі	Σ'	15°
Середній окружний модуль	m_n	14,63
Зовнішня конусна відстань	R_e	203,613
Середня конусна відстань	R	198,613
Кут конуса впадін	δf	$4^{\circ}7'55''$
Зовнішня висота зуба	h_e	15

1. Цементувати hQ, 7...10
2. HRC 45...50
3. Проставлення допусків ISO 80/15.
4. Основні допуски ISO 2768-mH.

[illegible]

	Не для коммерческого использования
--	------------------------------------

Κομπροβίαν

Формат: А3

7123.075.150.000.04

 $\sqrt{5} (N)$

КОМПАС-3D v18.1 Учетная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Число

Podn. u dama

№	Инд. № докум.
---	---------------

U 2ama	B3am. UH
--------	----------

№ п/п	Подпись
-------	---------

He

Лепб. нрумен.

№ 10000

DWE

၂၀၁၇

47 WDEG

Подпись _____

He

Лист

78

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

ДОДАТОК Н

Дипломний проєкт на тему «Модернізація шпиндельного вузла (ШВ) токарного верстата з швидкопереналагоджувальним затискним патроном (ШПЗП)»

Автор презентації:

студент 4 курсу

групи МВ-71

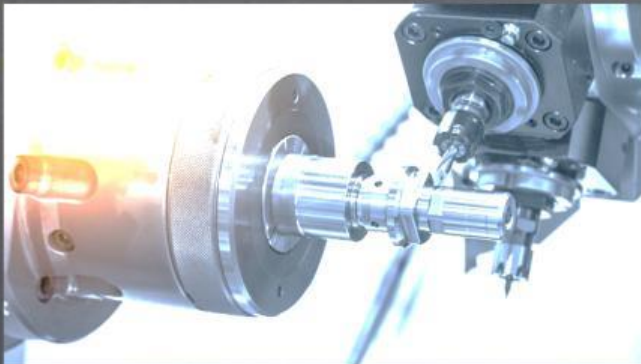
Сомов Дмитро Олександрович

Керівник проєкту:

д.т.н, професор Кузнєцов Юрій Миколайович

Мета проєкту

Розширення технологічних можливостей токарного верстата з ЧПК за рахунок використання клино-плунжерного швидкопереналагоджувального затискного патрона (ШПЗП) та удосконалення гідроприводу затиску



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

Лист

79

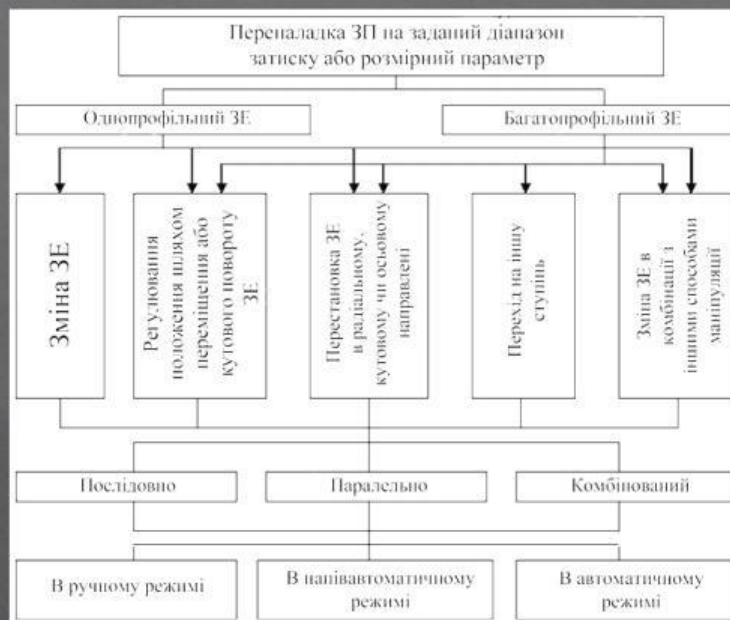
Задачі проекту

- ♦ Проведено патентно-інформаційне дослідження по ШПЗП.
- ♦ Виконаний морфологічний аналіз затискних патронів з різними передатно-підсилюючими ланками і способами переналагоджування на заданий діапазон діаметрів заготовок.
- ♦ Проведений морфологічний синтез з вилученням непрацездатних варіантів і обраний найбільш раціональний з клино-плунжерною передатно-підсилюючою ланкою і багатопрофільними поворотними кулачками.
- ♦ Розроблена конструкція ШПЗП і робочі креслення оригінальних деталей.
- ♦ Виконаний розрахунок режимів та сил різання типової деталі затиснутої в ШПЗП.
- ♦ Виконаний розрахунок шпindelного вузла на жорсткість із врахуванням піддатливості опор і затискного патрону.
- ♦ Виконане комп'ютерне моделювання пружно-деформованого стану, яке представлено у вигляді графіків.
- ♦ Оформлена спільна заявка на корисну модель «Торцева фреза».

Графічна частина дипломного проекту

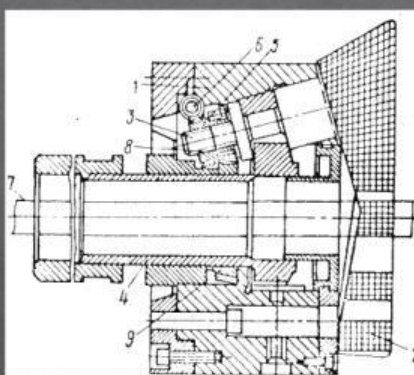
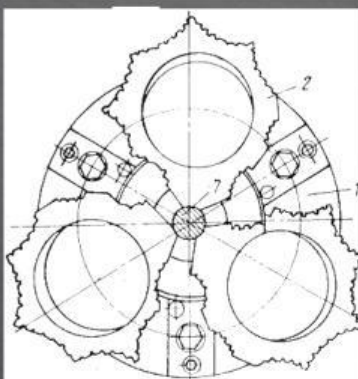
- ♦ ШВ до модернізації.
- ♦ Складальний кресленик ШПЗП.
- ♦ Складальний кресленик гідроприводу затиску
- ♦ ШВ після модернізації
- ♦ Розрахунки
- ♦ 3D моделювання
- ♦ Робочі креслення

Способи переналадки ЗП



ШПЗП плунжерного типу з одночасним позиціонуванням багатопрфільних ЗЕ

авт. свід. СРСР №1683884.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

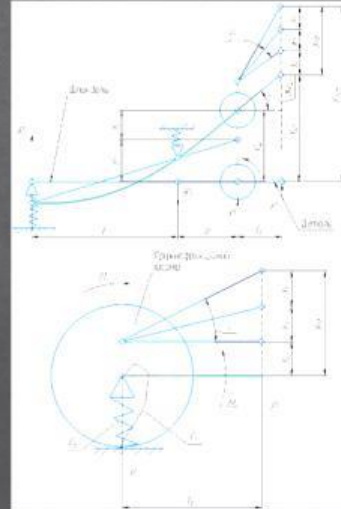
7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

Лист

81

Розрахунок шпиндельного вузла з урахуванням піддатливості затискного патрона

- ♦ Сила затиску патрону $T=28$ кН, сила різання $P=4405$ Н, площа контакту кулачків із заготовкою $F_k=23,4$ см². Розрахунок був проведений в програмному забезпеченні Mathcad.
- ♦ Сумарне зміщення $Y_{sum}=12,852$ мкм.
- ♦ Сумарна жорсткість системи Ш-П-Д $C_{sum}=342.744$ Н/мкм.
- ♦ Висновок: шпиндельний вузол відповідає нормам жорсткості Н за ГОСТ 18097-93, де допуск на переміщення становить 30 мкм. при силі до 5 кН.



Висновки

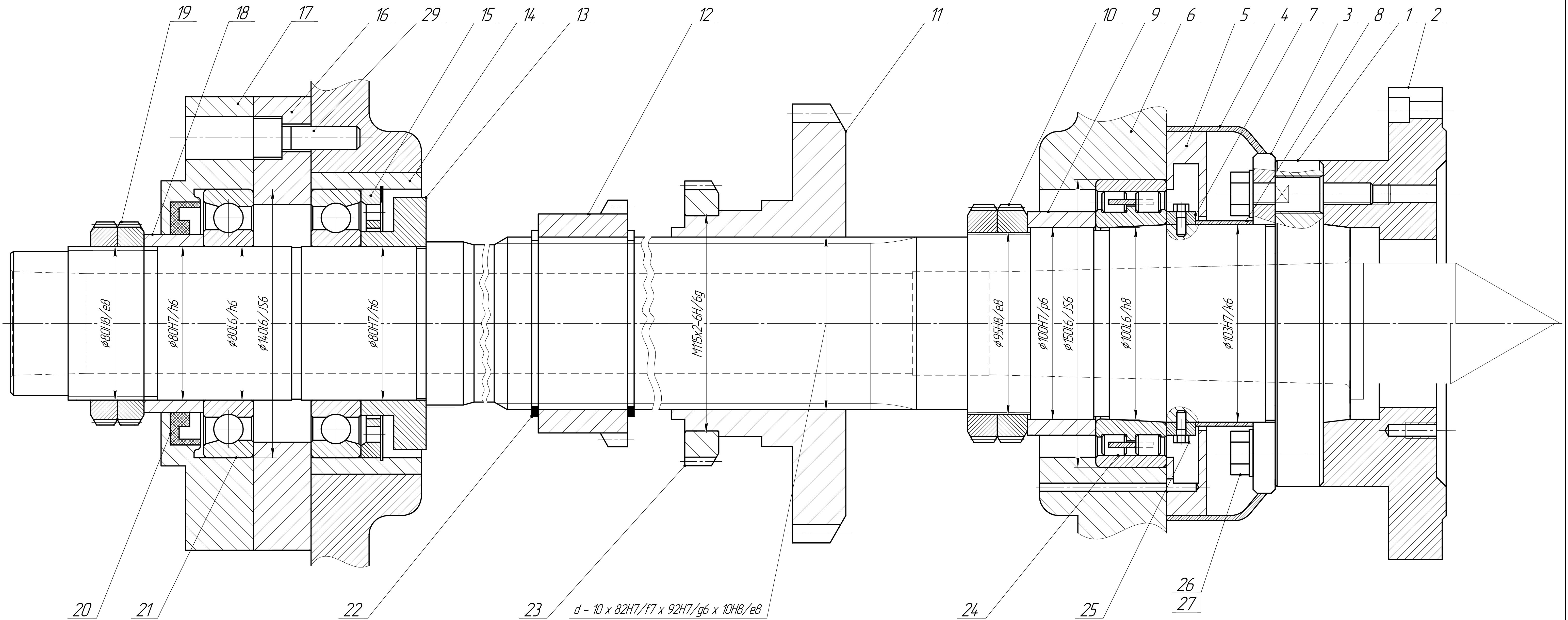
- ♦ Проведена успішна модернізація токарного верстата з ЧПУ на прикладі 16K20Ф30 С1
- ♦ Розроблені складальні креслення виробів та робочі креслення деталей
- ♦ Проведенні розрахунки статичної жорсткості ШВ із врахуванням піддатливості опор та затискного патрону, результати яких відповідають нормам точності по ГОСТ 18097-93
- ♦ Проведене комп'ютерне моделювання пружно-деформованого стану ШВ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

7123.ДПБ000.000.000 ПЗ

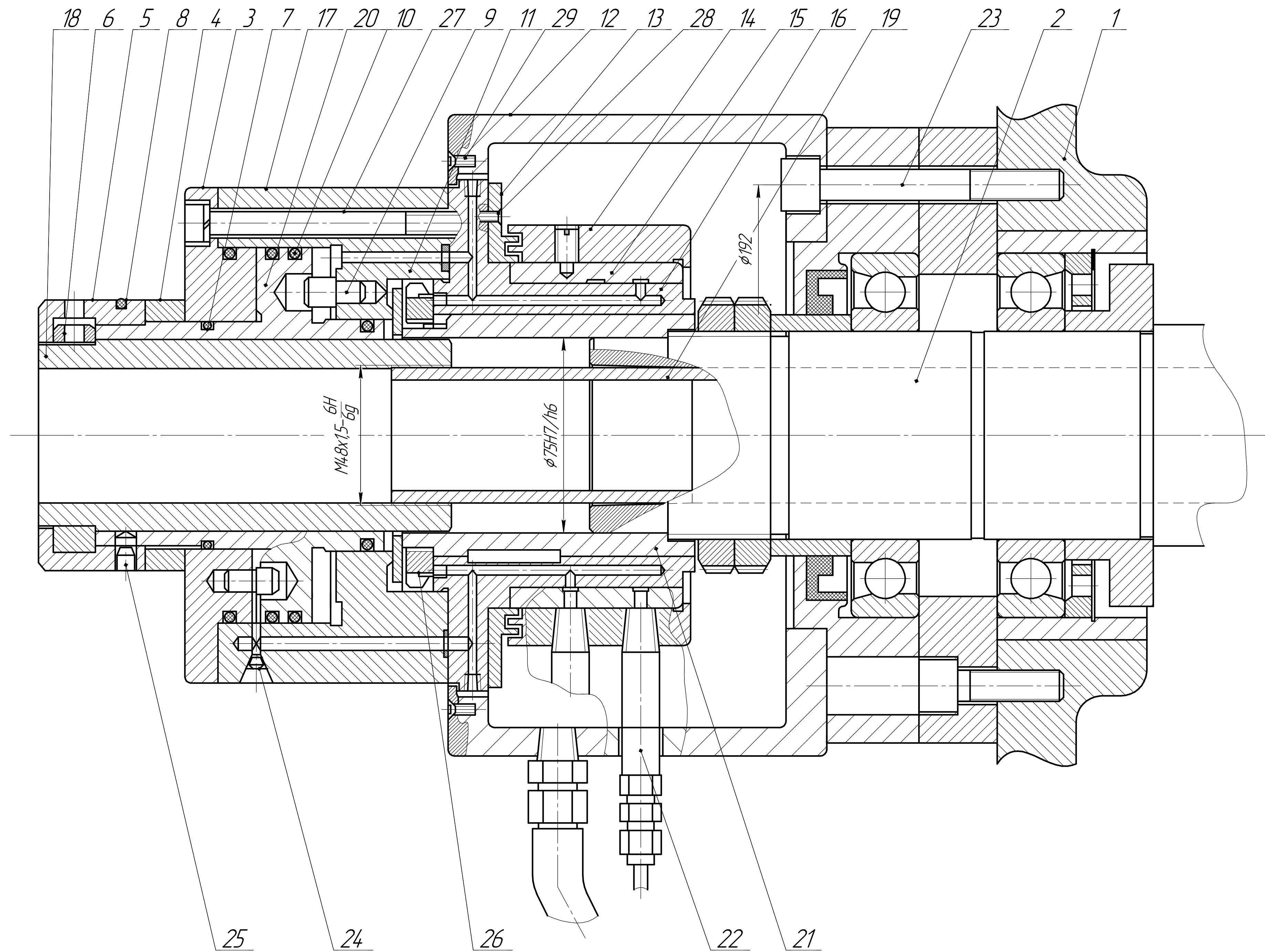
Лист

82



1. Клас точності по ГОСТ 8-82 – Н
2. Межа частот прямого обертання шпинделя 12,5-2000 об/хв
3. Межа частот одерненого одертання шпинделя 19-2420 об/хв
4. Макс. діаметр оброблюваної деталі над суппортом 220 мм.
5. Внутрішній конус шпинделя Морзе 6 ГОСТ 25557-82
6. Відхилення від циліндричності оброблюваної деталі не більше 20 мкм на довжині 200 мм.
7. Відхилення конусності оброблюваної деталі не більше 20 мкм на 50 мм
8. Відхилення торцевої поверхні оброблюваної деталі 16 мкм на діаметрі 200 мм

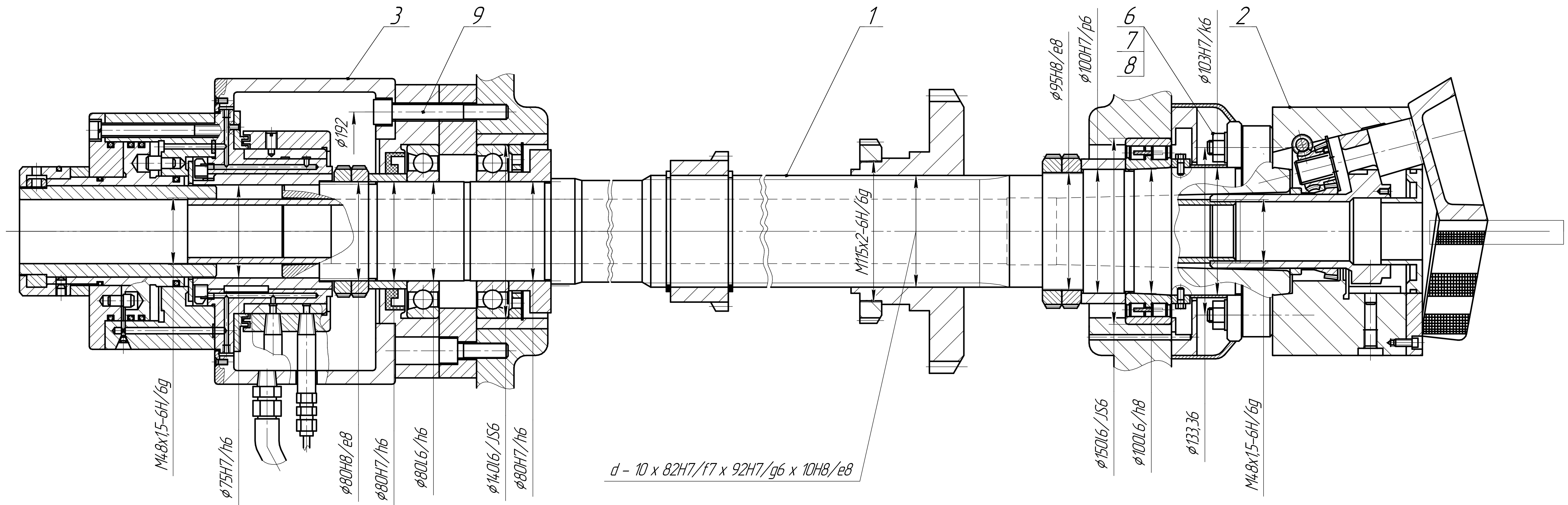
					7123.ДПБ.320.000.00 СК		
Ізв.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Шпиндельний вузол до модернізації Складальний кресленник		
Разроб.	Самод. ДД						
Проб.	Курсовод ЮМ				В		11
Т.контр.					Лист	Листов	1
Інконтр.		Протасов			КПІ ім. Ізоря Сікорського ММ		
Удп.		Курсовод ЮМ					
Курсовод					Протасов 11		



1. Патрон затиску затягнути на трубі зі силою 200Н на плече 500 мм.
2. Кільце поз.4 при роботі з кулачковими патронами не встановлювати
3. Випробувати циліндр затиску при тиску 4 МПа. Потік масла із щілин циліндрів не допускається.
4. Макс. допустима частота обертання шпинделя 2000 об/хв
5. Контролювати плавність переміщення труби затиску, рубку не допустити.

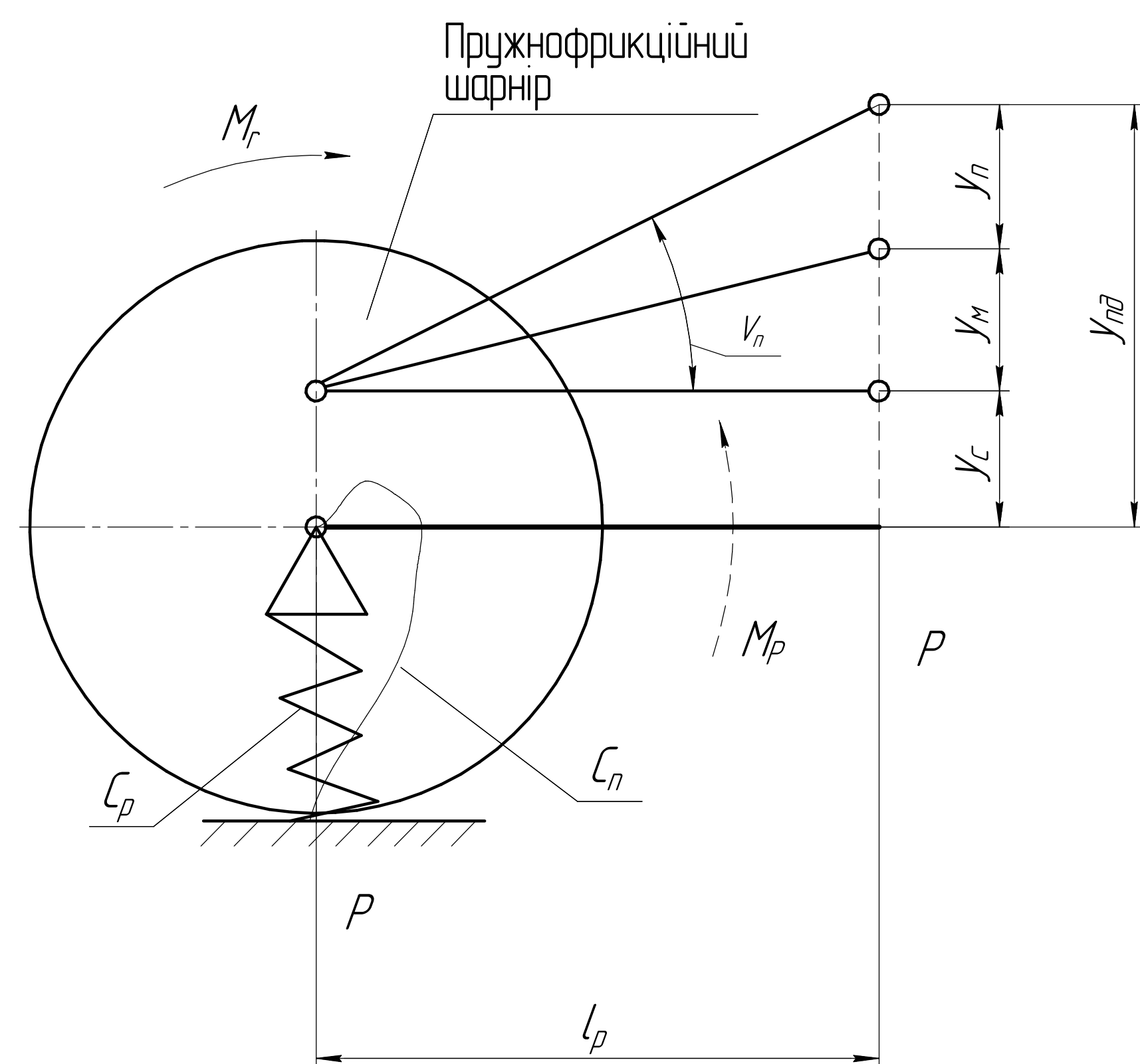
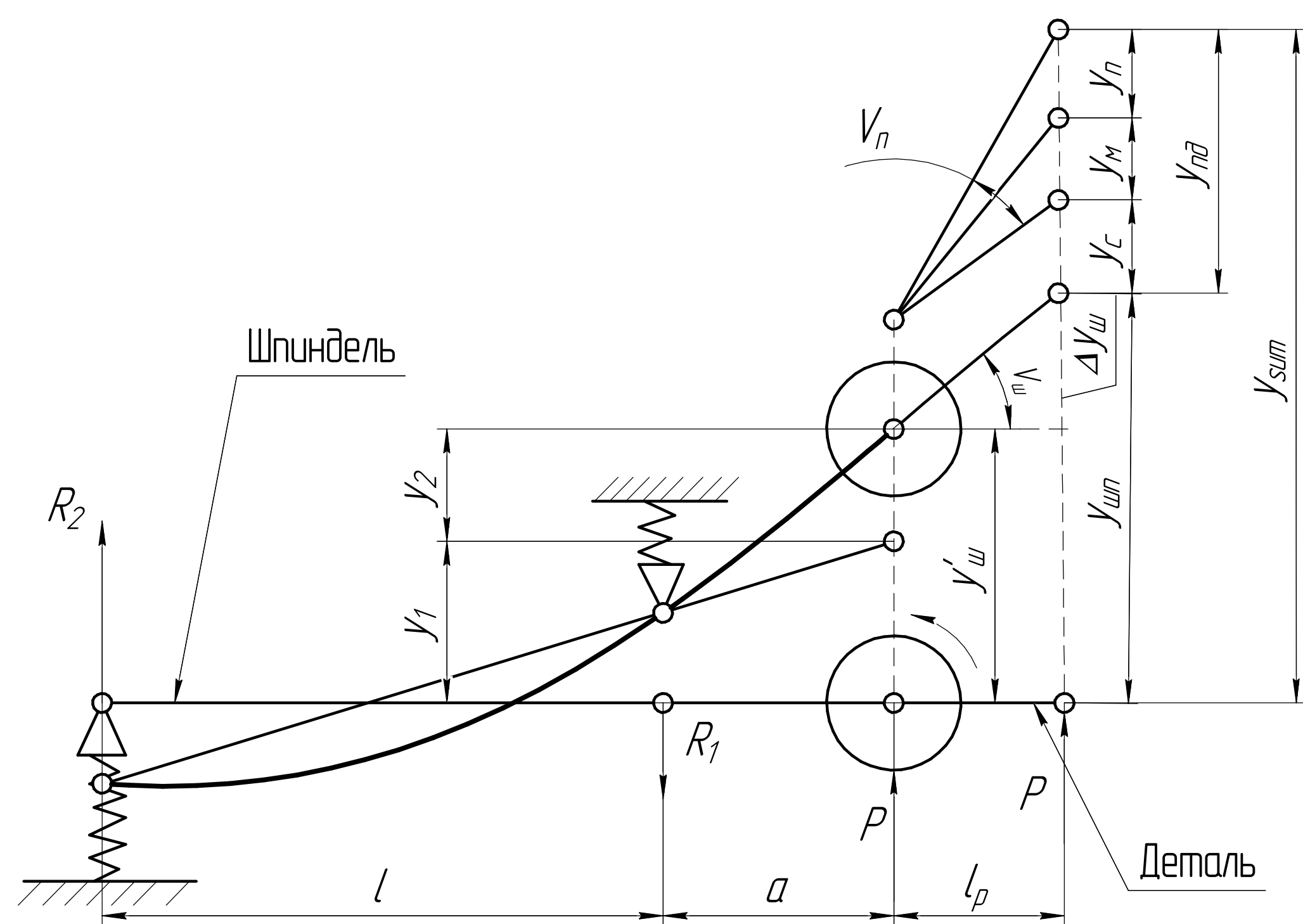
						7123.ДІПБ.330.000.00 СК					
Ізг.	Лист	№ докм.	Підп.	Дата	Гідропривід затиску Складальний кресленик			Лист	Маса	Масштаб	
Разроб.	Самов ДД							В			1:1
Проб.	Кузнецов ЮМ										
Т.контр.								Лист		Листов	1
Н.контр.	Протасов							КПІ ім. Ізбры Сікорського ММ			
Утв.	Кузнецов ЮМ										

7123.ДПБ.350.000.00 СК



1. Клас точності по ГОСТ 8-82 - Н
2. Макс. частота обертання шпинделя 2000 об/хв
3. Контролювати плавність переміщення труди запуску, ривки не допустимі.
4. Макс. діаметр оброблюваної деталі 150 мм.
5. Внутрішній конус шпинделя Морзе 6 ГОСТ 25557-82
6. Відхилення від циліндричності оброблюваної деталі не більше 20 мкм на довжині 200 мм.
7. Відхилення конусності оброблюваної деталі не більше 20 мкм на 50 мм
8. Поверхні деталей патрона, що труться, змазати мастилом ЦИАТИМ-201 ГОСТ 6267-74 в кількості 0,03 кг з додаванням 10% по вазі закису міді МРТУ6-09-1451-64.
9. Радіальне диття контрольної оправки, затиснутої в патроні з зусиллям 28кН, не більше 0,06 мм на вильоті 125 мм.
10. Для діапазона діаметрів 20 ... 100 мм встановлювати комплект кулачків ШПЗП - 200.0102, для діапазона 100 ... 150 мм - комплект ШПЗП - 200.0124
11. Максимальний дисбаланс шпинделя з патроном не більше 16 Н*мм

7123.ДПБ.350.000.00 СК				Лист	Маса	Масштаб
В						1:2
Лист				Листов		1
КПІ ім. Ізоря Сікорського ММ						



$$R1 = \frac{P \cdot (a + l)}{l} = \frac{4.405 \cdot 10^3 \cdot (320 + 679)}{679} = 6.481 \times 10^3 \text{ H}$$

$$R2 = \frac{P \cdot a}{l} = 2.076 \times 10^3 \text{ H}$$

$$y2 = \frac{P \cdot (a \cdot 10^{-3})^2}{3 \cdot E} \left[\frac{a \cdot 10^{-3}}{11 \cdot 10^{-11}} + \frac{l \cdot 10^{-3} \cdot (1 - E_z)}{12 \cdot 10^{-11}} \right] = \frac{4.405 \cdot 10^3 \cdot (320 \cdot 10^{-3})^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11}} \left[\frac{320 \cdot 10^{-3}}{7.832 \times 10^7 \cdot 10^{-11}} + \frac{679 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0.65)}{2.914 \times 10^6 \cdot 10^{-11}} \right] = 6.439 \times 10^{-6} \text{ м}$$

$$y_{\omega'} = y1 + y2 = 8.493 \text{ мкм}$$

$$\Delta y_{\omega} = \nu_{\omega'} \cdot l_p = 2.85 \text{ мкм} \quad \nu_{\omega'} = 0.057$$

$$y_{\omega n} = y_{\omega'} + \Delta y_{\omega} = 11.343 \text{ мкм}$$

$$\delta_{\omega} = \zeta_{\sigma} \cdot \left(\frac{T}{F_k} \right)^m = 0.13 \cdot \left(\frac{2.8 \times 10^4}{23.4} \right)^{0.5} = 4.497 \text{ мкм}$$

$$\zeta_p = \frac{T}{\delta} = 6.226 \times 10^3 \frac{\text{H}}{\text{мкм}}$$

$$y_c = \frac{P}{\zeta_p} = \frac{4.405 \cdot 10^3}{6.226 \times 10^3} = 0.707 \text{ мкм}$$

$$\nu_2 = \frac{8 \beta^2 \cdot P \cdot K}{\pi \cdot D \cdot 10^{-1}} \cdot (1 + 2 \cdot \beta \cdot l_p \cdot 10^{-1}) = \frac{8 \cdot 14^2 \cdot 4.405 \cdot 10^3 \cdot 0.2 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 100 \cdot 10^{-1}} \cdot (1 + 2 \cdot 14 \cdot 50 \cdot 10^{-1}) = 0.66$$

$$\nu_n = \nu_1 + \nu_2 = 15.66 \quad \nu_1 = 15$$

$$y_m = \nu_n \cdot l_p \cdot 10^{-3} = 15.66 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 0.783 \text{ мкм}$$

$$y_n = \frac{P \cdot (l_p \cdot 10^{-3})^3}{3 \cdot E \cdot l \cdot 10^{-11}} \cdot 10^6 = \frac{4.405 \cdot 10^3 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 4.909 \times 10^6 \cdot 10^{-11}} \cdot 10^6 = 0.019 \text{ мкм}$$

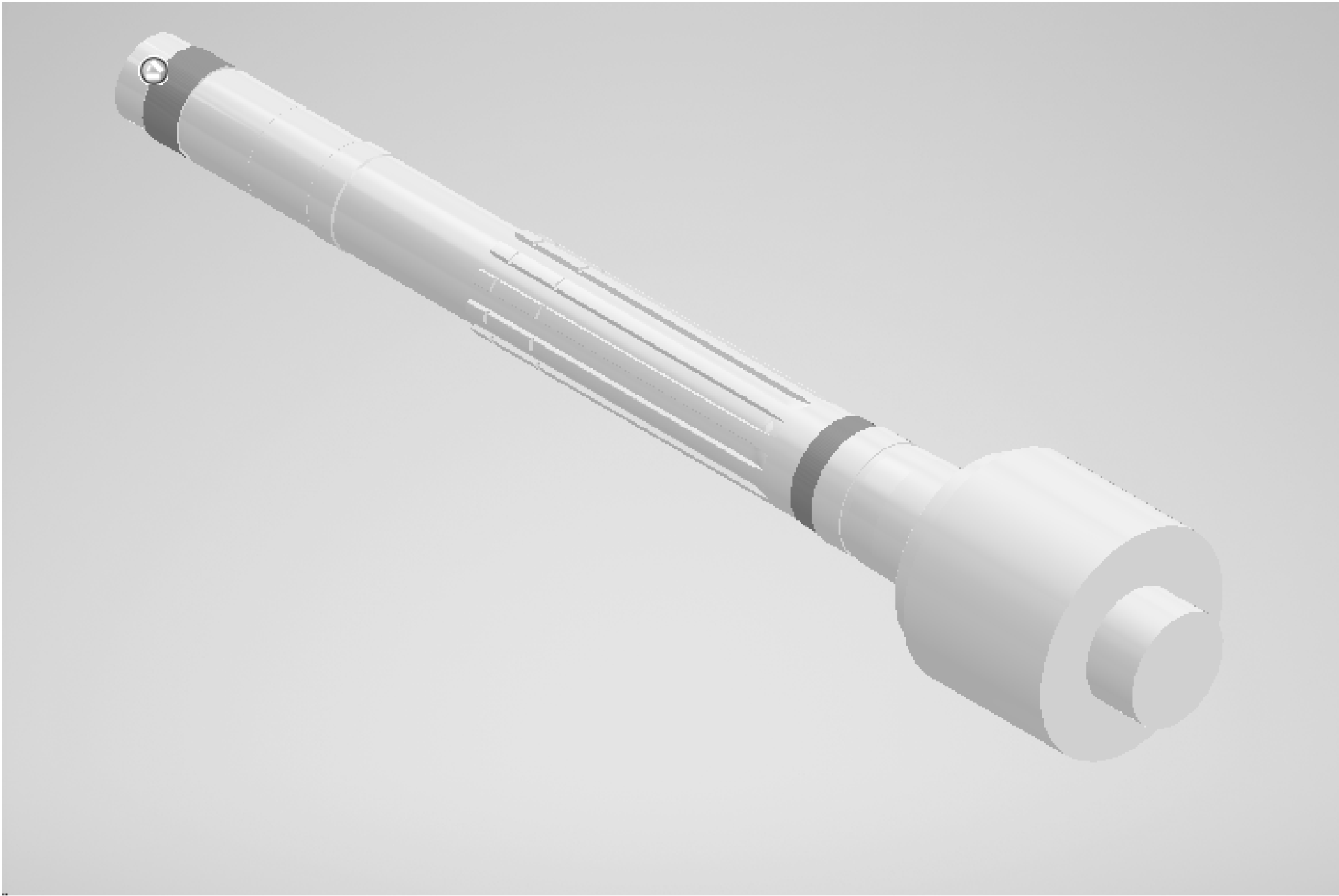
$$y_{n\bar{d}} = y_c + y_m + y_n = 1509 \text{ мкм}$$

$$y_{sum} = y_{\omega n} + y_{n\bar{d}} = 12.852 \text{ мкм}$$

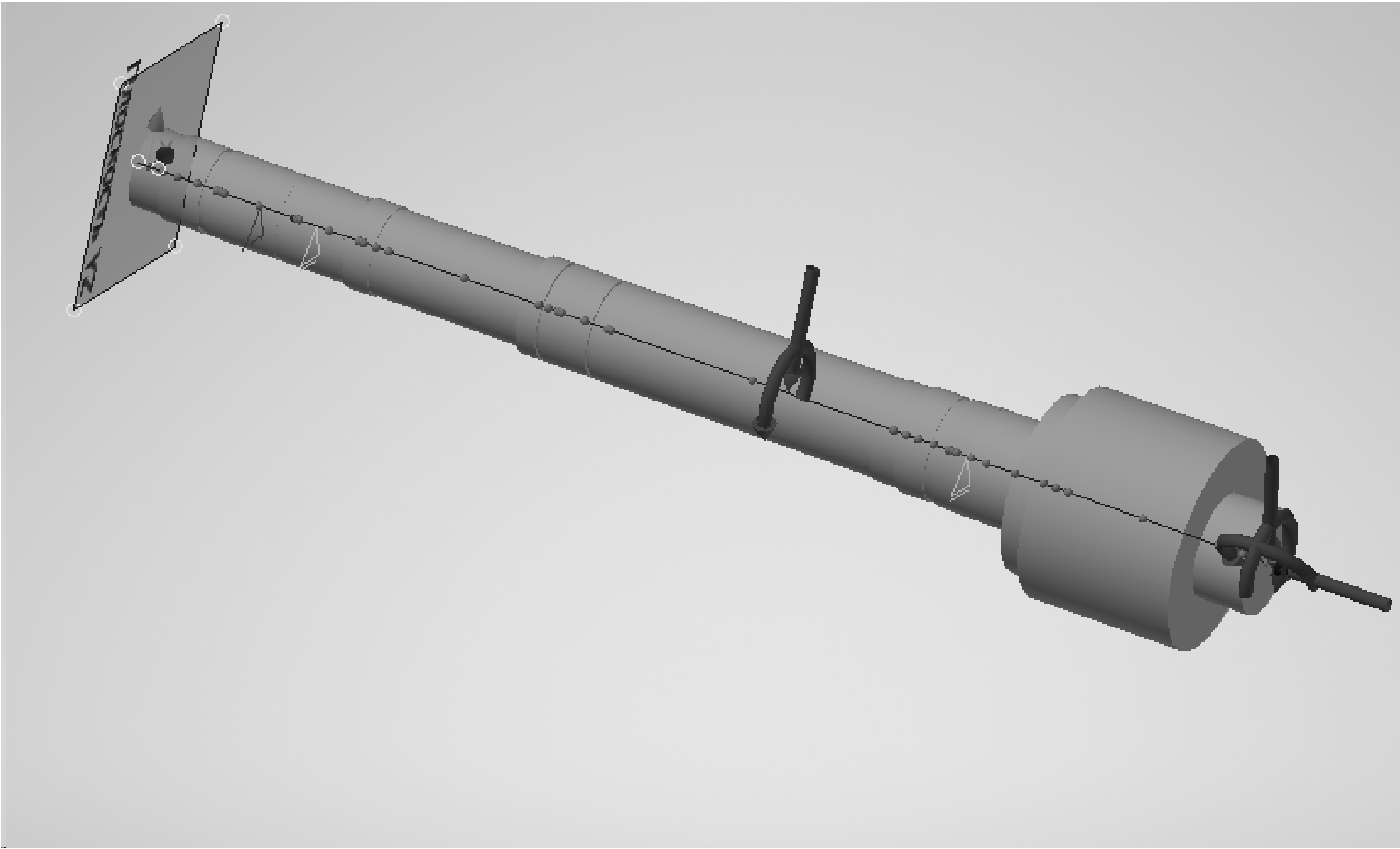
$$\zeta_{sum} = \frac{P}{y_{sum}} = 342.744 \frac{\text{H}}{\text{мкм}}$$

$$y1 = P \cdot \left[e1 \cdot 10^{-9} \cdot \left[\frac{a \cdot 10^{-3} \cdot (1 - E_z) + l \cdot 10^{-3}}{l \cdot 10^{-3}} \right] + e2 \cdot 10^{-9} \cdot (1 - E_z) \cdot \left(\frac{a \cdot 10^{-3}}{l \cdot 10^{-3}} \right)^2 \right] = 4.405 \cdot 10^3 \cdot \left[0.361 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{320 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0.65) + 679 \cdot 10^{-3}}{679 \cdot 10^{-3}} + 0.587 \cdot 10^{-9} \cdot (1 - 0.65) \cdot \left(\frac{320 \cdot 10^{-3}}{679 \cdot 10^{-3}} \right)^2 \right] = 2.054 \times 10^{-6} \text{ м}$$

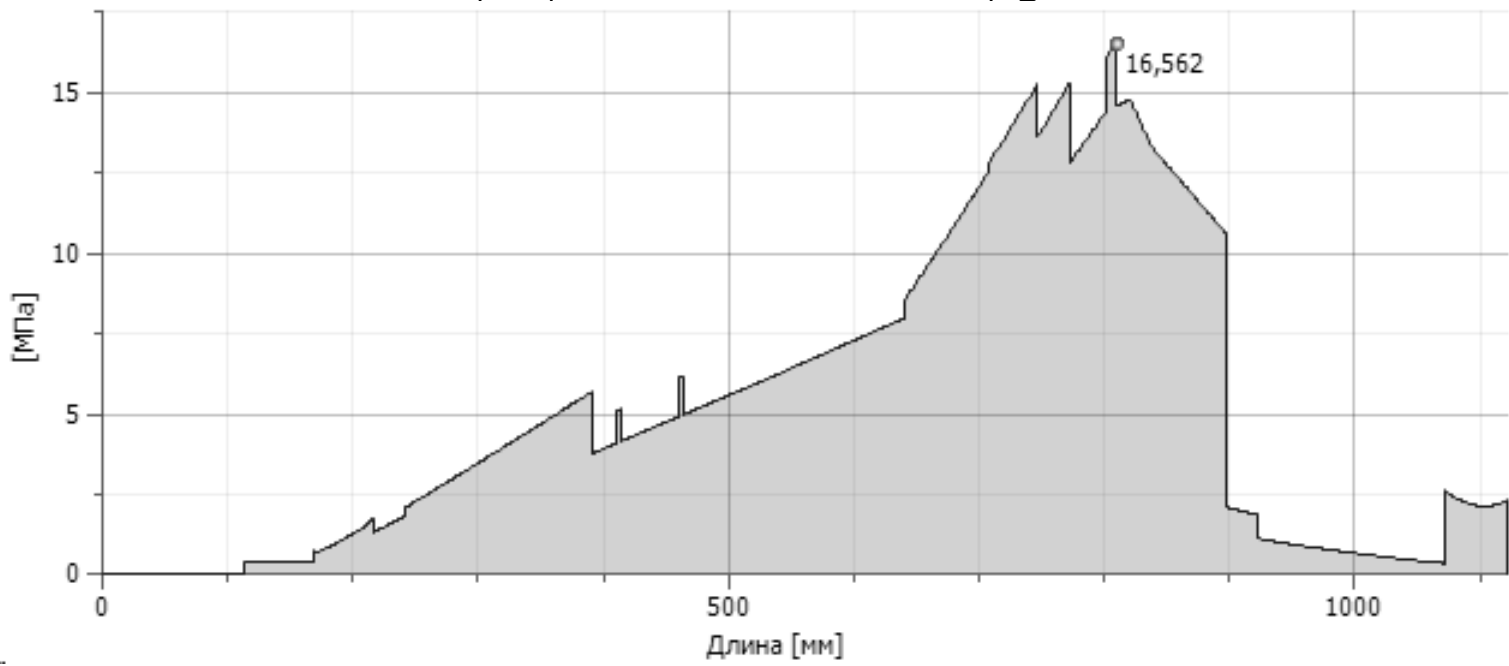
Зображення ізометрії шпинделя



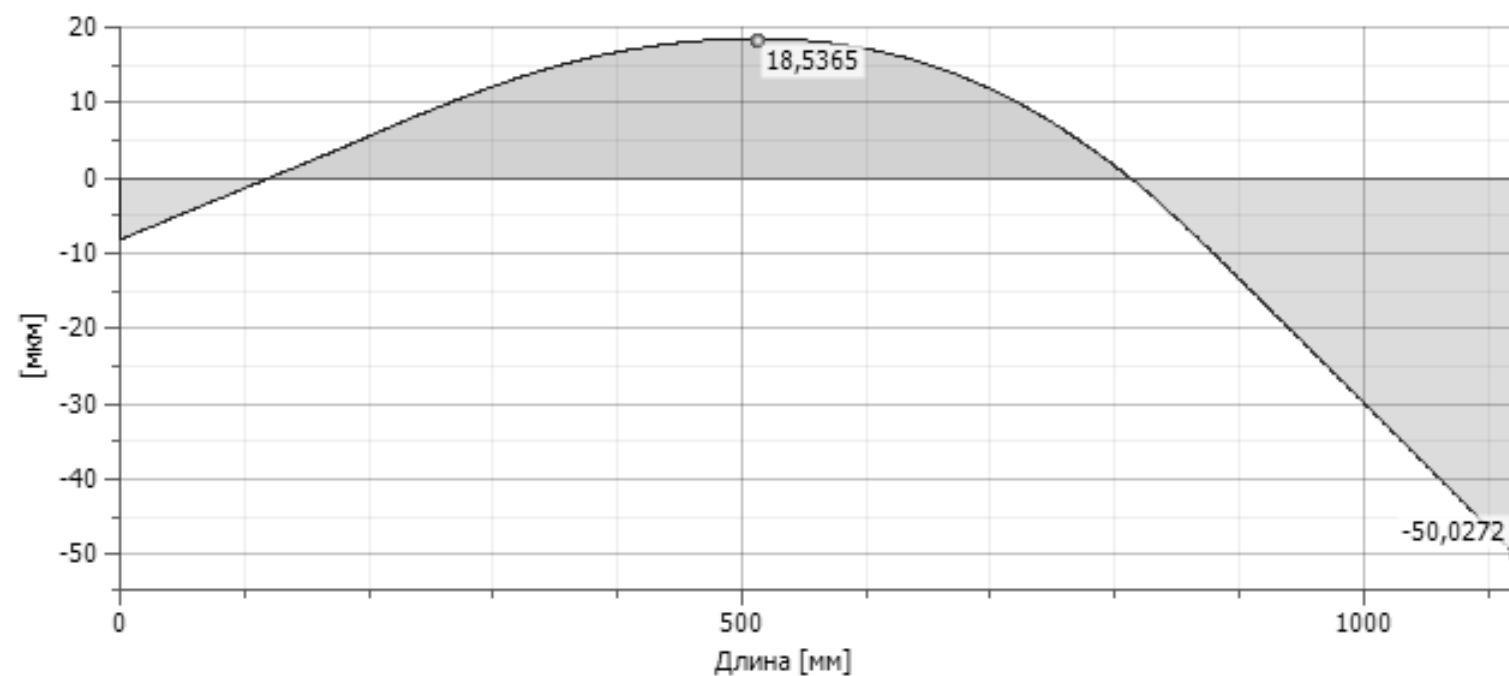
Зображення ізометрії розрахункової схеми



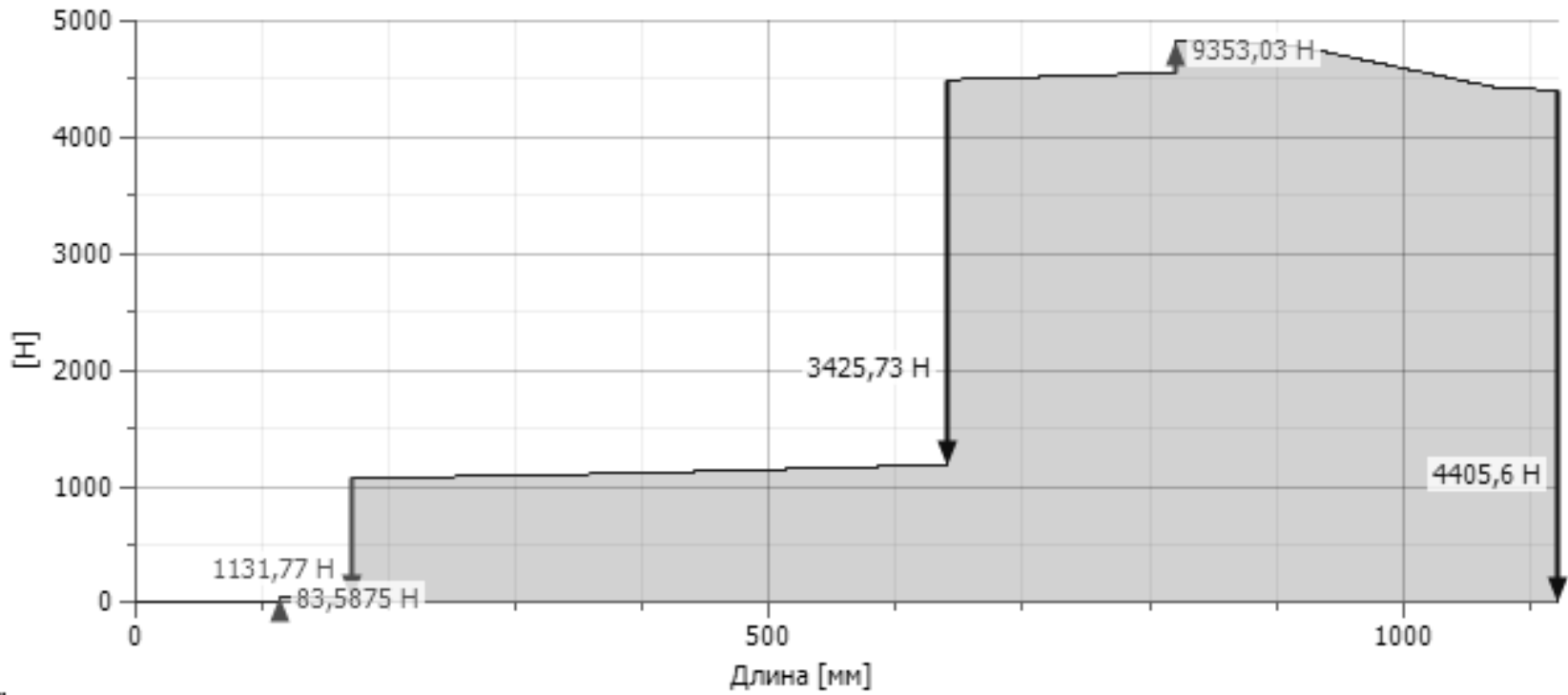
Графік зведеного напруження



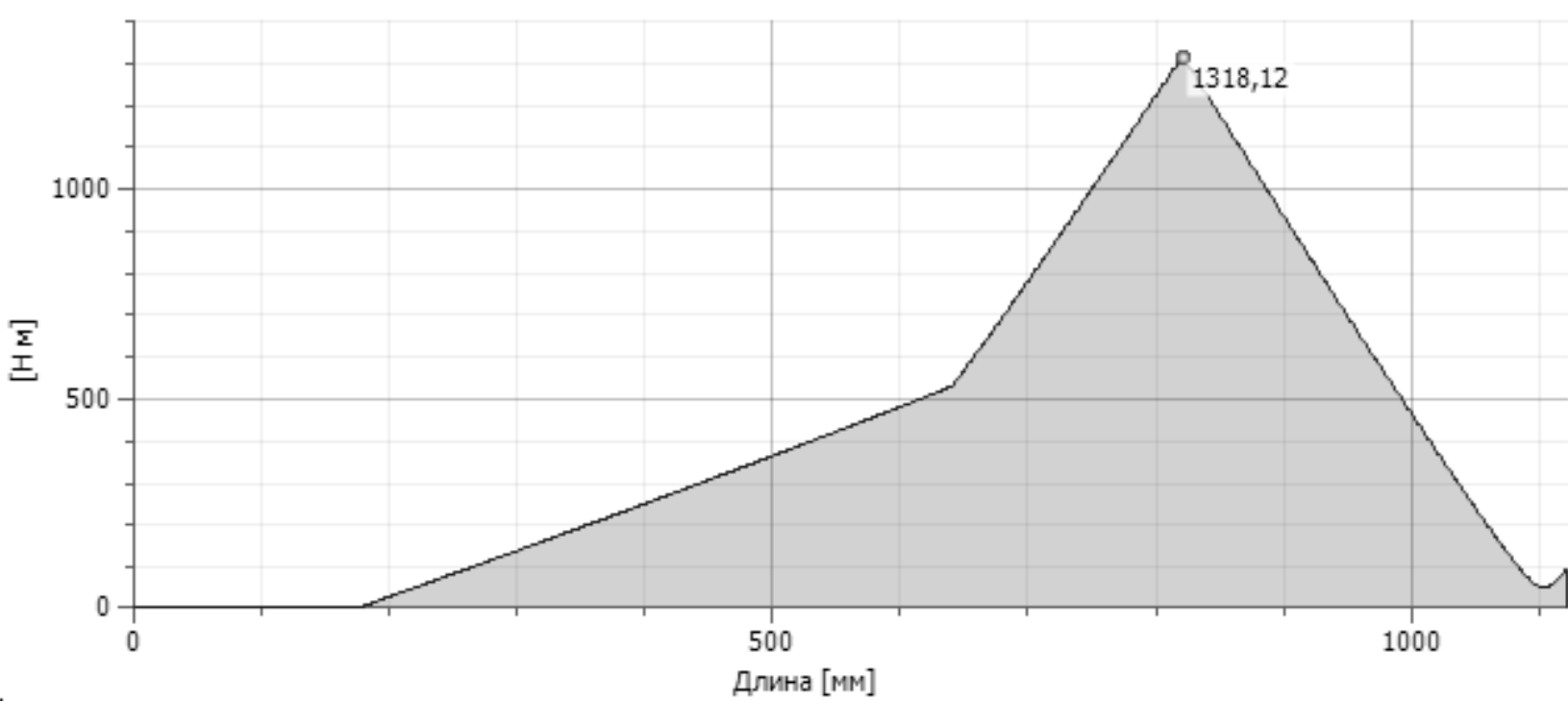
Графік відхилень в площині YX



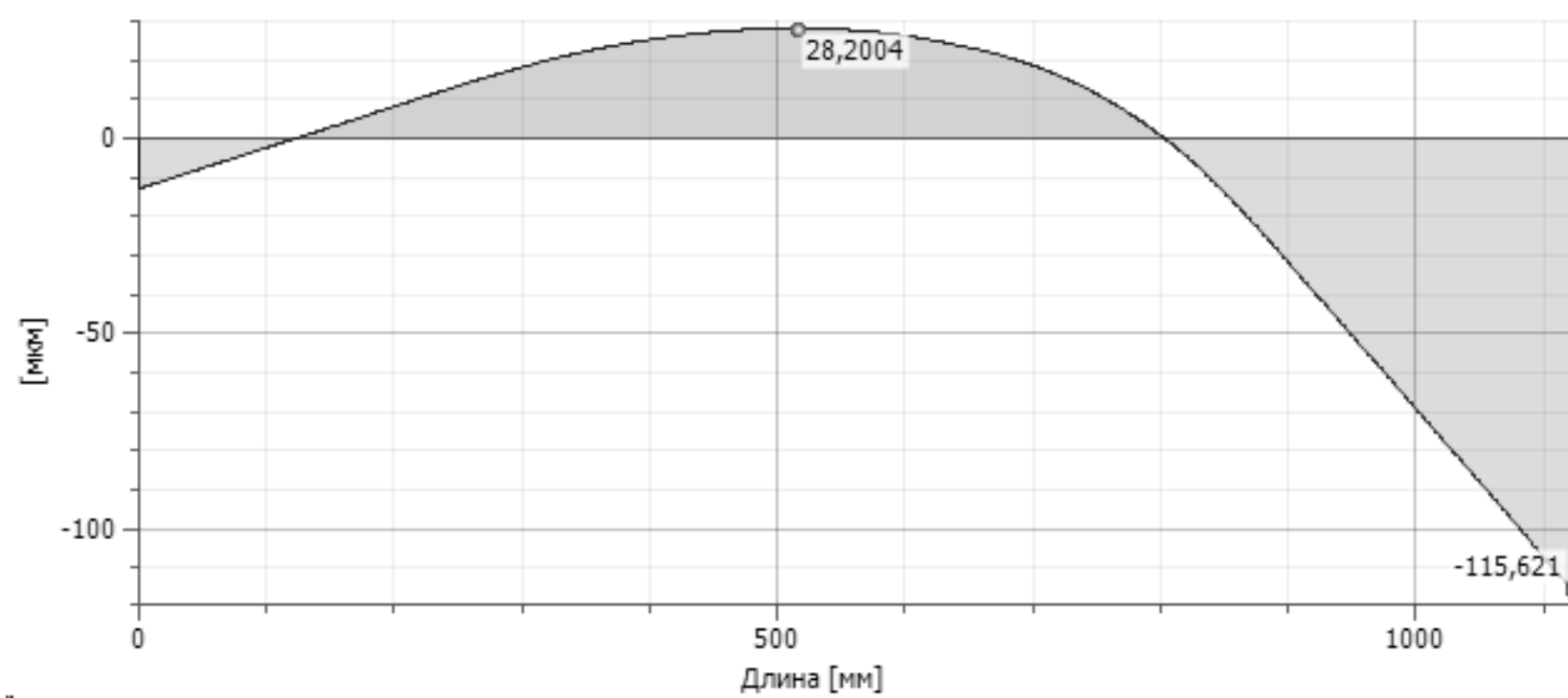
Графік сили зсуву



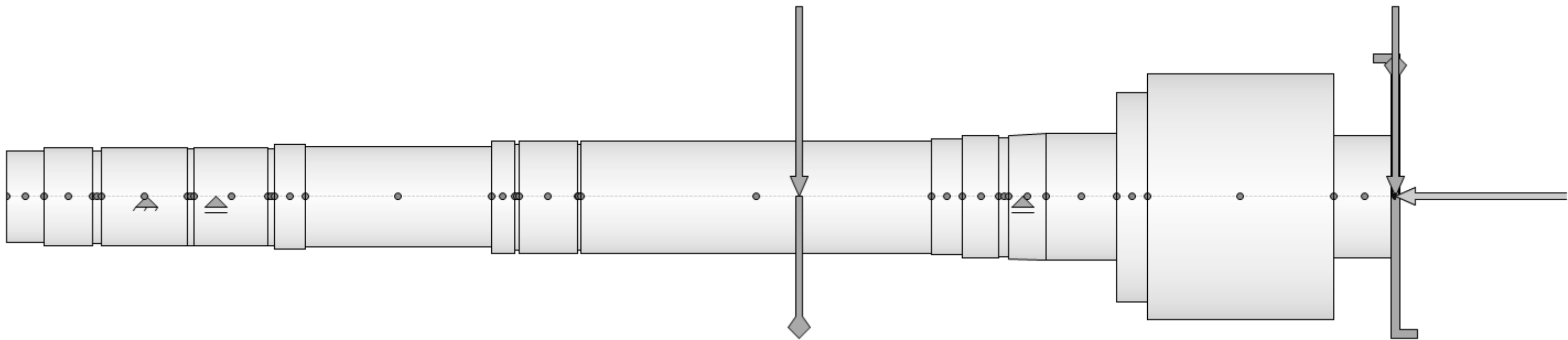
Графік згинальних моментів



Графік відхилень в площині ZX



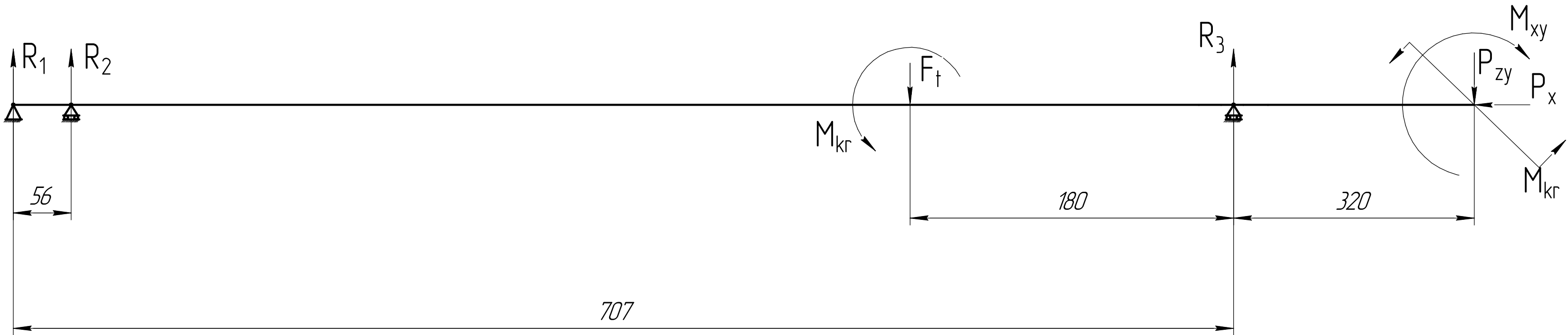
Розташування сил в розрахунку генераторі валів



Таблиця характеристик опор

Індекс	Тип опори	Реакція опори YZ	Реакція опори X	Радіальне виття опори
1	Фіксована	83,588 Н	1145,252 Н	1,046 мкм
2	Вільна	1131,773 Н	–	5,944 мкм
3	Вільна	9353,034 Н	–	4,841 мкм

Розрахункова схема шпинделя як балки на декількох опорах

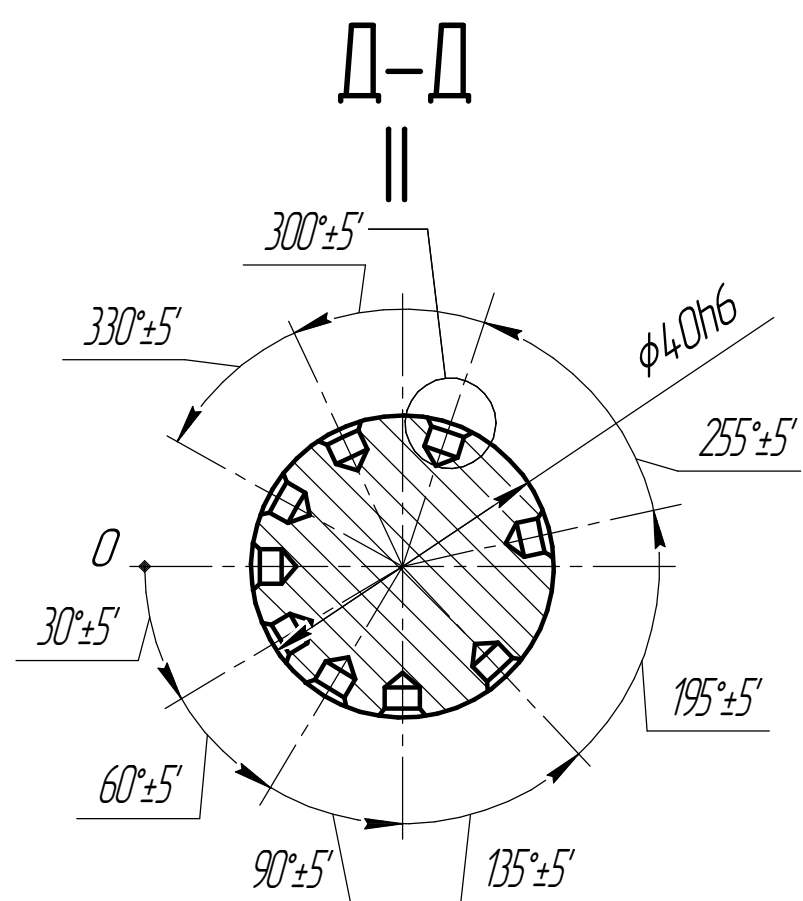
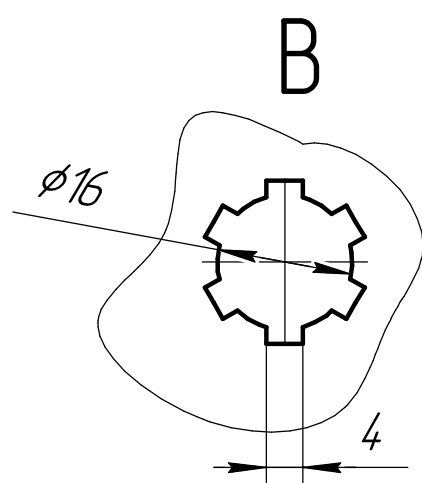
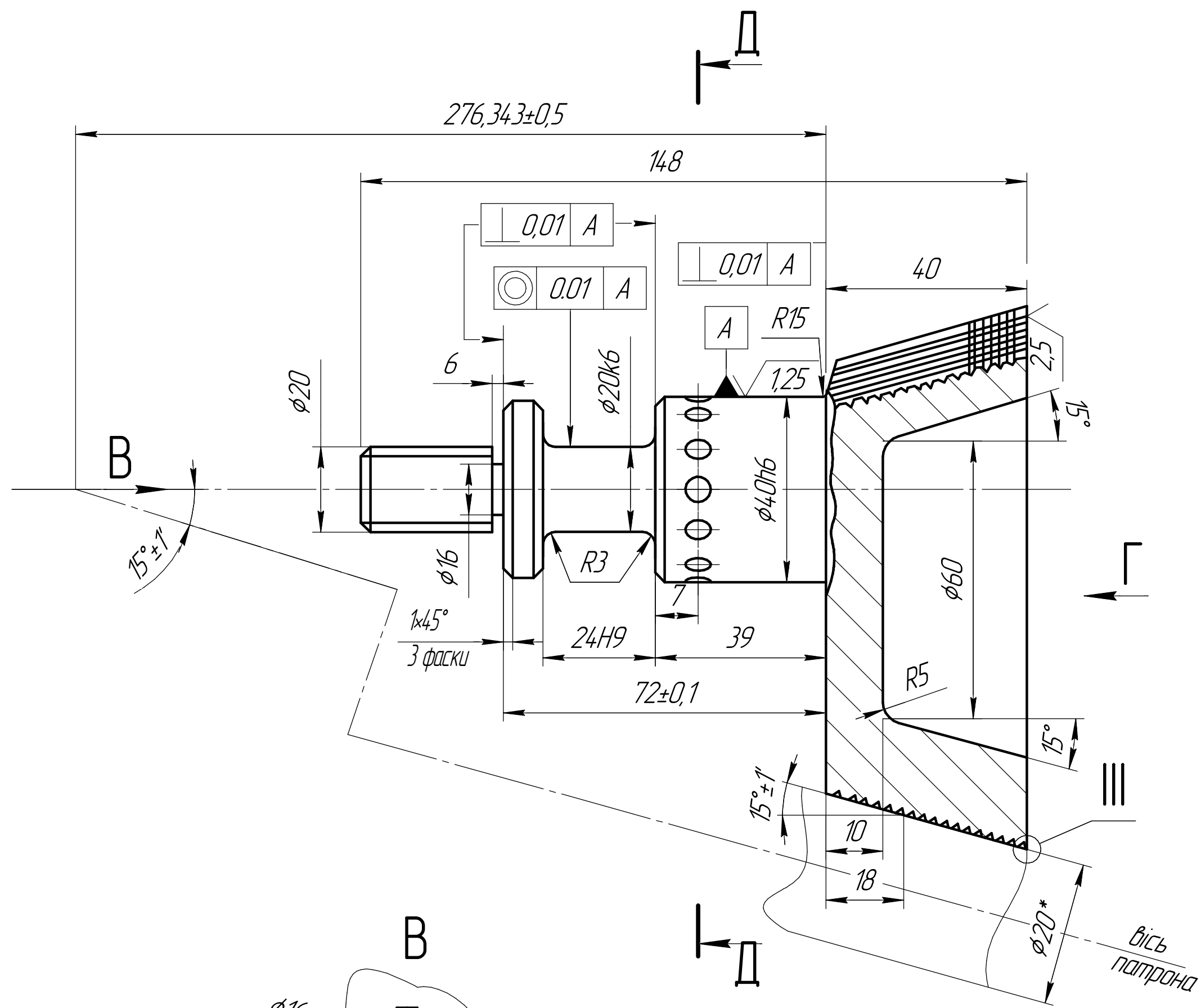


Таблиця значень навантажень

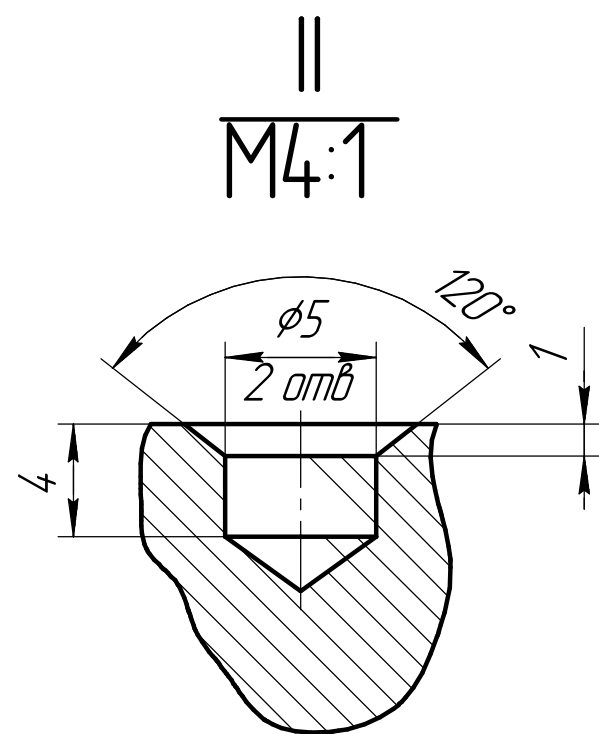
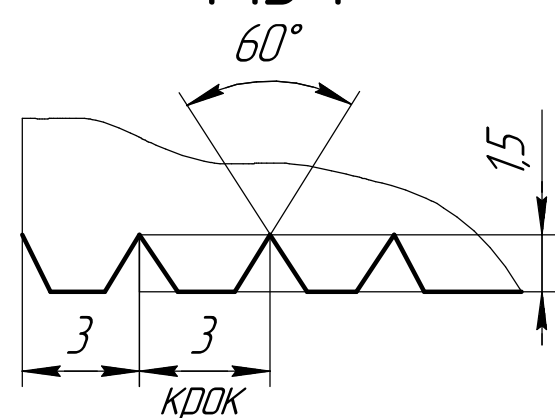
Позначення	Значення
P_z	4110,877 Н
P_x	1145,252 Н
P_y	1584,312 Н
M_{kr}	205,544 Н·м
M_x	57,263 Н·м
M_y	79,216 Н·м
F_i	3425,730 Н

Таблиця результатів розрахунків

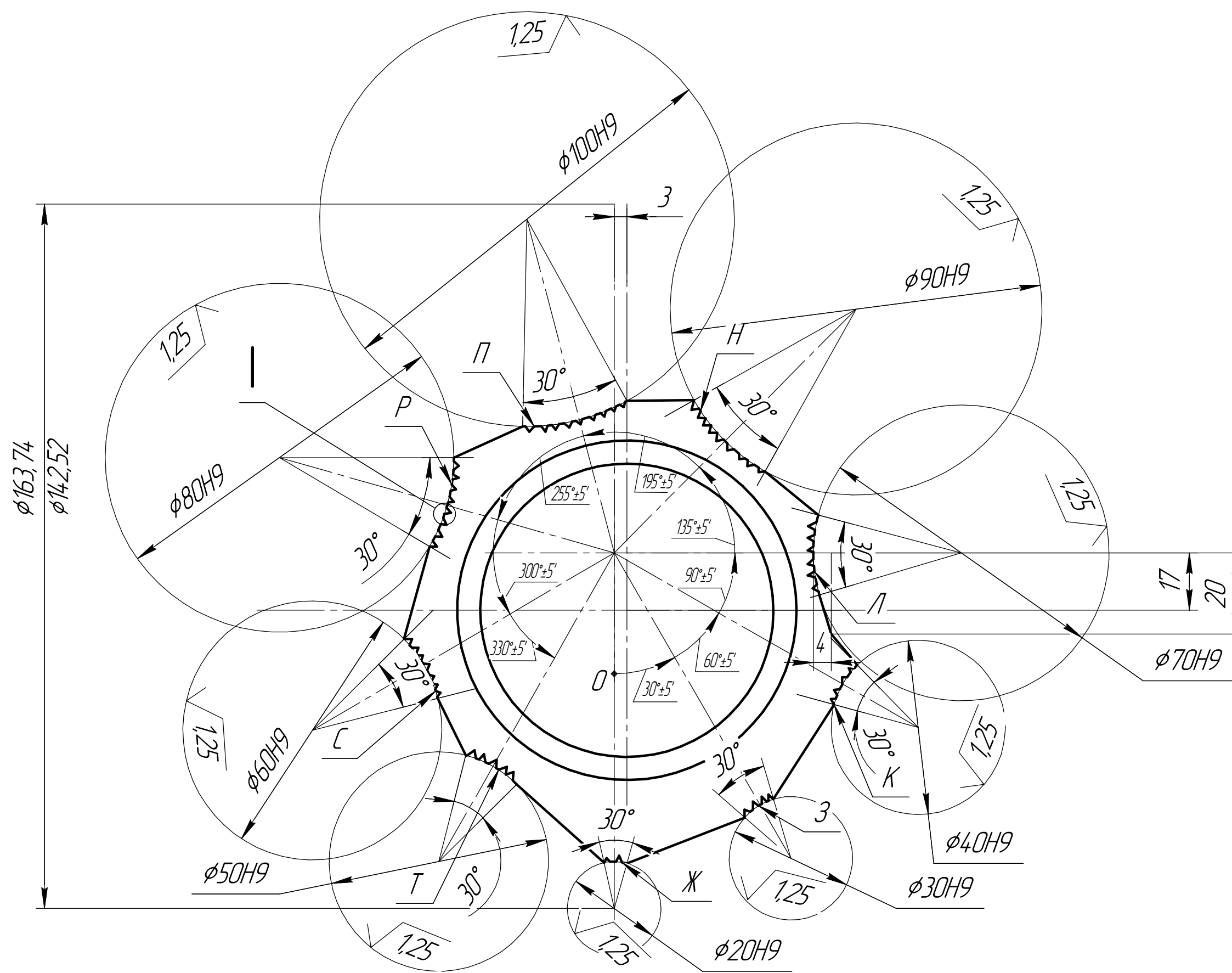
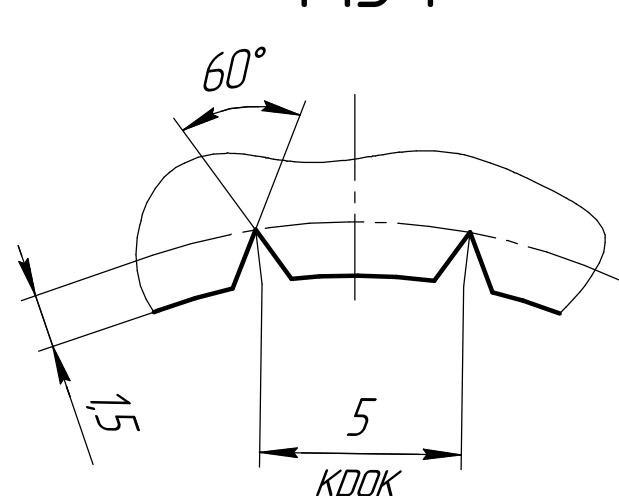
Найменування	Позначення	Значення
Максимальне напруження при згині	σ_B	16,089 МПа
Максимальне напруження при зсуві	τ_s	1,040 МПа
Максимальне напруження при крученні	τ	1,525 МПа
Максимальне зведене напруження	σ_{pr}	16,562 МПа
Максимальне відхилення	U_{max}	125,980 мкм



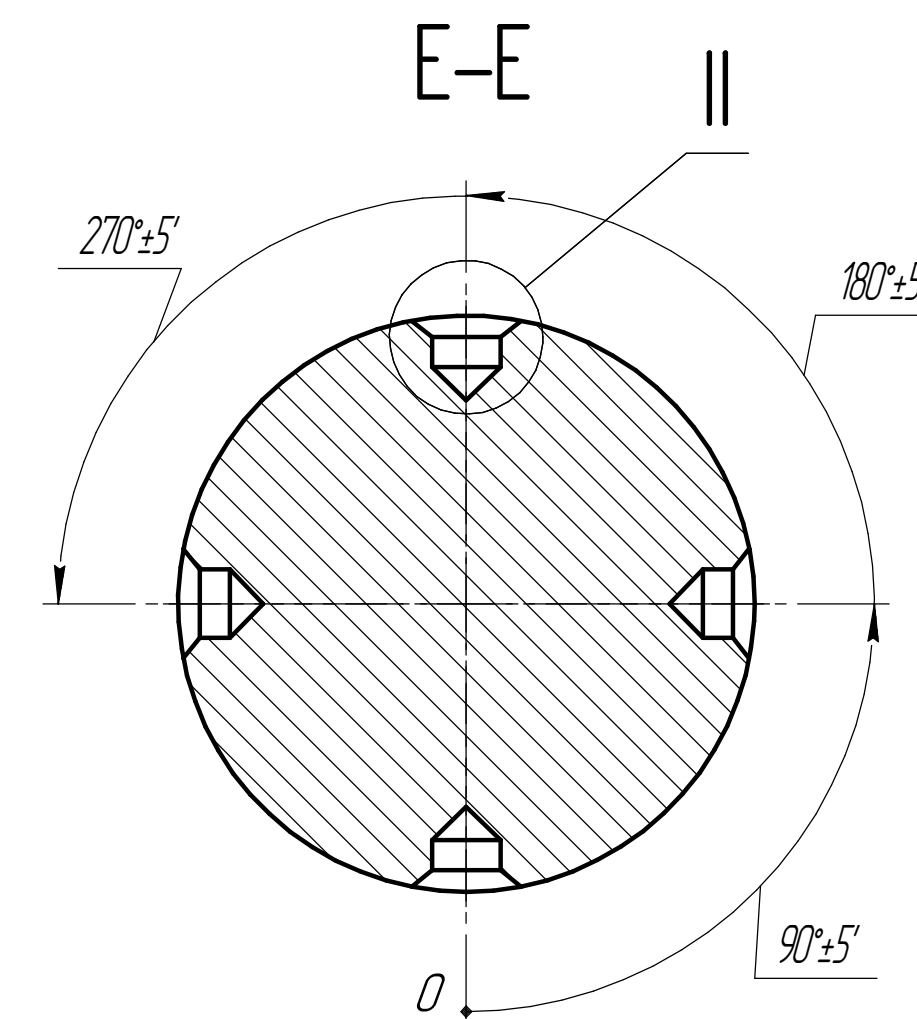
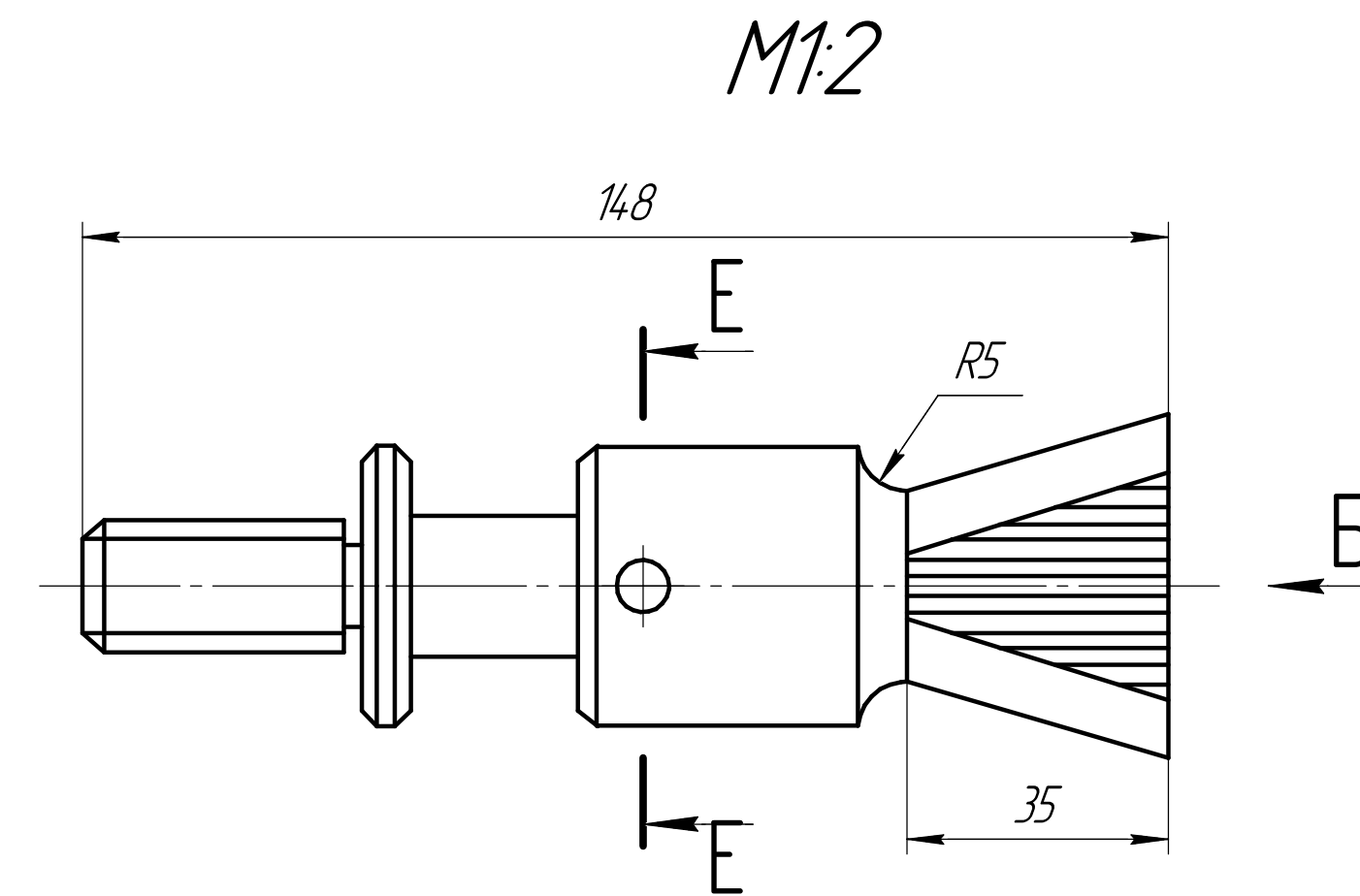
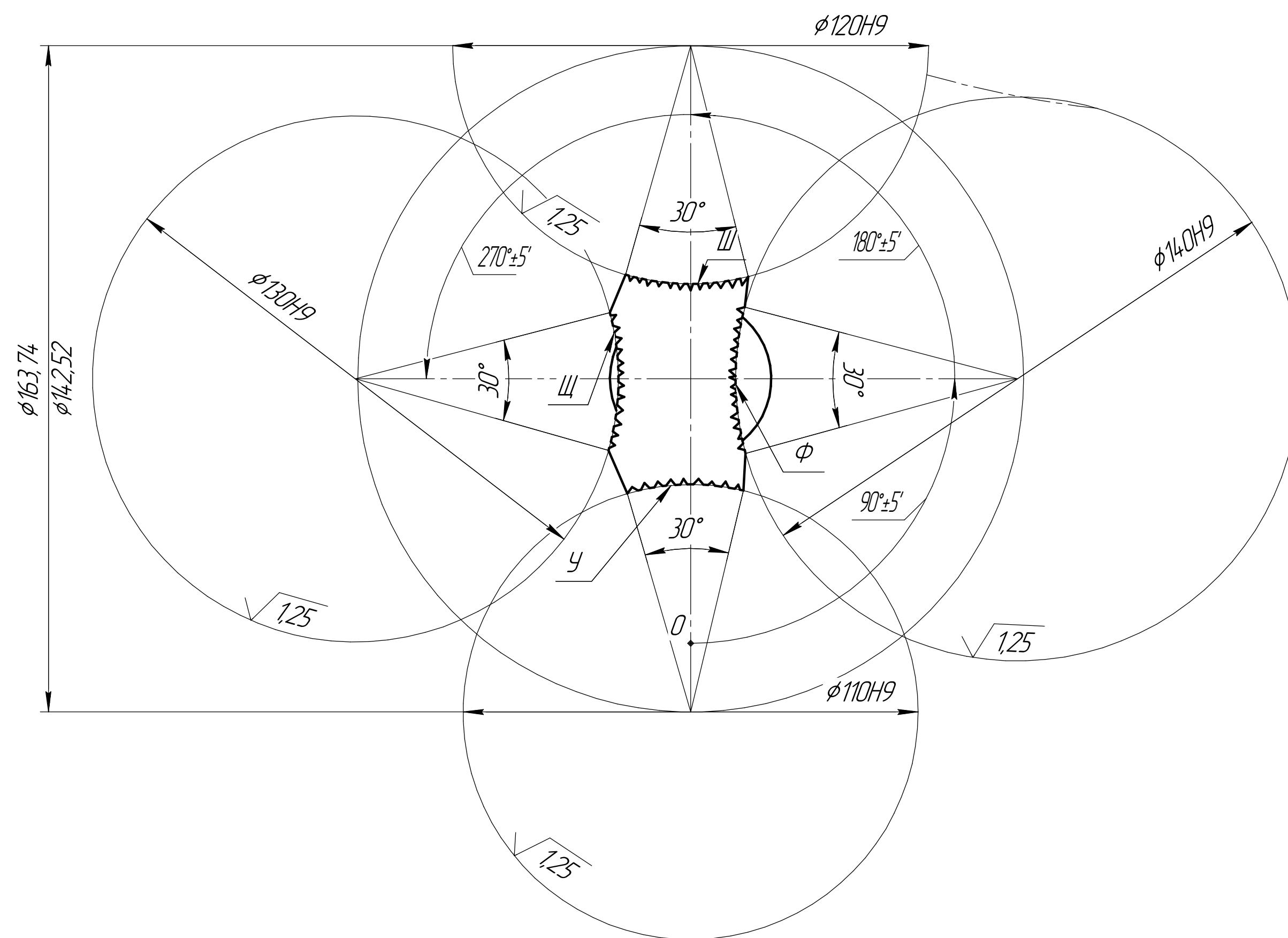
III повернуто
M5:1



I
M5:1

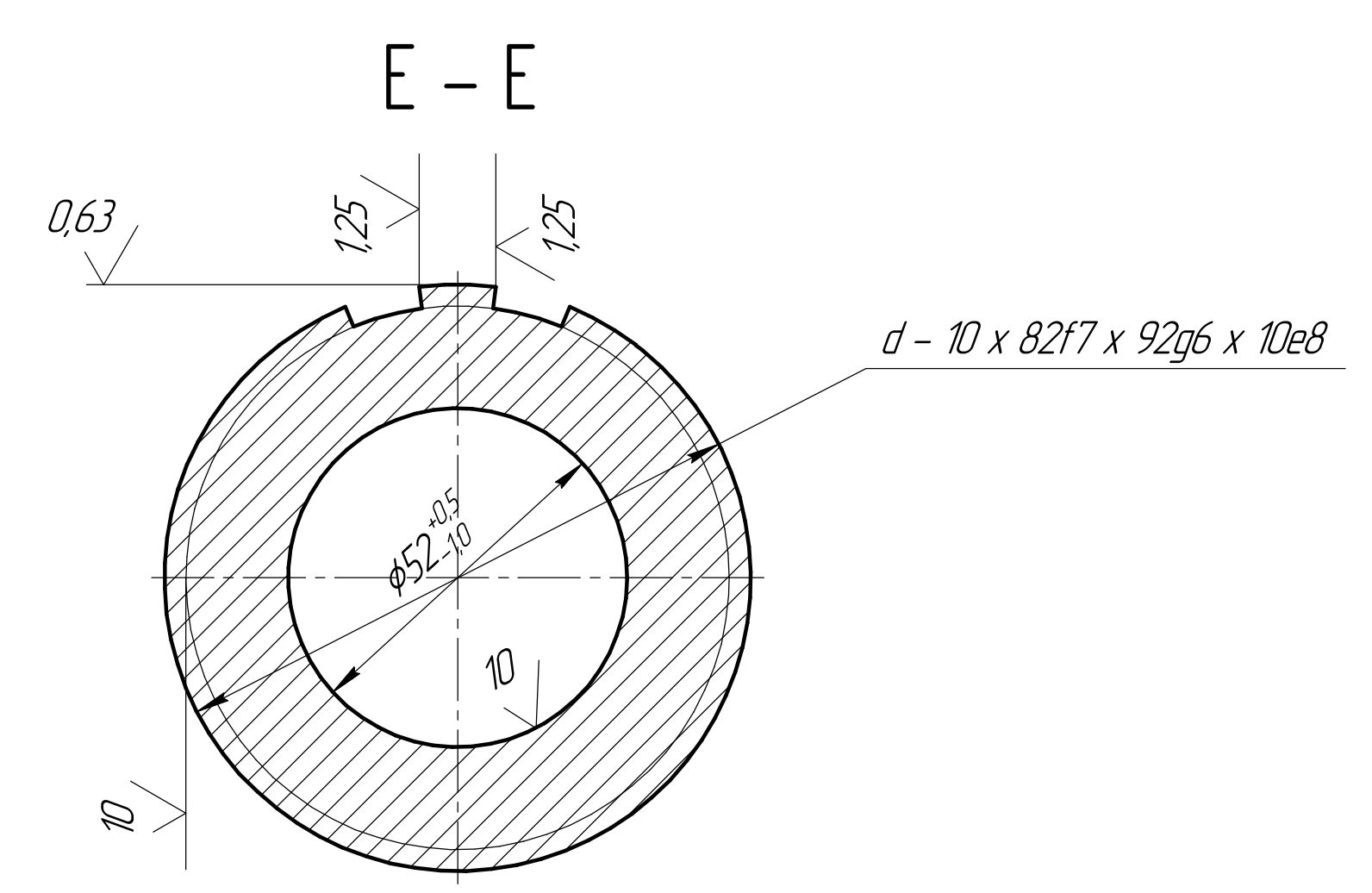
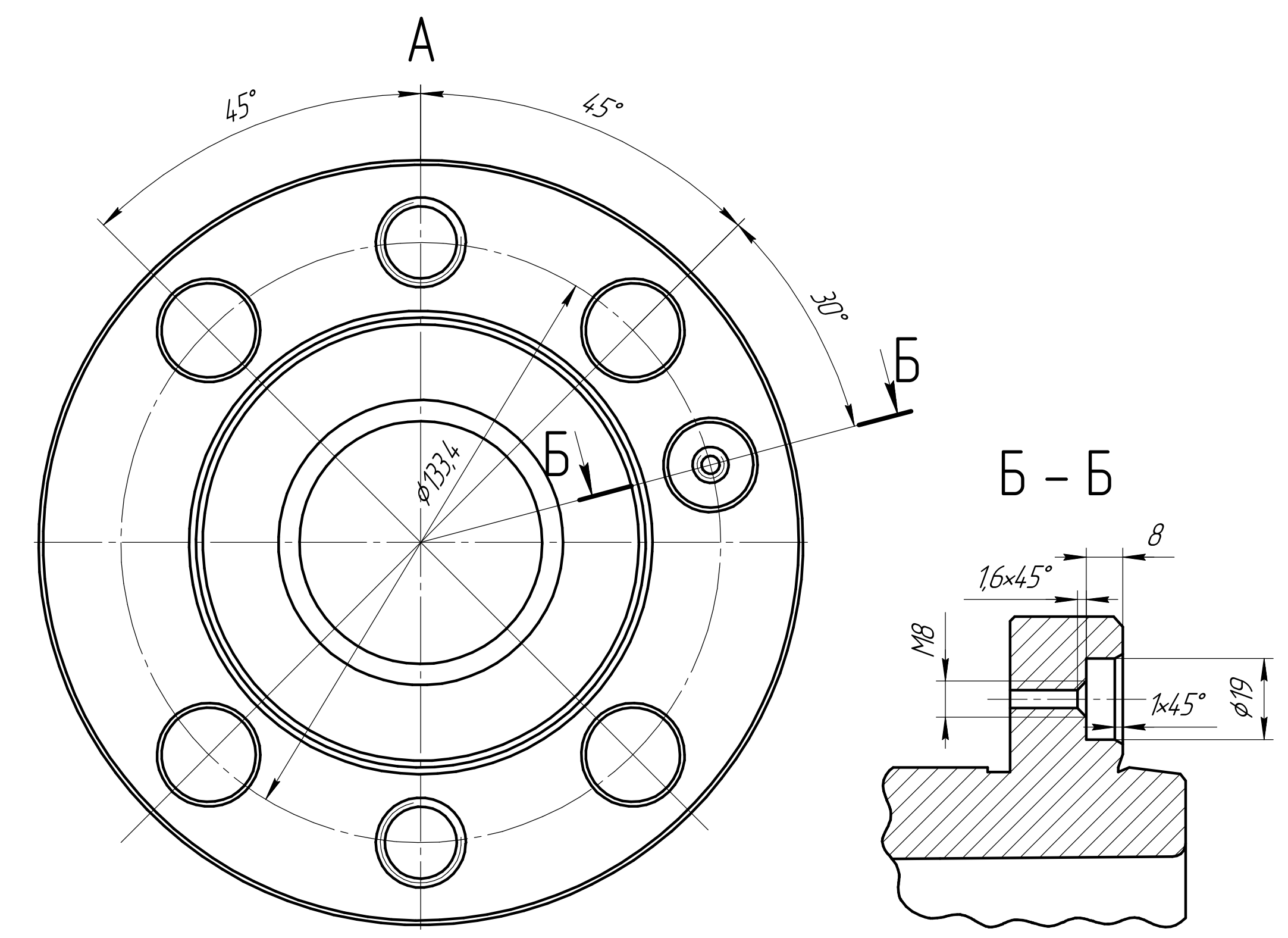


Б



1. Цементувати (крім різьбової поверхні) H0,7..1,0 мм. HRC 57..63
2. *Розмір для довідки
3. Проставлення допусків ISO 80/15
4. Основні допуски ISO 2768-mH
5. Несиметричність розташування радіусних робочих поверхонь Ж, З, К, Л, М, Н, П, Р, С, Т, У, Ф, Ш, Щ відносно базової поверхні К не більше 0,01 мм
6. Завершальну обробку поверхонь Х, З, Щ, Л, М, Р, С, Т, Ш провести в патроні
7. Різність маси кулачків, які приміняються, не більше 0,005 кг
8. Маркувати комплект з трьох кулачків цифрами 1, 2, 3. Позначення кулачка шрифтом ГОСТ 2930-52
9. Для зовнішнього торця кулачка діаметр профілюючої окружності 163,74 мм, для внутрішнього торця 142,52 мм.

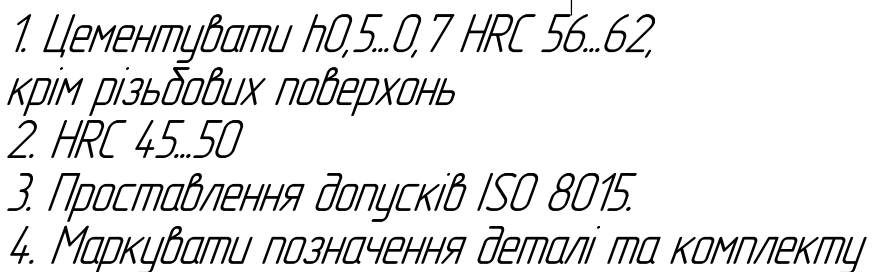
				7123.ДПБ.150.000.02			
				Кулачок			
				Сталь 45 ГОСТ 10702-78			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			
				Формат А1			
				Копіювати			



1. Поверхні В, Г, Е, С та шліці ТВ4 1,2...2,2 мм НРС 45...55
2. *Розміри для довідок
3. **Розміри для інструмента
4. Проставлення допусків ISO 80/15.
5. Основні допуски ISO 2768-mH.
6. Бічне дітяття профілю різьби 3 і М відносно осі поверхн. К і Е не більше 0,01. Допуск забезпеч. інстр.
7. Радіальне дітяття конусів Мрозр 6 не більше 0,03 мм на вальності 300 мм

						7123.ДПБ.320.000.01			
Изм./Лист	№ докум.				Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Самов В.О.						В	29,5	1:1
Пров.	Кузнецов Ю.М.								
Технотр.							Лист	Листов	
Нконтр.	Протасов						Сталь 40Х ГОСТ 5950-73		
Утв.	Кузнецов Ю.М.						КП 1 из 2 (Зара Скорского ММ)		

Не для коммерческого использования



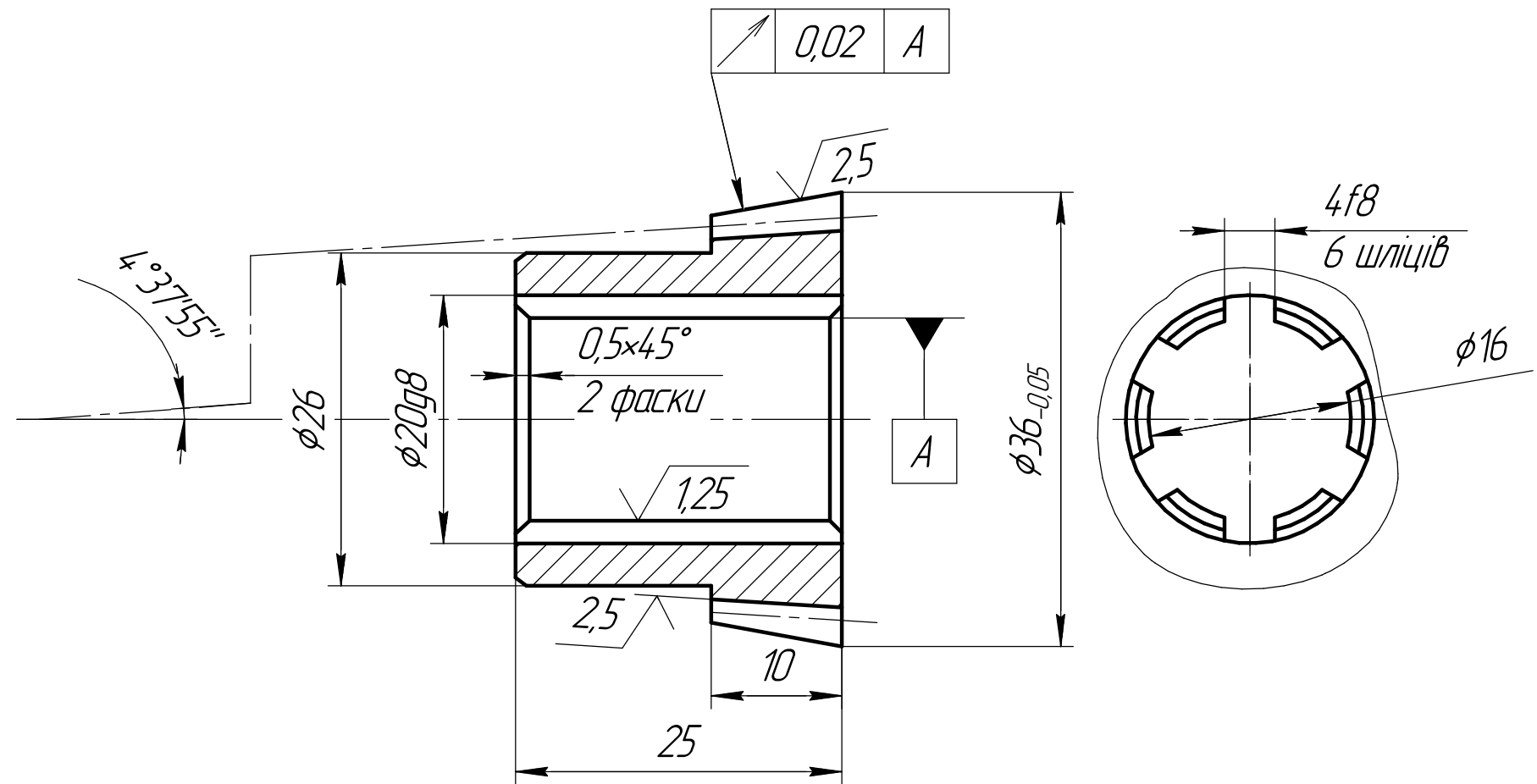
					7123.ДПБ.150.000.03				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ШТОК	Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.		Самов Д.О.				В		1:1	
Пров.		Кузнецов Ю.М.							
Т.контр.						Лист	Листов 1		
Н.контр.		Протасов			Сталь 45 10702-78	КПІ ім. Ігоря Сікорського ММІ			
Утв.		Кузнецов Ю.М.							

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дюрл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.

7123.ДПБ.150.000.04

√5 (✓)



Найменування	Позн	
Модуль	m	1,5
Число зубів	z	22
Профіль зуба	–	прямий
Кут ділильного конуса	δ	$4^{\circ}37'55''$
Степінь точності	–	7-С
Ділильний діаметр	d	33
Вихідний контур		ГОСТ 13754–68
Коеф. виміру товщини зуба	x_f	0
Коеф. зміщення	x_e	0
Разміри зуба у вимірному перерізі		
Міжосьовий кут передачі	Σ	15°
Середній окружний модуль	m_n	1,463
Зовнішня конусна відстань	R_e	203,613
Середня конусна відстань	R	198,613
Кут конуса впадин	δf	$4^{\circ}7'55''$
Зовнішня висота зуба	h_e	1,5

- 1. Цементувати h0,7...1,0
- 2. HRC 45...50
- 3. Проставлення допусків ISO 8015.
- 4. Основні допуски ISO 2768-mH.

7123.ДПБ.150.000.04					Шестерня		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Сомов Д.О.				В		2:1
Пров.	Кузнецов Ю.М.				Лист 1		
Т.контр.					Листов 1		
Н.контр.	Протасов				Сталь 40Х ГОСТ 5950-73		
Утв.	Кузнецов Ю.М.				КПІ ім. Ізгоря Сікорського ММІ		
Не для коммерческого использования					Копировал Формат А3		

КОМПАС-3D v18.1 Чудячий версія © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №		A1			7123.ДПБ.150.000.00 СК	Швидкопереналагоджувальний затискний патрон	Складальний кресленик			
						Деталі				
		A1	2	7123.ДПБ.150.000.02	Кулачок	3				
		A3	3	7123.ДПБ.150.000.03	Шток	1				
		A3	4	7123.ДПБ.150.000.04	Шестерня	2				
			5	7123.ДПБ.150.000.05	Втулка	1				
			6	7123.ДПБ.150.000.06	Фіксатор	1				
			7	7123.ДПБ.150.000.07	Кільце	3				
			8	7123.ДПБ.150.000.08	Упор	3				
			9	7123.ДПБ.150.000.09	Черв'як	1				
			10	7123.ДПБ.150.000.10	Колесо черв'ячне	1				
			11	7123.ДПБ.150.000.11	Шестерня	1				
			12	7123.ДПБ.150.000.12	Колесно зубчате	1				
			13	7123.ДПБ.150.000.13	Втулка	1				
			14	7123.ДПБ.150.000.14	Втулка	1				
			15	7123.ДПБ.150.000.15	Пружина	3				
					Стандартні деталі					
		18			Винт ГОСТ 11738-72					
					М6х10.58.016	9				
		7123.ДПБ.150.000.00 СП								
		Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата		
		Разраб.		Сомов Д.О.						
		Пров.		Кузнецов Ю.М.						
		Н.контр.		Протасов С.В.						
		Утв.		Кузнецов Ю.М.						
		Швидкопереналагоджувальний затискний патрон						Лит.		
								Лист		
								Листов		
								1		
								2		
								КПІ ім. Ізгоря Сікорського ММІ		

Формат А4