

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

Дипломний проєкт

**на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Технології комп'ютерного
конструювання верстатів, роботів та машин»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»**

на тему: Розточування гільзи на токарному верстаті з ЧПК

Виконав студент групи: _____ III курсу, групи МВ-п81

Коротков Є. В.

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Київ - 2021 року

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

(підпис) Юрій Данильченко
(ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2021 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Технології комп'ютерного
конструювання верстатів, роботів та машин»**

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Розточування гільзи на токарному верстаті з ЧПК

Виконав студент групи

III курсу, групи МВ-п81

Коротков Є. В.

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Керівник проєкту

професор, Шевченко О. В.

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

РЕЦЕНЗЕНТ:

к. т. н. доцент Фролов В. К.

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

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ - 2021 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	МВ-п8103.ДПБ000.000.00 ПЗ	Пояснювальна записка	66	
3	A0		Патентний пошук конструкторських рішень з демпферами	1	
4	A1	МВ-п8103.ДПБ300.000.00 ЗВ	Верстат моделі ПАБ-130.	1	
5	A1	МВ-п8103.ДПБ400.000.00 ЗВ	Робоча зона та інструментальне оснащення	1	
6	A1	МВ-п8103.ДПБ500.000.00 СК	Шпиндельний вузол	1	
7	A2	МВ-п8103.ДПБ600.000.00 СК	Привод подач	1	
8	A2	МВ-п8103.ДПБ730.000.00 СК	Гільза	1	
9	A0		Результат розрахунків	1	

				МВ-п8103.ДПБ000.000.00		
	ПБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Коротков Є.В.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Шевченко О.В.				1	1
Консульт.					КП ім. Ігоря Сікорського Каф. КМ Гр. МВ-п81	
Н/контр.						
Зав.каф.						

Національний технічний університет України

**“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і назва)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2021 р.

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

Коротков Євген Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту _____

Розточування гільзи на токарному верстаті з ЧПК

керівник проекту проф. Шевченко О.В.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Термін подання студентом проекту 11 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту _____

Технічна документація двошпиндельного токарного верстата з ЧПК.
Оброблювана деталь – гільза , матеріал сталь 20, діаметр розточування 40 мм,
Максимальна довжина розточування 225 мм.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Основні технологічні можливості
сучасних токарних верстатів з ЧПК. Огляд методів та засобів підвищення
точності та продуктивності обробки на верстатах з ЧПК токарної групи.
Особливості розточування отворів на верстаті. Розрахунок режимів різання
при розточуванні. Розрахунок жорсткості та швидкохідності шпиндельного
вузла. Розрахунок приводу поперечних подач. Розробка конструкції

розточувальної оправки з можливістю встановлення демпфера для розточування на верстаті. Висновки. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): 1. Огляд відомих конструкцій розточувальних оправок (борштанг) для токарної обробки. 2. Загальний вигляд та технічні характеристики двошпиндельного токарного верстата з ЧПК. 3. Робоча зона та інструментальне оснащення верстата. 4. Шпиндельний вузол. 5. Привод подач. 6. Результати розрахунків та обґрунтування конструктивних параметрів розточувальної оправки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський	Шевченко О.В., професор	02.02.21	

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Огляд технологічних можливостей та технічних характеристик сучасних токарних верстатів з ЧПК	лютий 2021	
2.	Огляд відомих конструкцій однолезових розточувальних оправок для токарної обробки	лютий – березень 2021	
3.	Розрахунки базових вузлів верстата.	квітень 2021	
4.	Розрахунки параметрів порожнини в розточувальній оправці для встановлення демпфера.	квітень – травень 2021	
5.	Розробка конструкції розточувальної оправки для розточування гільзи.	травень 2021	
6.	Оформлення проекту	червень 2021	

Студент _____ Коротков Є. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Шевченко О. В.

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: Розточування гільзи на токарному верстаті з ЧПК

Київ – 2021 року

Анотація

Дипломна робота на тему: “Розточування гільзи на токарному верстаті з ЧПК” викладена на 0 сторінках, містить 0 розділів, 0 ілюстрацій, 0 таблиць та 0 джерел в переліку посилань.

Актуальність теми. Обробка металу на токарних верстатах за певних умов може супроводжуватися вібраціями. При цьому падає якість виготовлення, приходить в непридатність ріжучий інструмент, вузли верстата піддаються інтенсивному зносу. Чим довший розточувальний інструмент, тим меншу жорсткість він має. Тому підвищення продуктивності та якості обробки при розточуванні глибоких отворів є актуальним напрямком дослідження.

Метою роботи є проектування та розрахунок токарної розточувальної оправки з отвором, для подальшого розрахунку та установки демпфера в консольній частині борштанги. Це потрібно для зменшення вібрацій, котрі виникають при розточуванні довгої деталі, які в свою чергу погіршують якість обробленої поверхні.

Об’єкт дослідження – твердотільна розточувальна оправка (борштанга), яка призначена для обробки деталі типу “Гільза”.

Предмет роботи - розточування гільзи на токарному верстаті з ЧПК.

Ключові слова: борштанга, демпфер, оправка, однолезовий інструмент.

Summary

Thesis on the topic: "Boring a sleeve on a lathe with CNC" is set out on 0 pages, contains 0 sections, 0 illustrations, 0 tables and 0 sources in the list of links.

Actuality of theme. Metal processing on lathes under certain conditions may be accompanied by vibration. At the same time quality of manufacturing falls, the cutting tool becomes unusable, knots of the machine are exposed to intensive wear. The longer the boring tool, the less rigidity it has. Therefore, improving the productivity and quality of processing when boring deep holes is an important area of research.

The purpose of the work is the design and calculation of the turning boring mandrel with a hole, for further calculation and installation of the damper in the cantilever part of the drill rod. This is necessary to reduce the vibrations that occur when boring a long part, which in turn degrades the quality of the treated surface.

The object of research is a solid-bore boring mandrel (borshtang), which is designed for machining parts such as "Sleeve".

The subject of work - boring of a sleeve on the lathe with CNC.

Key words: drill rod, damper, mandrel, single-blade tool.

Аннотация

Дипломная работа на тему: "Расточка гильзы на токарном станке с ЧПУ" изложена на 0 страницах, содержит 0 разделов, 0 иллюстраций, 0 таблиц и 0 источников в перечне ссылок.

Актуальность темы. Обработка металла на токарных станках при определенных условиях может сопровождаться вибрациями. При этом падает качество изготовления, приходит в негодность режущий инструмент, узлы станка подвергаются интенсивному износу. Чем длиннее расточной инструмент, тем меньшую жесткость он. Поэтому повышение производительности и качества обработки при расточке глубоких отверстий является актуальным направлением исследования.

Целью работы является проектирование и расчет токарной расточной оправки с отверстием для дальнейшего расчета и установки демпфера в консольной части борштанги. Это нужно для уменьшения вибраций, возникающих при расточке долгой детали, которые в свою очередь ухудшают качество обработанной поверхности.

Объект исследования - твердотельная расточувальная оправка (борштанга), которая предназначена для обработки детали типа "Гильза".

Предмет работы - расточка гильзы на токарном станке с ЧПУ.

Ключевые слова: борштанга, демпфер, оправка, однолезвийный инструмент.

Зміст

Вступ	11
1. Основні технологічні можливості сучасних токарних верстатів з ЧПК	13
2. Огляд методів та засобів підвищення точності та продуктивності обробки на верстатах з ЧПК токарної групи	16
3. Особливості розточування отворів на верстаті	19
4. Розрахунок режимів різання при розточуванні	21
4.1 Вибір пластини	24
4.2 Розрахунок режимів різання	25
5. Розрахунок жорсткості та швидкохідності шпиндельного вузла	28
5.1 Опис конструкції	28
5.2 Розрахунок міжопорної відстані	29
5.3 Проектування та розрахунок валу	29
5.4 Розрахунок жорсткості валу	32
6. Розрахунок приводу поперечних подач	34
6.1 Визначення довжини ходового гвинта	35
6.2 Визначення номінального діаметра передачі гвинт – гайка	35
6.3 <u>Визначення розмірів ходового гвинта і вибір підшипників</u>	35
6.4 <u>Визначення статичної вантажопідйомності передачі</u>	36
6.5 Визначення динамічної вантажопідйомності передачі	37
6.6 Розрахунок гвинта на стійкість по критичної осьової силі	38
6.7 Розрахунок гвинта на стійкість по критичної частоті обертання	39
6.8 Розрахунок жорсткості приводу подачі	39
7. Розробка конструкції розточувальної оправки з можливістю встановлення демпфера для розточування на верстаті	42
7.1 Патентний пошук конструкцій розточувальних оправок з можливістю гасіння вібрацій	43

7.2 Визначення радіальної жорсткості токарної розточувальної оправки з отвором для демпфера в консольній частині	62
7.2.1 Аналітичний розрахунок прогину	62
7.2.2 Розрахунок прогину методом скінченних елементів	63
7.2.3 Визначення форми отвору в оправці для демпфера в консольній частині	64
8. Висновки	67
Література	68
Додатки	

Вступ

Обробка металу на токарних верстатах за певних умов може супроводжуватися вібраціями. При цьому падає якість виготовлення, приходить в непридатність ріжучий інструмент, вузли верстата піддаються інтенсивному зносу.

Особливо актуальна ця проблема для сучасного обладнання, що працює з великою продуктивністю і на високих швидкостях різання.

Довгий виліт розточувальних оправок викликають вібрацію в системі обробки. Основний метод гасіння вібрації полягає в використанні коротких жорстких інструментів. Адже, чим більше відношення довжини оправлення до діаметру, тим більша ймовірність виникнення вібрації.

Різні матеріали оправок викликають вібрації різних рівнів. Сталеві оправлення зазвичай забезпечують вібростійкість при відносній довжини до діаметру оправлення як 4:1 (L / D). Важкі металеві оправки з вольфрамових сплавів характеризуються більшою щільністю в порівнянні зі сталлю і ефективно виконують свої функції при відносинах L / D як 6:1. Цілісні твердосплавні оправлення мають більш високу жорсткість і дозволяють працювати при відносинах L / D як 8:1, але недоліком таких оправок є більш висока вартість (особливо в тих випадках, коли потрібно оправлення великого діаметра) [1].

Наприклад, оправки попередньо оснащені налаштованим віброгасителем, основою конструкції якого є демпфуючий елемент з матеріалу високої щільності, підвішений всередині оправлення власника інструменту за допомогою радіальних поглинаючих елементів. Демпфуючий елемент негайно поглинає вібрацію, яка поширюється від ріжучого інструменту до корпусу оправлення.

Метою роботи є розробка конструкції розточувальної оправки при втраті жорсткості не більше 5% з можливістю встановлення демпфера для розточування гільзи на токарному верстаті з ЧПК.

Для досягнення поставленої мети потрібно розглянути існуючі конструкції борштанг, провести аналіз та виявити недоліки, котрі були допущені при розробці. Розробити та спроектувати потрібну конструкцію у програмі Autodesk Inventor Professional 2021 та перевірити оправку на втрату жорсткості методом скінченних елементів.

1. Основні технологічні можливості сучасних токарних верстатів з ЧПК

Токарні верстати з ЧПК призначені для внутрішньої і зовнішньої обробки складних заготовок типу тіл обертання. Токарні верстати формують найзначнішу групу за номенклатурою в списку верстатів з ЧПК. На токарних верстатах з ЧПК виконують звичний комплекс технологічних операцій: точіння, свердління, відрізання, нарізання різьби та ін.

У середньосерійному і дрібносерійному виробництві з постійною зміною виготовленої продукції, найбільшого поширення отримали автоматизовані верстати з ЧПК. Верстат з ЧПК допускає здійснювати взаємне переміщення інструменту і деталі по кодам без застосування матеріального аналога оброблюваної деталі (шаблонів, кулачків, копіїв).

Основні верстатні переваги з ЧПК наступні: легка модифікація технологічного процесу шляхом внесення коригуючих програм в пристрій; високі режими обробки з використанням усіх можливостей верстата; як виняток попередніх ручних розмічальних і прогоночних робіт; підвищення продуктивності за рахунок зменшення допоміжного і машинного часу при обробці; ідентичність деталей і підвищення точності; скорочення термінів підготовки виробництва і числа переустановлень деталей при обробці.

В основі класифікації токарних верстатів з ЧПУ такі ознаки:

- розташування осі шпинделя (вертикальні і горизонтальні верстати);
- число використовуваних в роботі інструментів (багато- і одноінструментальні верстати);
- способи закріплення (у револьверної голівці, в магазині інструментів, на супорті);
- вид виконуваних робіт (патронні, центрові, патронно-центрові, пруткові верстати, карусельні);
- ступінь автоматизації (автомати і напівавтомати).

Центрові токарні верстати з ЧПК потрібні для обробки заготовок деталей типу валів з криволінійним і прямолінійним контурами. Можна нарізати різьбу різцем.

Патронні токарні верстати з ЧПК потрібні для обточування, свердління, цекування, зенкування, розгортання, нарізання різьбі мітчиками в осьових отворах деталей типу фланців, кришок, зубчастих коліс, шокував та ін.; можливо нарізання різцем зовнішньої внутрішньої різьби по програмі.

Патронно-центрові токарні верстати з ЧПК потрібні для внутрішньої та зовнішньої обробки різноманітних складних заготовок та деталей типу тіл обертання і мають більшість технологічних можливостей токарних патронних і центрових верстатів.

Карусельні токарні верстати з ЧПК застосовують для обробки заготовок складних корпусів.

Токарні верстати з ЧПК (рис. 1) оснащують магазином інструментів і револьверними головками. Револьверні головки бувають чотирьох-, шести- і дванадцяти позиційними, на кожній позиції можна встановлювати по два інструменти для внутрішньої і зовнішньої обробки заготовки. Вісь обертання головки може розташовуватися перпендикулярно, паралельно осі шпинделя до неї або похило.

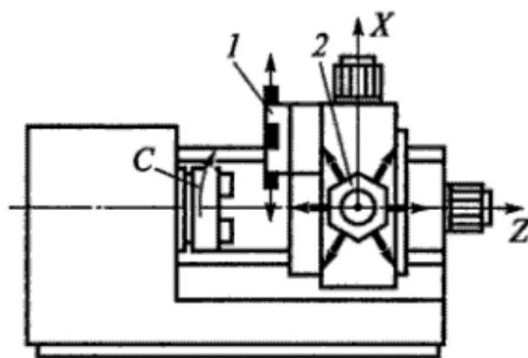


Рис. 1. – Приклад токарного верстата з ЧПК:

1, 2 – револьверні головки.

Магазини інструментів (8 ... 20 інструментів) застосовують дуже рідко, так як для токарної обробки однієї заготовки потрібно не більше 10.

Використання такого числа інструментів доцільно тільки у випадках точіння важкооброблюваних матеріалів, коли у інструмента малий період стійкості.

Збільшення технологічних можливостей токарних верстатів можливо завдяки стиранню межі між токарними і фрезерними верстатами, додавання поза центрального свердління, фрезерування контуру (тобто програмується поворот шпинделя); в деяких випадках можливе різьбонарізання неспіввісних елементів заготовок [2].

2. Огляд методів та засобів підвищення точності та продуктивності обробки на верстатах з ЧПК токарної групи

На точність роботи верстатів з ЧПК впливає цілий комплекс похибок, які можна розділити на дві групи:

- а) початкові похибки верстата;
- б) похибки, що виникають при його експлуатації.

Початкові похибки верстатів з ЧПК формуються на етапі розробки їх компонування і конструкції, вибору матеріалів для деталей верстата, а також в процесі їх виготовлення і збірки.

В процесі експлуатації верстатів з ЧПК виникають додаткові похибки від пружних деформацій через дії сил різання, від температурних деформацій базових деталей і вузлів верстата, а також з-за зносу різних сполучень верстата (напрямних, підшипників, передач ходовий гвинт-гайка і ін.).

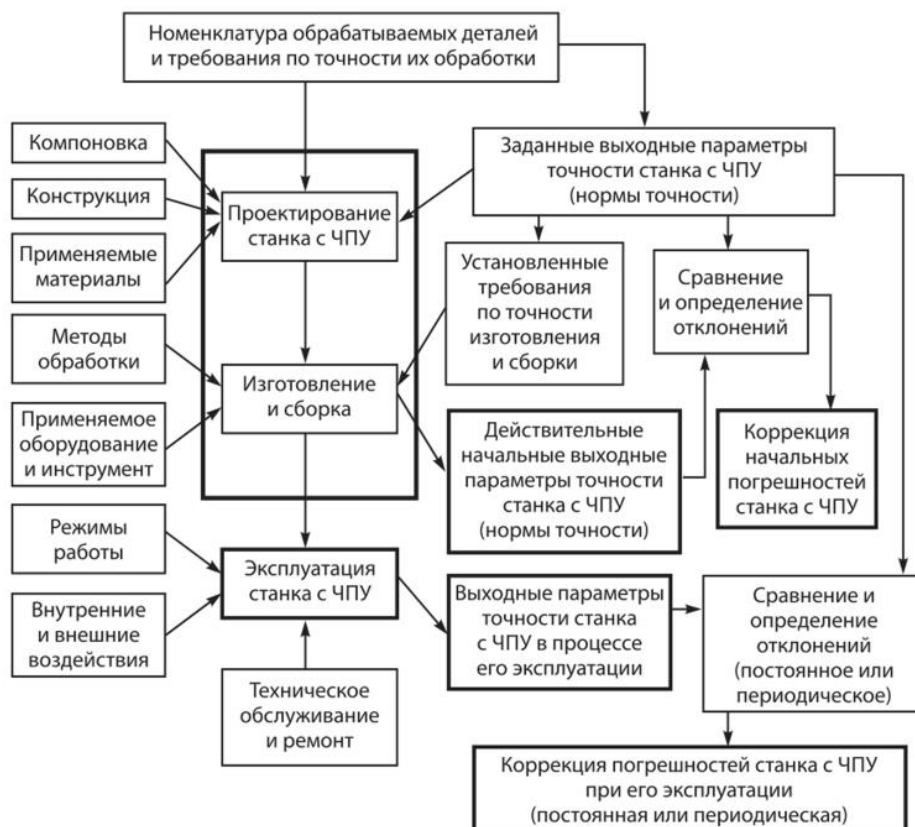


Рис. 2. – Этапы формирования выходных параметров точности.

Етапи формування вихідних параметрів точності верстатів з ЧПК можуть мати різні величини, діяти в різних напрямках і тому по різному впливати на параметри точності верстата.

Розглянуті верстатні похибки з ЧПК, можуть приводити в сумі до лінійних і кутових зсувів робочих органів верстата, що несуть ріжучий інструмент і заготівлю.

Похибки в верстаті можуть проявлятися систематично і випадково. Систематичні похибки характеризуються передбачуваністю, постійною величиною і характером їх змін при роботі. Похибки можна заздалегідь виміряти і знати характер впливу на точність. Складніша справа з випадковими похибками, величина і характер яких весь час змінюється, тому для визначення потрібне постійне визначення величини і характеру їх дій на вихідні параметри точності верстата.

Похибки верстатів з ЧПК в процесі експлуатації формуються більш інтенсивно, ніж в звичайних верстатах. Це обумовлено більш напруженою експлуатацією цих верстатів, їх більш значною енергоємністю і великими навантаженнями на їх вузли.

Однак даний напрямок підвищення точності верстатів з ЧПК (особливо високої точності) пов'язане з великими витратами коштів та часу. З іншого боку, опірність верстата з ЧПК, закладена при його проектуванні і виготовленні (жорсткість, вібро-і термостійкість, зносостійкість), дії на нього в процесі експлуатації внутрішніх і зовнішніх чинників (сил різання, нагрівання деталей і вузлів, зносу сполучень, старіння базових деталей та ін.) має певні межі, в результаті чого не гарантовано тривале збереження початкової точності верстата з ЧПК.

Проведення періодичних регулювань сполучень і вузлів верстата або внесення необхідних поправок в його роботу існуючими раніше способами має обмежені можливості і не дозволяє повністю коригувати виникаючі

похибки вихідних параметрів верстата. З іншого боку, їх проведення призводить до тривалих простоїв дорогого технологічного обладнання.

В даний час завдяки розробці і впровадженню сучасних мікропроцесорних пристроїв ЧПК з великим об'ємом пам'яті і високою швидкодією, регульованих швидкодіючих приводів подач робочих органів верстата, механізмів для мікропереміщень, різних типів ПІ отримує все більш широке застосування другий напрямок підвищення точності вихідних параметрів верстатів з ЧПК шляхом вимірювання похибок верстата і їх подальшої корекції. У цьому випадку проводиться не максимальна ізоляція верстата з ЧПК від дії внутрішніх і зовнішніх впливів, не прагнення до створення «ідеальних» вузлів і механізмів верстата, а їх взаємодія з навколишнім і робочим середовищем, облік змінності умов роботи верстата з ЧПК.

Обидва розглянутих шляхи підвищення точності верстатів з ЧПК на практиці повинні доповнювати один одного. Максимально можливе скорочення похибок верстата з ЧПК першим шляхом дозволяє потім підвищити ефективність другого шляху, коли застосовуються системи корекції похибок верстата [3].

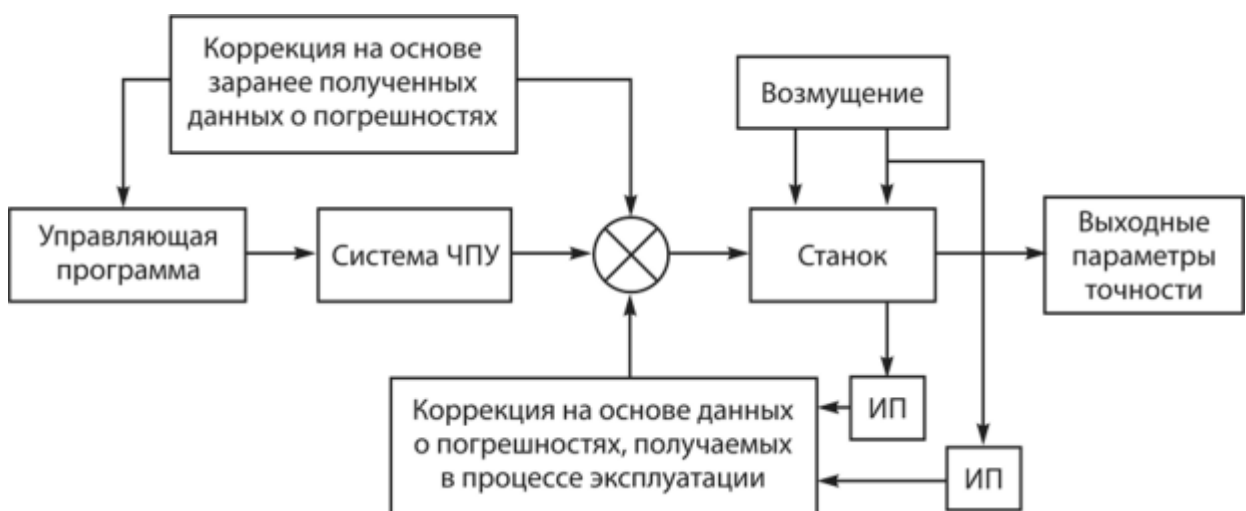


Рис. 3. - Схема возможных вариантов коррекции похибок верстата.

3. Особливості розточування отворів на верстаті

Розточування отворів на токарних верстатах є багато поширеною технологічною операцією. Крім цього, розточування більш універсальне, ніж розгортання, засноване на застосуванні мірних інструментів.

Відстань від пластини до хвостовика, тобто незакріплена частина оправки, називається вильотом. Виліт означає максимальну глибину розточування, та є найважливішим розміром розточувальної оправки. Надто великий виліт збуджує надлишкові пружні деформації розточного оправлення, сприятиме появі вібрацій, які погіршують неоднорідність та якість поверхні, та може привести до завчасного зносу пластини. Для більшості операцій потрібно вибирати розточувальні оправлення з максимальною динамічної та статичної жорсткістю. Статичною жорсткістю оправлення називають - здатність протистояти пружним деформаціям (віджиманню) під силою різання. Динамічна жорсткість оправлення визначається - здатністю гасіння вібрацій. Жорсткість - це здатність елементів конструкцій чинити опір деформації при зовнішньому впливі. Жорсткість залежить від матеріалу, розмірів, форми, способу установки. Зміна жорсткості, викликає зміну амплітуди коливань. Жорсткість впливає на чистоту обробки, стійкість інструменту, вибір режимів різання.

Істотно-суттєвим недоліком розточуванням є консольне кріплення, що зменшує жорсткість технологічної системи. В результаті це призведе до виникнення вібрацій в процесі різання з впливаючими усіма наслідками. Шляхи підвищення вібростійкості розточувальних різців впливають з аналізу відомої залежності для визначення величини прогину консолі[17]:

$$y = \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J}$$

де P – сила різання, l – виліт різця, E – модуль пружності, J – момент інерції.

З формули випливає, що для підвищення вібростійкості розточувальних оправок, в першу чергу необхідно зменшити виліт різця L . Однак, значення вильоту визначається глибиною розточувального отвору. Як правило оправки розточувальних різців мають круглий поперечний переріз. Також встановлено, що при вильоті $L = 4d$, де d - діаметр оправки різця, забезпечує вібростійкістю в процесі різання.

При роботі розточувальним різцем, потрібно забезпечити мінімально значення сили різання P . В основному, це досягається шляхом підбору геометрії ріжучої частини різця. Сьогодні все більше використовуються збірні інструменти, тому для розточувальних різців слід застосовувати форми типу D і V , де значення головного кута в плані дорівнює 90° .

Також необхідно використовувати збірні інструменти з задніми кутами і значенням радіусу при його вершині $0,2-0,4$ мм, де пластини з позитивною геометрією передньої поверхні. При експлуатації різців, допустима величина зносу задньої поверхні пластини не повинна перевищувати $0,3$ мм. Це дозволить підвищити вібростійкість різців і мінімізувати сили різання. Потрібно використовувати тверді сплави, а також використовувати зносостійкі покриття, що позитивно вплине на зменшення вібрацій в процесі різання.

Вібростійкість розточувальних оправок залежить від модуля пружності E матеріалу. Рекомендується використовувати різці з твёрдосплавними державками, а також з вже встановленим віброгасителем.

Величина прогину залежить від моменту інерції J поперечного перерізу державки, який визначається розмірами та геометричною формою.

4. Розрахунок режимів різання при розточуванні

Двошпиндельний токарний верстат з ЧПК призначений для обробки деталей типу тіл обертання зі сталі, чавуну, кольорових металів й інших матеріалів, також матеріалів, що вимагають застосування важких режимів різання (як приклад, з жароміцних й інструментальних сталей). Обробка проводиться в автоматичному циклі. Загальний вигляд верстата показаний на рис. 4. Застосування верстата - дрібносерійне й серійне виробництво. Клас точності верстата - П за ГОСТ 8-82. Токарний верстат оснащений системою ЧПК SIEMENS SINUMERIK 802D.

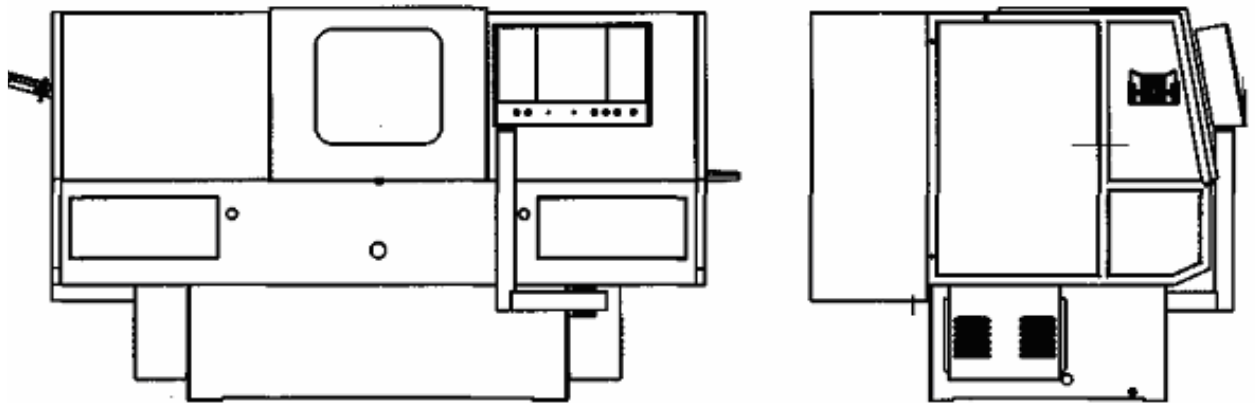


Рис. 4. – Загальний вигляд двошпиндельного токарного верстата з ЧПК.

Базова модель токарного двошпиндельного верстата з ЧПК відповідає технічним умовам ТУ У 73.1-16297597-001-2001.

На основі моделі базового верстата виготовляють відмінні від наведених у ТУ У 73.1-16297597-001-2001 модифікації:

- з розширеними технологічними можливостями;
- у спеціальному виконанні при оснащенні налагодженням за умовами технологічного процесу обробки спеціальних деталей;
- із встановленими пристосуваннями: спеціальні патрони, тримачі інструменту, прилади контрольно-вимірювальні та для активного контролю, маніпулятори й ін.

Інформація:

Модель: ПАБ-130

Виробник: Київський верстатобудівний завод

Країна виробника: Україна

Таблиця 1. – Технічні характеристики:

Найбільший діаметр заготовки	100 мм.
Найбільша довжина заготовки	80 мм.
Найбільший хід супортів, не менш: - по осі X - по осі Z	200 мм. 350 мм.
Дискретність задання переміщень за осями	0.001 мм.
Точність позиціювання	0.015 мм.
Кількість керованих осей координат	2 шт.
Межі частот обертання шпинделя	100-5000 об/хв.
Максимальна швидкість переміщення супорту: - поперечна X - повздовжня Z	20000 мм/хв. 20000 мм/хв.
Потужність привода головного руху	15 кВт.
Кількість двигунів головного руху	2 шт.
Найбільший крутний момент на шпинделі	250 Н·м.
Найбільше зусилля подачі (по осях): - поперечної X - повздовжньої Z	6000 Н. 8000 Н.
Габаритні розміри верстата: - довжина - ширина - висота	3244 мм. 1800 мм. 1880 мм.
Маса верстата	2500 кг.
Клас точності верстата за ДСТ 8-82	П

Таблиця 2. – Технічні характеристики електроустаткування:

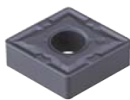
Вид струму електромережі	Змінний, трифазний
Частота струму	50 Гц.
Напруга	380 В.
Напруга ланцюгів керування	24 В.
Напруга ланцюга місцевого освітлення	12 В. (змінний)
Кількість електродвигунів на верстаті	6 шт.
Тип електродвигуна головного руху	5A160M4БУЗ
Потужність електродвигуна головного руху (номінальна)	15 кВт.
Номінальна частота обертання електродвигуна головного руху	1500 хв ⁻¹ .
Діапазон регулювання частоти обертання електродвигуна головного руху	200-4500 об/хв.
Тип електродвигунів приводів подач: - поздовжньої - поперечної	1FK6083-6AF71-1AA2 1FK6063-6AF71-1AB2
Номінальний крутний момент електродвигунів приводів подач: - поздовжньої - поперечної	16 Н·м. 11 Н·м.
Номінальна частота обертання електродвигунів приводів подач: - поздовжньої - поперечної	3000 об/хв. 3000 об/хв.
Тип електронасоса охолодження	ПА-200
Потужність електродвигуна насоса охолодження	1.1 кВт.
Частота обертання електродвигуна насоса охолодження	2800 хв ⁻¹ .

хромистих сталей, хромонікелевих і хромомарганцевих сталей для цементації, високолегованих жароміцних сталей і нержавіючих сталей. Прийmemo матеріал пластини як Т5К10 з кутами для чорнової обробки.

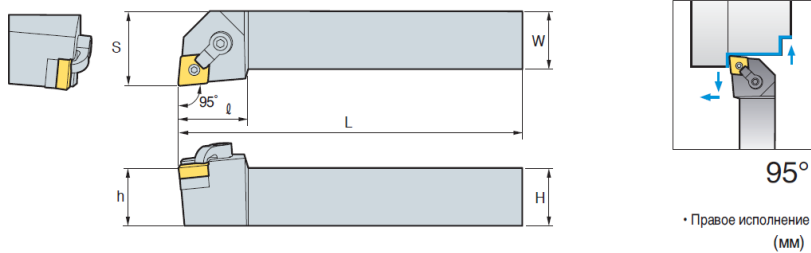
$$\varphi = 95^{\circ}, \alpha = 12^{\circ}, \gamma = 15^{\circ}.$$

Для розрахунків режимів різання приймаємо пластину серії МР, типу CNMG 120404-MР.

MCLNR/L



CN□□



Обозначение	H	W	L	S	h	ℓ	СМП	Кронштейн	Винт	Опорная пластина	Штифт	Ключ
MCLNR/L 1616-H09	16	16	100	20	16	25	CN□□0903□□					
2020-K09	20	20	125	25	20	25						
2525-M09	25	25	150	32	25	25						
2020-K12	20	20	125	25	20	32	CN□□1204□□					
2525-M12	25	25	150	32	25	32						
3225-P12	32	25	170	32	32	32						
3232-P12	32	32	170	40	32	32						

Рис. 6. – Каталог Rorпоу.

За рекомендаціями Rorпоу прийmemo державку серії MCLNR/L, типу 2525-M12 [4].

4.2 Розрахунок режимів різання

Дано:

$$N_{\text{зл}} := 15 \text{ кВт.} \quad \sigma_{\text{в}} := 850 \text{ МПа.} \quad S_1 := 0.4 \text{ мм/об.} \quad S_2 := 0.1 \text{ мм/об.}$$

$$t_1 := 2.6 \text{ мм.} \quad t_2 := 0.4 \text{ мм.} \quad T := 45 \text{ хв.} \quad D_1 := 85 \quad D_2 := 82.4$$

де $N_{\text{гл}}$ - потужність двигуна, $\sigma_{\text{в}}$ – запас прочності, S_1 та S_2 – подача для чорнового та чистового, t_1 та t_2 – глибина різання, T – стійкість різця, D_1 та D_2 – діаметри поверхонь при обробці.

$$C_v := 290 \quad x := 0.15 \quad y := 0.35 \quad m := 0.2$$

де C_v , x , y , m – коефіцієнти та показники степені, що враховують дійсні умови різання [5, с.367, табл.17].

$$K_{\mu v} := 0.7 \quad K_{rv} := 0.94 \quad n_v := 0.75$$

де $K_{\mu v}$, K_{rv} - поправочні коефіцієнти, що враховують вплив параметрів різця на швидкість різання [5, с.369, табл.18].

$$K_{mv} := \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{n_v} = 1.1$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу на силові навантаження [5, с.358, табл.1].

При чорновому Т5К10. $K_{uv1} := 0.65$

При чистовому Т15К6. $K_{uv2} := 1$

де K_{uv} - поправочні коефіцієнти, що враховують вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [6, с.361, табл.6].

$$K_{v1} := K_{mv} \cdot K_{\mu v} \cdot K_{rv} \cdot K_{uv1} = 0.47$$

$$K_{v2} := K_{mv} \cdot K_{\mu v} \cdot K_{rv} \cdot K_{uv2} = 0.72$$

де K_{uv} – загальний поправочний коефіцієнт [5].

$$V_1 := \frac{C_v}{T^m \cdot t_1^x \cdot S_1^y} \cdot K_{v1} = 75.98 \text{ м/хв.}$$

$$V_2 := \frac{C_v}{T^m \cdot t_2^x \cdot S_2^y} \cdot K_{v2} = 251.44 \text{ м/хв.}$$

де V – швидкість різання [5].

$$n_1 := \frac{1000 \cdot V_1}{\pi \cdot D_1} = 284.53 \text{ об/хв.}$$

$$n_2 := \frac{1000 \cdot V_2}{\pi \cdot D_2} = 971.32 \text{ об/хв.}$$

де n – частота обертання.

$$C_{p1} := 300 \quad x_1 := 1.0 \quad y_1 := 0.75 \quad n_1 := -0.15$$

$$C_{p2} := 243 \quad x_2 := 0.9 \quad y_2 := 0.6 \quad n_2 := -0.3$$

$$C_{p3} := 339 \quad x_3 := 1.0 \quad y_3 := 0.5 \quad n_3 := -0.4$$

де C_p , x , y , n – коефіцієнти та показники степені, в формулах сили різання [5, с.372, табл.22].

$$P_z := 10 \cdot C_{p1} \cdot t_1^{x_1} \cdot S_1^{y_1} \cdot V_1^{n_1} \cdot K_{v1} = 962.59 \text{ Н.}$$

$$P_y := 10 \cdot C_{p2} \cdot t_1^{x_2} \cdot S_1^{y_2} \cdot V_1^{n_2} \cdot K_{v1} = 424.64 \text{ Н.}$$

$$P_x := 10 \cdot C_{p3} \cdot t_1^{x_3} \cdot S_1^{y_3} \cdot V_1^{n_3} \cdot K_{v1} = 463.27 \text{ Н.}$$

де P_z – тангенціальна сила різання [5].

$$N := \frac{P_z \cdot V_1}{1020 \cdot 60} = 1.2 \text{ кВт.}$$

де N – потужність різання різання [5].

$$M_{krz} := P_z \cdot \frac{D_1 \cdot 10^{-3}}{2} = 40.91 \text{ Н*м.}$$

де M_{kr} – крутний момент від сил різання.

5. Розрахунок жорсткості та швидкохідності шпиндельного вузла

5.1 Опис конструкції

Візьмемо за основу вже існуючий шпиндельний вузол верстата та розрахуємо його на жорсткість.

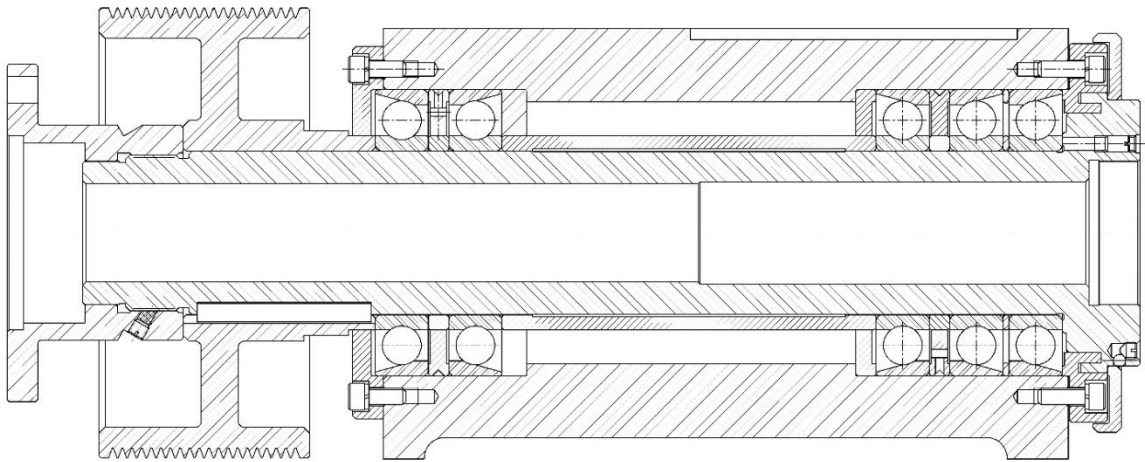


Рис. 7. – Шпиндельний вузол верстата.

В шпиндельному вузлі верстата, використовуються п'ять радіально-упорних шарикових підшипників типу 46216 ГОСТ 831-75.

Увеличение быстроходности Уменьшение жесткости ▽	№	Тип	Схема	$\frac{d}{D} \cdot 10^3$ мм/мин	C
	1	Низкоскоростные		1...1,4	0,65...0,75
	2			1,5...1,8	0,45...0,65
	3			1,6...2	0,3...0,45
	4	Среднескоростные		2,5...3,5	0,3...0,45
	5			3...4,5	0,2...0,3
	6			4...5	0,15...0,2
	7	Высокоск.		5...6	0,1...0,15
	8			6...8	0,05...0,1

Рис. 8. – Схеми установки підшипників у шпиндельному вузлі.

Так як в нас вже є приклад шпиндельного вузла, тоді прийmemo 6 розрахункову схему і задамося параметрами для розрахунку.

5.2 Розрахунок міжопорної відстані

Визначаємо діаметр передньої шийки шпинделя під розмір отвору переднього підшипника:

$$n_{max} := 5000 \text{ об/хв} \quad k_1 := 4 \quad k_2 := 5$$

$$d_{ni\partial_1} := \frac{k_1 \cdot 10^5}{n_{max}} = 80 \text{ мм.} \quad d_{ni\partial_2} := \frac{k_2 \cdot 10^5}{n_{max}} = 100 \text{ мм.}$$

Приймаємо: $d_{ni\partial} := 80 \text{ мм.}$

де k - характеристика швидкохідності, n_{max} – максимальна частота обертання шпинделя.

Визначимо міжопорну відстань:

$$l_{\partial.опор_1} := 2.5 \cdot d_{ni\partial} = 200 \text{ мм.} \quad l_{\partial.опор_2} := 3.5 \cdot d_{ni\partial} = 280 \text{ мм.}$$

Приймаємо: $l_{опор} := 277.5 \text{ мм.}$

5.3 Проектування та розрахунок валу

Для подальших розрахунків на жорсткість валу, нам потрібно розрахувати кожну опору. Для цього було спроектовано вал з вилетом інструменту при обробці в 100 мм.

Таблиця 3.0 – Навантаження.

Індекс	Положення	Радіальна сила				Ізгибающий момент				Распределенная нагрузка				Осевая сила	Крутящий момент	Отклонение				Угол отклонения
		Y	X	Значение	Направление	Y	X	Значение	Направление	Y	X	Значение	Направление			Y	X	Значение	Направление	
1	67 мм														40,910 Н м	-0,912 мкм	-0,990 мкм	1,346 мкм	227,35 град	0,00 град
2	617 мм														-40,910 Н м	-3,367 мкм	-4,862 мкм	5,914 мкм	235,30 град	0,00 град
3	617 мм													-952,690 Н		-3,367 мкм	-4,862 мкм	5,914 мкм	235,30 град	0,00 град
4	617 мм	463,640 Н	463,270 Н	655,424 Н	44,98 град											-3,367 мкм	-4,862 мкм	5,914 мкм	235,30 град	0,00 град

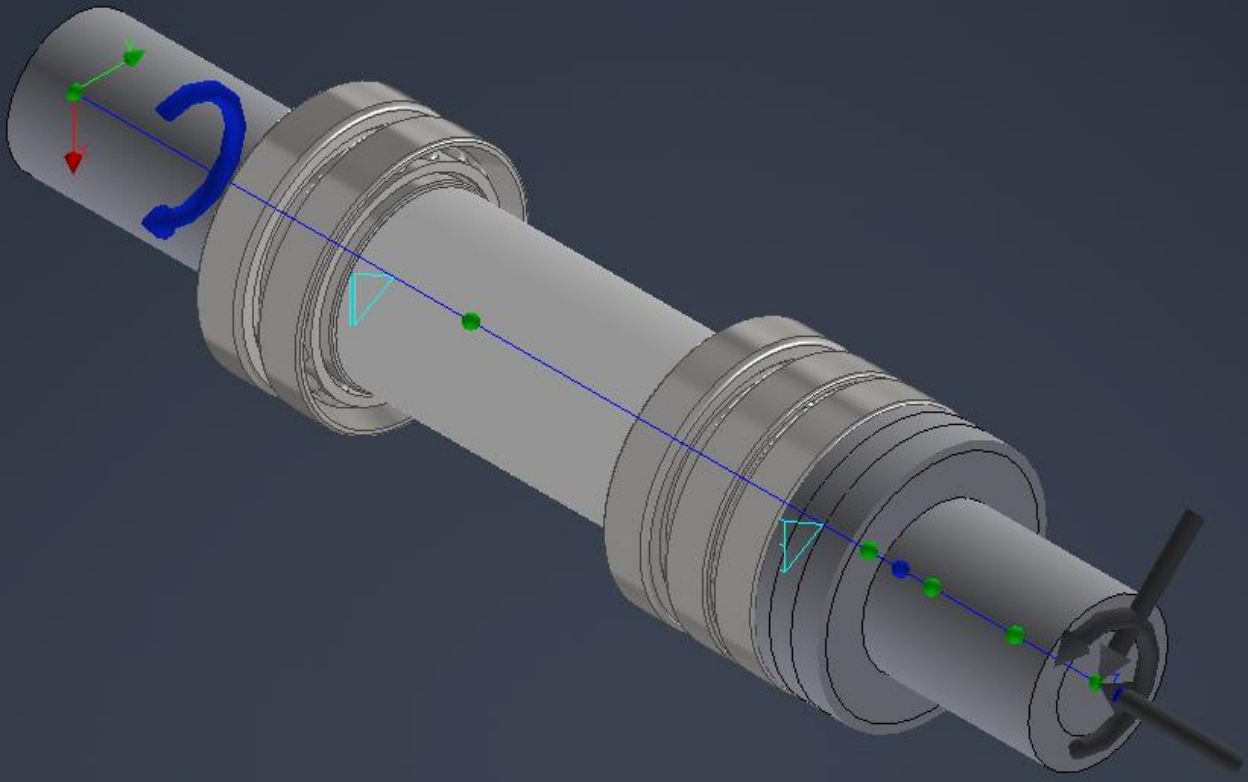


Рис. 9. – Схема навантаження валу.

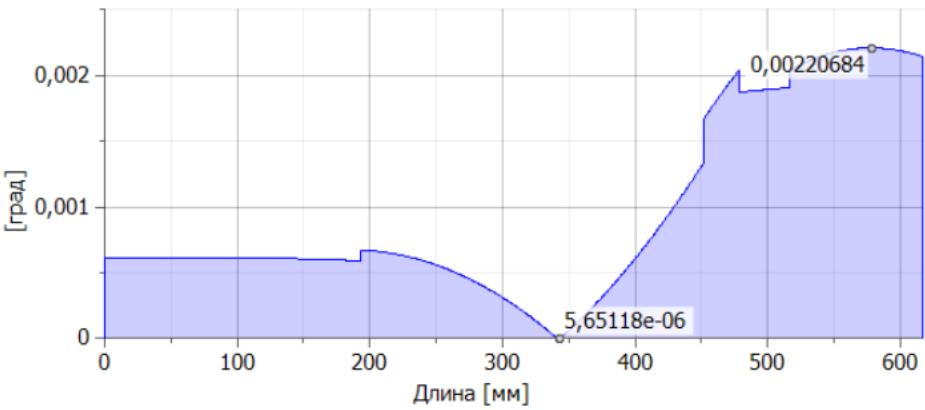


Рис. 10. – Кут відхилення.

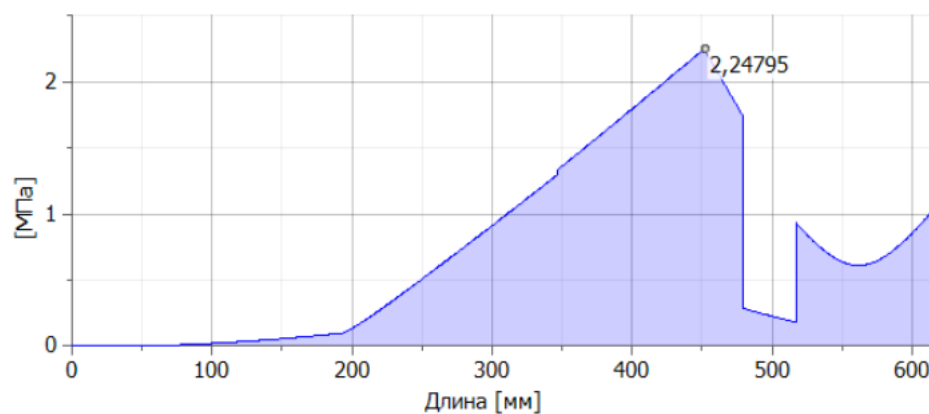


Рис. 11. – Напряга зсуву.

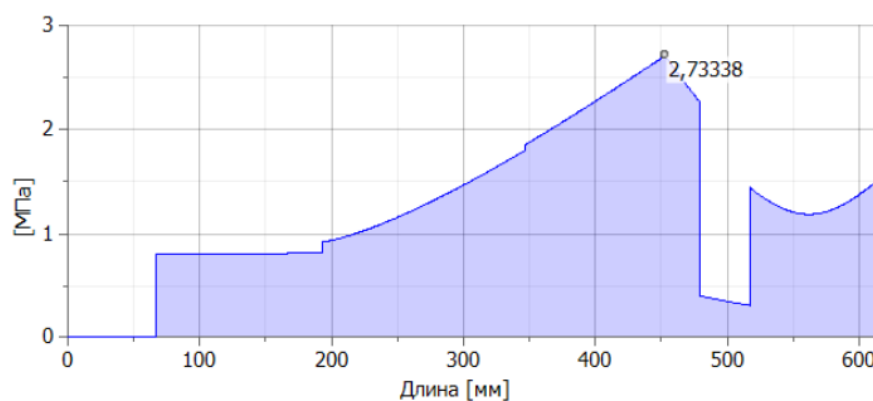


Рис. 12. – Наведена напряга.

Таблица 4. – Результаты.

Длина	L	617,000 мм
Масса	Масса	36,850 кг
Максимальное напряжение при изгибе	σ_b	2,248 МПа
Максимальное напряжение при сдвиге	τ_s	0,278 МПа
Максимальное напряжение при кручении	τ	0,480 МПа
Максимальное напряжение при растяжении	σ_T	0,311 МПа
Максимальное приведенное напряжение	σ_{red}	2,733 МПа
Максимальное отклонение	f_{max}	5,914 мкм
Угол закручивания	ϕ	0,00 град

Таблица 5. – Опоры.

Индекс	Тип	Положение	Сила реакции				Предел текучести	Тип	Отклонение				Угол отклонения
			Y	X	Значение	Направление			Y	X	Значение	Направление	
1	Свободные	193 мм	-124,371 Н	-296,600 Н	321,621 Н	247,25 град		Пользовательский	-0,000 мкм	-0,000 мкм	0,000 мкм	180,00 град	0,00 град
2	Фиксированные	451,5 мм	949,388 Н	759,870 Н	1216,035 Н	38,67 град	-952,690 Н	Пользовательский	-0,000 мкм	-0,000 мкм	0,000 мкм	180,08 град	0,00 град

5.4 Розрахунок жорсткості валу

На жорсткість розраховують шпиндельні вузли усіх типів. При цьому визначають пружне переміщення шпинделя в перерізі переднього кінця, для котрого проводиться стандартна перевірка шпиндельного вузла на жорсткість. Переміщення приймають, як пружне переміщення переднього кінця шпинделя. У переміщенні враховують виключно деформації тіла шпинделя і опор. Власні деформації ріжучого інструменту, оброблюваної деталі, конічного або іншого з'єднання інструменту зі шпинделем визначають додатковими розрахунками, котрі не відносяться до розрахунку шпиндельного вузла на жорсткість [6].

Дано:

$$P := 1216.035 \text{ Н. } Q := 321.621 \text{ Н. } d := 80 \text{ мм. } b := 26 \text{ мм. } D := 140 \text{ мм.}$$

$$l := 277.5 \quad K := 1.5 \quad \varepsilon := 0.3 \quad a := 165.5 \text{ мм. } c := 127.5 \text{ мм.}$$

$$E := 2 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \quad d_1 := 48 \quad d_2 := 50 \quad j_A := 36100 \quad j_B := 36100$$

де P, Q - навантаження на опори; b, D і d – ширина і зовнішній та внутрішній діаметр підшипника; l – відстань між передньою та задньою опорами шпинделя; ε – коефіцієнт защемлення; a, c - відстань між передньою та задньою опорою з кінця та початку; E – модуль пружності для сталі; d_1 і d_2 – внутрішні діаметри валу; j_1 і j_2 – радіальна жорсткість передньої і задньої опори [6, с.45, табл.19].

$$J_1 := \frac{\pi \cdot (d^4 - d_1^4)}{64} = 1750043.04 \quad J_2 := \frac{\pi \cdot (d^4 - d_2^4)}{64} = 1703823.14$$

де J_1 і J_2 – середні значення осьового моменту інерції [6].

$$J := J_1 + J_2 \quad j := j_A + j_B$$

$$\Theta_A := \frac{1}{3 \cdot E \cdot J_2} \cdot \left[P \cdot l + \frac{Q}{2 \cdot l} \cdot (b^3 + 2 \cdot b \cdot l^2 - 3 \cdot b^2 \cdot l) \right] = [0.00000229]$$

де Θ_A - Кут повороту (рад) в передній опорі [6].

Наступні формули були розбиті на частини, так як їх довжина не може буде правильно укомплектована в цей файл. Розрахунок не порушен.

$$\delta_{1.2.3_ч1} := \frac{P \cdot a^2}{3 \cdot E} \cdot \left[\frac{a}{J_1} + \frac{l \cdot (1 - \varepsilon)}{J_2} \right] + \frac{Q \cdot l \cdot a \cdot c \cdot (1 - \varepsilon)}{6 \cdot E \cdot J^2}$$

$$\delta_{1.2.3_ч2} := P \cdot \left(\frac{1}{j_A} \cdot \left[\frac{l + a \cdot (1 - \varepsilon)}{l} \right]^2 + \frac{a^2 \cdot (1 - \varepsilon)}{j \cdot b \cdot l^2} \right)$$

$$\delta_{1.2.3_ч3} := Q \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \left[\frac{(l + a) \cdot c}{j_A \cdot l^2} + \frac{(l + c) \cdot a}{j_B \cdot l^2} \right]$$

$$\delta_{1.2.3} := \delta_{1.2.3_ч1} + \delta_{1.2.3_ч2} - \delta_{1.2.3_ч3} = [0.06941907]$$

$$\delta_4 := \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot P \cdot K}{\pi \cdot d \cdot b} \cdot \left(1 + \frac{d}{D} \right) = 0.00000002$$

$$\delta := \delta_{1.2.3} + \delta_4 = [0.06941909]$$

де δ – Радіальне переміщення шпинделя [6].

6. Розрахунок приводу поперечних подач

Приводами подачі з безступінчатим регулюванням встановлюють на верстати з числовим програмним управлінням, виробничі гнучкі модулі, верстати з адаптивним керуванням. Приводи забезпечують широкий діапазон режимів обробки, велику продуктивність, високу точність позиціонування виконавчих механізмів. Завдяки спрощення механічної частини і регулюванню електродвигуна знижується навантаження на двигун: підвищується ККД приводу, знижується момент інерції, підвищується точність. Для росту продуктивності верстата передбачають велику швидкість ходу виконавчих вузлів, до 15 м / хв і більше, а в легких свердлильних і токарних верстатах з малими ходами - високу швидкодію приводу (час розгону на максимальну швидкість не перевищує 0.2 секунди). У зв'язку зі збільшенням швидкості переміщень і зниженням швидкості настановних рухів, то діапазон регулювання приводу подач верстатів з ЧПУ дуже широкий: в фрезерних, токарних і розточувальних верстатах від 100 до 10 000 [6].

Візьмемо за основу вже існуючий супорт верстата, та розрахуємо його.

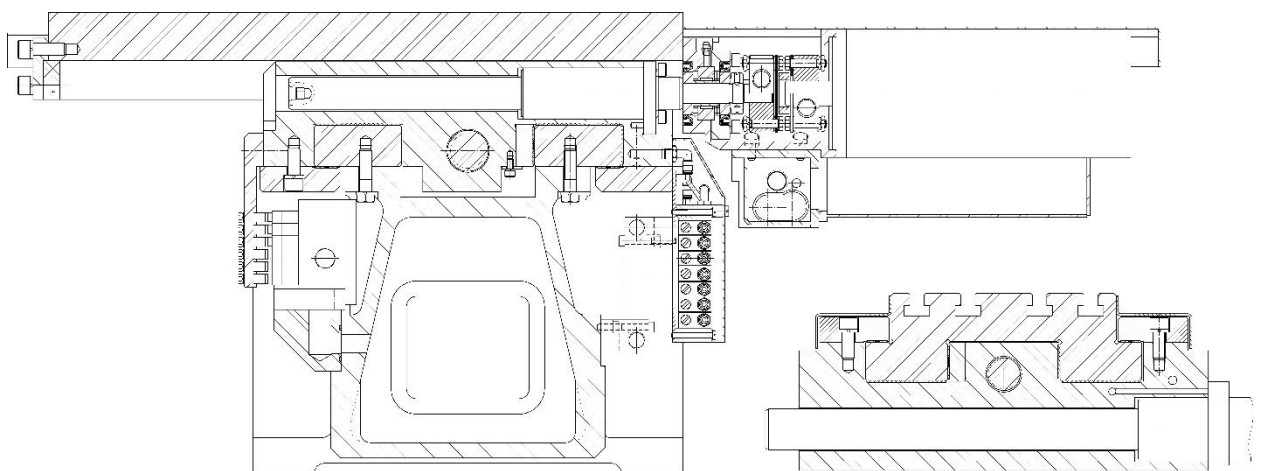


Рис. 13. - Супорт верстата.

6.1 Визначення довжини ходового гвинта

Дано:

$$F_{рез} := 1216 \text{ Н.} \quad V_{шх} := 20 \text{ м/хв.} \quad l_u := 300 \text{ мм.} \quad l_k := 130 \text{ мм.}$$

$$l_y := 10 \text{ мм.} \quad l_n := 85 \text{ мм.} \quad l_h := 84 \text{ мм.}$$

$$L := l_u + l_k + 2 \cdot l_y + 2 \cdot l_n + 2 \cdot l_h = 788$$

де $F_{рез}$ – сила різання, $V_{шх}$ – швидкість швидкого ходу, l_u – переміщення робочого органу верстата, l_k – довжина корпусу гайки, l_y – ширина ущільнення кулько-гвинтового механізму, l_n – довжина перебігу, l_h – довжина неробочої частини гвинта [7].

6.2 Визначення номінального діаметра передачі гвинт – гайка

$$d_0 := \frac{L}{20} = 39.4 \text{ мм.}$$

Приймаємо: $d_0 := 40 \text{ мм.}$

де d_0 - номінальний діаметр передачі гвинт-гайка кочення [7].

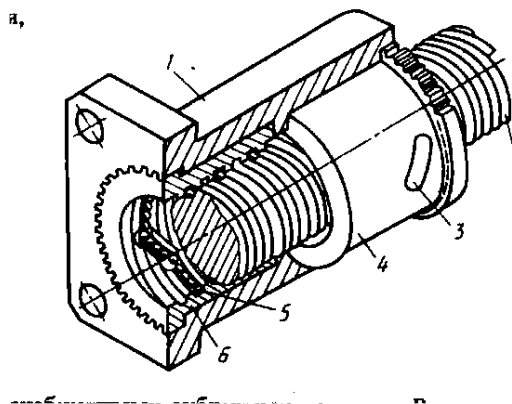


Рис. 14.0 - Передача гвинт-гайка кочення з двома гайками [7].

6.3 Визначення розмірів ходового гвинта і вибір підшипників

Так як при розрахунку в нас вийшло $d_0 = 40$, тоді приймемо наступні розміри із таблиці [7, с.27, табл.2].

Дано:

$$P := 6 \text{ мм.} \quad d_1 := 18 \text{ мм.} \quad d_2 := 22 \text{ мм.} \quad d_3 := 24 \text{ мм.} \quad d_4 := 20 \text{ мм.}$$

$$d_5 := 20 \text{ мм.} \quad d_6 := 20 \text{ мм.} \quad d_7 := 25 \text{ мм.} \quad L_1 := 15 \text{ мм.} \quad L_2 := 50 \text{ мм.}$$

$$L_3 := 35 \text{ мм.} \quad L_4 := 78 \text{ мм.} \quad L_5 := 30 \text{ мм.} \quad L_6 := 25 \text{ мм.} \quad L_7 := 22 \text{ мм.}$$

де P - крок різьби.

Приймемо за рекомендацією таблиці роликові радіальні підшипники з іголчастими роликами і подвійні наполегливі комбіновані (по ГОСТ 26290-84) типу 504708 з наступними параметрами [7, с.29, табл.3].

Дано:

$$d := 40 \text{ мм.} \quad D := 75 \text{ мм.} \quad B := 54 \text{ мм.} \quad J := 3000$$

де d – внутрішній діаметр, D – зовнішній діаметр, B – ширина, J – осьова жорсткість.

6.4 Визначення статичної вантажопідйомності передачі

$$\beta = \arctg \frac{P}{\pi * d_0} = 0.059$$

$$\beta := 0.0596 \quad \alpha := \sin(45) = 0.851 \quad k_z := 0.7 \quad u := 6$$

$$d_1 := 0.6 * P = 3.6 \quad \text{Приймаємо: } d_1 := 4 \text{ мм.}$$

$$C_0 := 70 * k_z * d_1 * (\pi * d_0 - 3 * P) * u * \alpha * \beta = 6421.008 \text{ Н.}$$

де β – кут нахилу гвинтової лінії різьби; α – кут контакту кульки з гвинтом і гайкою; k_z – коефіцієнт, що враховує похибки кроку різьблення, u – число робочих витків передачі; d_1 – діаметр кульки; C_0 – статична вантажопідйомність [7].

Виконуємо перевірку передачі по статичній вантажопідйомності. Необхідно, щоб виконувалася умова:

$$C_0 \leq [C_0]$$

$$6421.008 \text{ Н.} < 35300 \text{ Н.}$$

де $[C_0]$ – базова статична вантажопідйомність [7, с.28, табл.1].

6.5 Визначення динамічної вантажопідйомності передачі

$$f_h := \sqrt[3]{\frac{5000}{500}} = 2.154 \quad S_{min} := 10 \text{ мм/хв.} \quad S_{max} := 1800 \text{ мм/хв.}$$

$$n_{Smin} := \frac{S_{min}}{P} = 1.667 \quad \text{хв}^{-1} \quad n_{Smax} := \frac{S_{max}}{P} = 300 \quad \text{хв}^{-1}$$

$$n_\epsilon := 0.5 \cdot (n_{Smin} + n_{Smax}) = 150.833 \quad \text{хв}^{-1}$$

$$f_n := \sqrt[3]{\frac{100}{n_\epsilon}} = 0.872$$

де f_h – коефіцієнт довговічності; S_{min} і S_{max} – мінімальна та максимальна подача; n_{Smin} і n_{Smax} – мінімальні та максимальні частоти обертання двигуна; n_ϵ – середні частоти обертання двигуна; f_n – коефіцієнт частоти обертання [7].

$$f_H := 0.7 \quad f_W := 1.2 \quad f := 0.16 \quad g := 9.8 \quad \frac{M}{c^2} \quad m := 60 \quad K_\epsilon := 6$$

$$F_{екв} := F_{рез} + f \cdot (m \cdot g) = 1310.08 \text{ Н.}$$

$$C := \frac{f_h \cdot f_W}{f_n \cdot f_H} \cdot \frac{F_{екв}}{K_\epsilon} = 924.831 \text{ Н.}$$

де f_H – коефіцієнт твердості матеріалу; f_W – коефіцієнт характеру навантаження для верстатів; f – коефіцієнт тертя в напрямних; g – прискорення вільного падіння; m – маса супорта; K_B - число робочих витків передачі; $F_{рез}$ - сила різання; $F_{екв}$ – еквівалентна осьова навантаження; C - динамічна вантажопідйомність передачі гвинт [7].

Необхідно, щоб виконувалася умова:

$$C \leq [C]$$

$$924.831 \text{ Н.} < 13400 \text{ Н.}$$

де $[C]$ - базова динамічна вантажопідйомність передачі гвинт [7, с.28, табл.1].

6.6 Розрахунок гвинта на стійкість по критичній осьовій силі

Для забезпечення стійкості ходового гвинта його діаметр повинен бути більшим за $d_{0пров1}$.

$$Q_{max} := F_{екв} \quad \mu := 2 \quad k_y := 3 \quad E := 210 \cdot 10^9$$

$$d_{0пров1} := \sqrt[4]{\frac{64 \cdot k_y \cdot Q_{max} \cdot (\mu \cdot l_u)^2}{\pi^3 \cdot E}} = 0.343$$

де Q_{max} – найбільше тягове зусилля; μ – коефіцієнт, що залежить від характеру закладення кінців ходового гвинта; при одному защемленні кінці і другому вільному; k_y – коефіцієнт запасу стійкості; E – модуль пружності [8].

Необхідно, щоб виконувалася умова:

$$d_0 \geq d_{0пров1}$$

$$40 > 0.343$$

де $d_{0\text{пров1}}$ – стійкість при найбільшому тяговому зусиллі [7].

6.7 Розрахунок гвинта на стійкість по критичній частоті обертання

Максимальна частота обертання гвинта:

$$k := 1.25$$

$$n_{\text{г}} := 10^3 \cdot k \cdot \frac{V_{\text{шх}}}{P} = 4166.667 \text{ хв}^{-1}$$

де k - коефіцієнт розбіжності частоти обертання гвинта з частотою його власних коливань [7].

$$d_{0\text{пров2}} := 10^{-7} \cdot \mu \cdot l_{\text{ш}} \cdot n_{\text{г}} = 0.25 \text{ см.}$$

Необхідно, щоб виконувалася умова:

$$d_0 \geq d_{0\text{пров2}}$$

$$40 > 0.25$$

де $d_{0\text{пров2}}$ – забезпечення стійкості діаметру гвинта [7].

6.8 Розрахунок жорсткості приводу подачі

Число робочих кульок в одному витку гайки:

$$Z_B := \frac{\pi \cdot d_0}{d_1} - \frac{3 \cdot P}{d_1} = 26.916 \quad K_B := 6$$

де K_B – число робочих витків передачі [7].

Мінімально допустима сила попереднього натягу та сила натягу:

$$P_{Hmin} := \frac{Q}{2 \cdot k_z \cdot Z_B \cdot K_B \cdot \alpha} = 1.672 \text{ Н.} \quad P_H := 1.75 \cdot P_{Hmin} = 2.926 \text{ Н.}$$

Жорсткість передачі гвинт-гайка кочення з попереднім натягом і поверненням кульок через вкладиші.

$$K_\delta := 0.4$$

$$J_{ВГК} := 6 \cdot K_\delta \cdot K_B \cdot \left(\frac{d_0}{P} - 1 \right) \cdot \sqrt[3]{0.1 \cdot P_H \cdot P} = 98.434 \text{ Н/мкр.}$$

Де K_δ – коефіцієнт, що враховує похибки виготовлення гайки [7].

Жорсткість ходового гвинта при односторонньому закріпленні визначається:

$$J_B := \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot E}{4 \cdot l_u} = 879645943005.142 \text{ Н/м.} \quad J_B := 879 \cdot 10^9 \text{ Н/мкр.}$$

Жорсткість опор J_0 при використанні наполегливих комбінованих роликів підшипників типу 504708 дорівнює їх осьової жорсткості [7, с.29, табл.3].

$$J_0 := 3000 \text{ Н/мкр.}$$

$$J_{факт} := \frac{1}{J_B} + \frac{1}{J_{ВГК}} + \frac{1}{J_0} = 0.01 \text{ мкм/Н.} \quad J := 80 \text{ Н/мкм.}$$

Власна частота коливань механічної частини приводу

$$f_1 := 20 \text{ Гц.} \quad f := 3.25 \cdot f_1 = 65 \text{ Гц.}$$

Де f_1 - частота імпульсів, що виробляється системою вимірювання переміщень, для малих і середніх верстатів.

Необхідна жорсткість J_{TP} приводу за умовою відсутності резонансу визначається:

$$J_{TP} := 4 \cdot 10^{-6} \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot m = 10.008 \text{ Н/мкр.}$$

Необхідно, щоб виконувалася умова:

$$J \geq J_{TP}$$

$$80 \text{ Н/мкр.} > 10.008 \text{ Н/мкр.}$$

7. Розробка конструкції розточувальної оправки з можливістю встановлення демпфера для розточування на верстаті

При розточуванні отворів на токарних верстатах, забезпечення сталості процесу різання - є важливою умовою нормального функціонування технології оброблювальної системи. До появи шкідливих вібрацій, найбільше схильні однолезові консольні оправки, у яких найменш жорсткі ланки в технологічній системі верстата. Вібрації оправки знижують якість обробленої поверхні – геометрична точність зменшується, неоднорідність та шорсткість поверхні збільшуються. Чим довший інструмент, тим меншу жорсткість він має. В цьому випадку, підвищення якості та продуктивності обробки при розточуванні глибоких отворів, є актуальним напрямком дослідження.

При розрахунку геометричних параметрів консольної частини оправки слід керуватися рекомендаціями:

- мінімальний виліт розточувального різця, при збільшенні вильоту відтискання збільшується;
- максимальним діаметр розточувальної оправки, при збільшенні діаметра оправки зростає момент інерції поперечного перерізу і зменшується відтискання;
- чим модуль пружності матеріалу оправки вище, тим відтискання при незмінному вильоті і діаметрі оправки менше.

Крім того, необхідно безперешкодне забезпечення відведення стружки та достатній радіальний хід для інструменту.

Один з ефективних способів зменшення рівня вібрацій, є використання динамічного демпфера вібрації з в'язким тертям в розточувальних оправках. Суть рішення полягає в тому, що в порожнині оправки, розміщується додаткова маса з заповненою в'язкою рідиною, що пружно взаємодіє з оправкою через вставки і ефективно поглинає вібрації [8]. У багатьох відомих конструкціях демпфуючих оправок, для встановлення демпфера використовується більша частина внутрішнього об'єму тіла оправки.

Недоліком таких оправок є зниження радіальної жорсткості у точці розміщення різця, внаслідок порожнини значного діаметру для встановлення демпфера.

Однією з умов забезпечення потрібної жорсткості консольної частини розточувальної оправки з отвором для демпфера, є дотримання співвідношення діаметру отвору порожнини d та зовнішнього діаметру оправки D при $d/D \leq 0,5$ [9, 10]. При виконанні умови, втрачається не більше 5% радіальної жорсткості в консольній частини, а довжина отвору може відповідати довжині оправки. Разом з тим, при використанні додаткової маси, для гасіння коливань бажано, щоб діаметр отвору в зоні установки різця був більшим, ніж половина зовнішнього діаметру розточувальної оправки, а довжина може бути меншою.

7.1 Патентний пошук конструкцій розточувальних оправок з можливістю гасіння вібрацій

Суть патентно-інформаційного пошуку полягає у здійсненні сукупності заходів, результатом яких є створення бази для споживача (фізичних та юридичних осіб) сприятливі умови надійного та швидкого отримання потрібних відомостей про ОПВ, що є результатами наукових досліджень та проектно-конструкторських розробок, а також характеру та обсягу прав заявників і власників охоронних документів, відомостей стосовно їх охорони. Для цього наводяться патентні дослідження, для визначення патентоспроможності створеного ОПВ, у тому числі становиться більш видна мета патентних досліджень і порядок виконаних дій, аналіз відомих подібних за призначенням пристроїв або способів, заповнюється формуляр, наводиться державна система інформації о патентах, та який виконувався пошук або використовувався засіб для патентного пошуку.

Отже, був проведений патентний пошук з приведеними результатами:

➤ Розточувальна оправка (патент SU1134300 А В23В20/02)

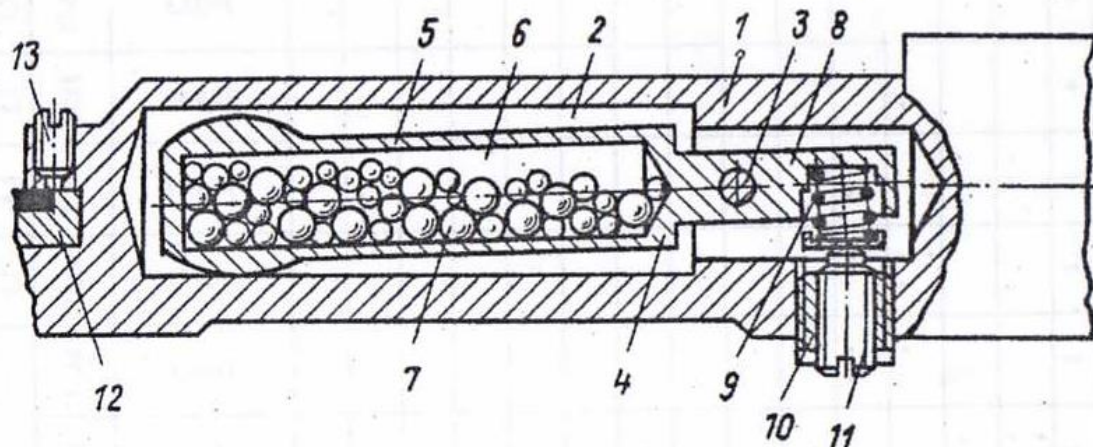


Рис. 15. - Розточувальна оправка.

Винахід [11] відноситься до обробки металів, а також до пристроїв чистової обробки.

Розточувальна оправка, віброгасник якої виконаний у вигляді корпусу циліндричного вантажу, розміщеного в осьовому отворі, що контактує зі стінками отвору 1. Однак в оправці не забезпечується можливість безперервного гасіння вібрацій при перехідних режимах різання або технологічних операціях, це зумовлено постійністю інерційності циліндричного вантажу. В момент переходу з одного режиму різання на інший, відбувається зміна частоти і амплітуди при коливаннях, це не може бути відстежено цією конструкцією.

Мета винаходу полягає у підвищенні ефективності демпфірування, за допомогою забезпечення безперервного гасіння вібрацій, що виникають при перехідних режимах різання.

Поставлена мета досягається у тому, що в розточувальній оправці, в корпусі якої розміщений контакт з його стінками віброгасника, виконаний у вигляді вантажу, котрий встановлено з можливістю повороту на осі та перпендикулярної до осі оправлення, вантаж виконан замкнутим контуром. Порожнина заповнена металевими кульками.

На рис. 15 зображена розточувальна оправка загального вигляду. Оправка містить корпус 1, в порожнині 2 встановлено 40 віброгасників з можливістю повороту на осі 3, виконаний у вигляді кулькового вантажу 4, в плечі 5 виконана замкнута порожнина. Порожнина 6 заповнена набором кульок 7 різного діаметру. Кульки виготовлені з м'якого металу (наприклад: свинець).

Протилежне осі 3 плече 8, циліндричного вантажу 4 підпружинений до корпусу 1 пружиною 9, піджаті регулювальним (виконаним у вигляді вивернутої в корпус 1 гайки 10) і сполученого з нею гвинта 11. У корпусі 1 встановлен різець 12, закріплен гвинтом 13.

Розточувальна оправка працює таким чином, що у процесі токарної обробки виникають коливання оправки, циліндричний вантаж 4 б'ється об стінки порожнини 2 корпусу 1. При цьому ударні імпульси вантажу 4 зменшують амплітуду коливань корпусу 1, а власні коливання вантажу 4 компенсуються ударними імпульсами циліндричних кульок 7, переміщаються в порожнині 6.

При переході з одного режиму різання на інший, без виключення верстата і зміни віброгасника за допомогою пружини 9, здійснюється безперервний перехід до необхідного режиму. Відкручування регулювальної гайки 10 і гвинта 11 забезпечить перехід віброгасника від більш високих до більш низьких частот коливань при одночасному посиленні ударного імпульсу вантажу 4. Плавне регулювання гайки 10 і гвинта 11 забезпечить перехід віброгасника від низьких до високих частот коливань при одночасному зменшенні ударного імпульсу.

Данна розточувальна оправка дозволяє здійснювати безперервне гасіння вібрацій при режимах різання перехідного характеру, тобто підвищується ефективність демпфера, а отже, і якість обробленої поверхні.

➤ Демпфуючий інструмент (патент WO 2004/024389 A1)

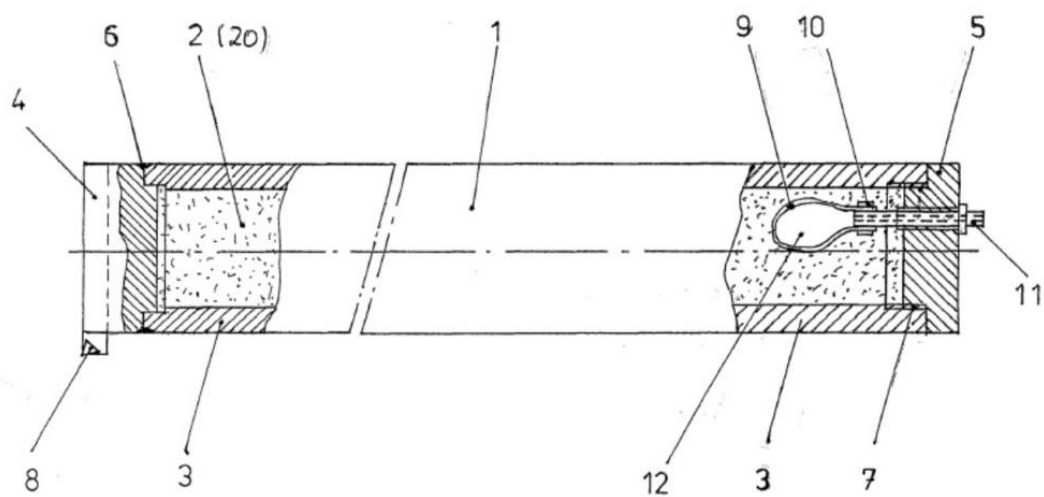


Рис. 16. - Демпфуючий інструмент. Вигляд 1.

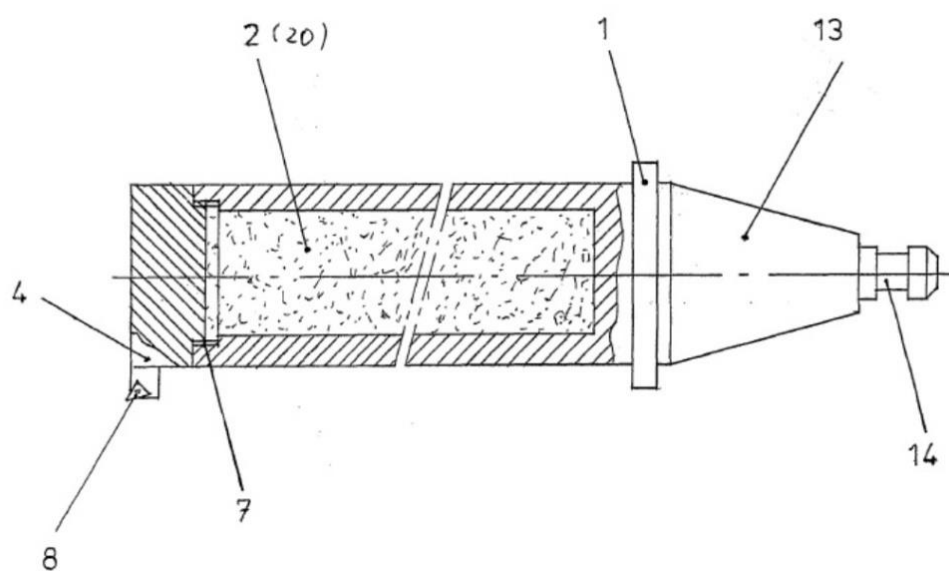


Рис. 17. - Демпфуючий інструмент. Вигляд 2.

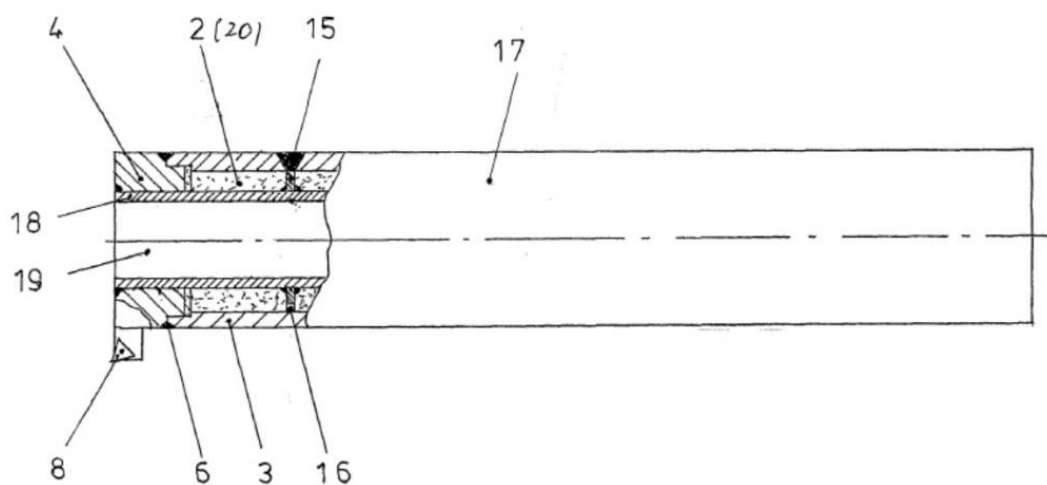


Рис. 18. - Демпфуючий інструмент. Вигляд 3.

Дослід [12] відноситься до демпфуючих інструментів (свердла, борштанги, та інші, в яких є властивості зменшення вібрацій.

В цьому патенті описані заходи, які зменшують вібрацію, але дослід не запобігає того, що при обробці деталей вони самі не потрапляють у коливання, або вібрацію.

Кашоподібна консистенція, надає особливість пологого простіру, що заповнений твердими частками, які знаходяться в контакті між собою, або самотійно. Їх контактна поверхня може покриватися дуже тонкої плівкою із рідини. Плівка може бути відсутня.

Частини інструменту, які знаходяться у середній частині труби мають ліве та праве з'єднання. Вони складаються із сталі, загалом приварюються, або прикручуються.

Суміш 2 заповнює тільки одну частину пологого простору. Інструмент має у зовнішній стінці отвір, що замикається і суміш наповнюється в пологу форму.

Суміш із рідини та гранульованої речовини, що може мати антикорозійні властивості.

Також можна застосовувати інші добавки, як поверхнево-активні речовини, бактерицидно - діючі речовини і тиксотропія.

Інструмент розроблений таким чином, що окремі компоненти забезпечують механічну міцність.

Рис. 16 ілюструє необертаючий формоутворюючий бурильний інструмент 1, який наповнений сумішшю 2 повністю або частково. Середина бурильного інструменту містить трубу 3, яка з'єднана з лівої сторони 4, зварювальним швом 6. Зі сторони з'єднання 4, закріплена ріжуча кромка 8, а на правій стороні трубки 3 має праве з'єднання 5, сполучене за допомогою різьбового з'єднання 7.

Праве з'єднання 5, має вгвинчений вентиль 11, через газ, повітря, або рідину 12, можна наповнити балон 9, щоб суміш 2 була під тиском. Балон під закріпленням 10 буде міцно триматись.

Балон, котрий заповняє всю порожнину і знаходиться за межами, наповнюється рідиною та герметично закривається з внутрішньої бічної поверхні інструменту, завдяки цьому створюється демпфування.

В іншому виконанні забезпечити демпфуючий формоутворюючий інструмент вентилям 11 для підводу газу, повітря, або речовини у порожнину без подачі в балон. Так, можливо змінювати тиск в порожнині і впливати на демпфування.

Рис. 17 зображується формоутворюючий бурильний інструмент 1, котрий при обробці самостійно обертається. Інструмент 1 складається з основного корпусу, державкою 13 з короткою або крутою конусною конструкцією. З кріпильного болта 14, інструмент відводиться в конус державки.

З'єднання 4 може здійснюватися за допомогою безперервного зварного шва, або гвинта 7.

На рис. 18 показаний формоутворюючий необертаючий бурильний інструмент 17, котрий складається з двох трубок 3 і 18, кожен кінець якої має з'єднання з стороною 4. Сторони з'єднання з трубками 3 і 18 зварені 6, або вгвинчені 7.

Щоб отримати більш високу стабільність трубки 3 та 18, вони повинні бути з'єднанні один з одним за допомогою одного, або декількох перемичок 16. Приварена перемичка 16 до внутрішньої трубки 18 переходить в діаметр. Перемичка 16 з'єднана з зовнішньою трубкою 3, приварений швом 15. Шов 15 зварюється під кутом 120° на величину до 40 мм. Всі зварювальні шви можуть бути змінними. Ліва сторона з'єднання 4 закріплює ріжучу кромку. В конструктивному варіанті, через вентиль 1, балон 9 з газом, повітрям, або рідиною 12 заповнити так, щоб суміш в порожнині була під тиском, цим можна досягти оптимального демпфування. Також можливо заповнити порожнину газом, повітрям, або рідиною без використання балону. Через вентиль 11 можна зменшити тиск створений в порожнині, це

зміне вплив на демпфуючі властивості. Через подвійну трубчасту систему можна значно збільшити стабільність бурильного інструменту.

- Демпфуючий пристрій для заспокоєння коливань (патент RU 2293230 B23B29/02)

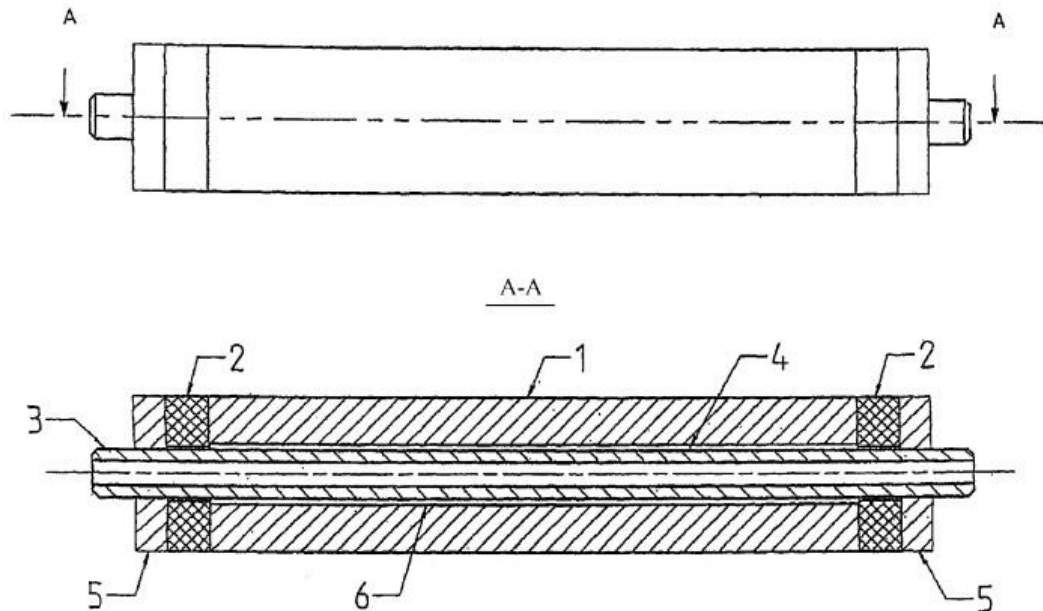


Рис. 19. - Приклад простої конструкції демпфуючого пристрою.

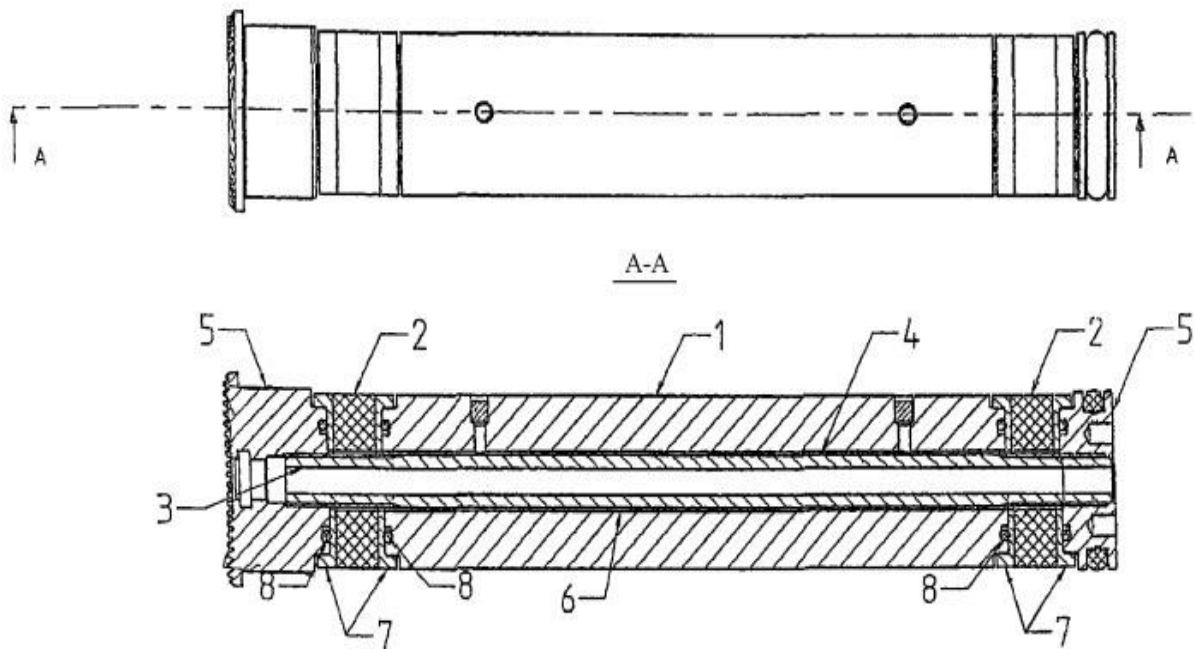


Рис. 20. - Демпфуючий пристрій в варіанті складання та монтажу

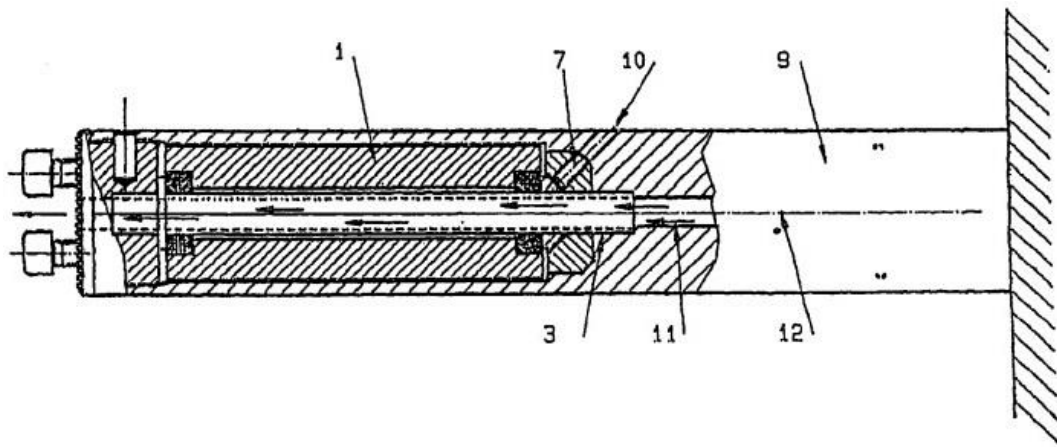


Рис. 21. - Демпфер (гаситель коливань).

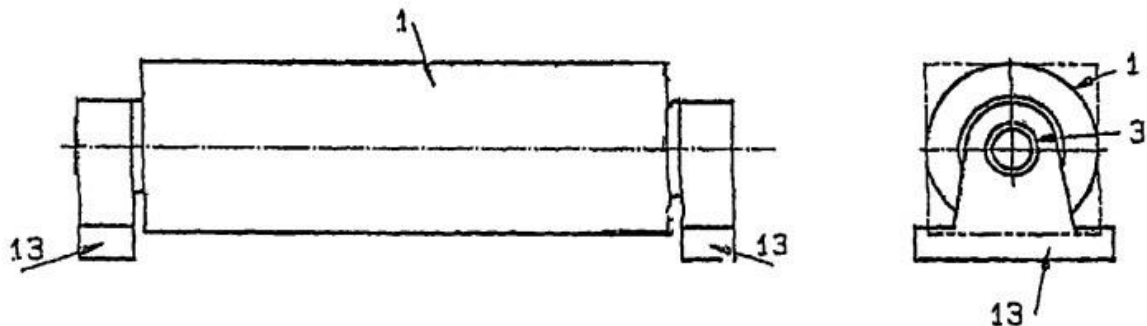


Рис. 22. - Спосіб монтажу демпфуючого пристрою.

Дослід [13] відноситься до демпфуючих пристроїв, яке призначене для застосування з розточувальними оправками і аналогічними інструментальними оправками в металорізальних верстатах. Використовуються при обробці різанням (токарна обробка, фрезерування і ін.). Пристрій може бути використан на затискачах, інших деталях верстата і заготовках.

Розробка направлена на збільшення відносини між довжиною і діаметром оправок. Це, в результаті привело до зменшення динамічної жорсткості оправки, і тому виникають нові вимоги, що пред'являються до демпфуючих пристроїв. Проблема пов'язана з самим демпфуючим пристроєм, відомому рівню, полягає в тому, щоб привести у відповідність демпфуючий елемент у пристрою з цими новими умовами, при цьому повинна бути зменшена частота демпфера. Для досягнення потрібні

демпфуючий пристрій з більш високою масою, або пружні елементи з більш низьким модулем пружності.

Щільність тіл, що використовуються в демпфері, вже серед доступних, тому для збільшення маси потрібно збільшити обсяг демпфуючого тіла. В результаті призведе до проблеми, пов'язаних з розміром, площею і ослабленням конструкції.

Для забезпечення можливості зменшення модуля пружності необхідно зробити міцність пружного елемента повинна бути зменшена, шляхом зменшення розміру елемента, або матеріал пружного елемента більш м'яким та більш низьким модулем пружності. У той час, пружні елементи повинні витримувати тепло, що виділяється протягом технологічного процесу різання і в результаті поглинання енергії матеріалу, крім цього маючи потрібні розміри для протидії силам, впливу яких вони теж піддаються. Це виявилось суперечливими вимогами.

Отже, рішення відповідні відомому рівню техніки, погано придатні для проведення розробки збільшеного співвідношення довжини і діаметру та більш низькою власною частотою коливання, внаслідок обмежень властивостей матеріалу, серед інших причин.

При обробці матеріалів часто використовують високі швидкості обертання, тут також важливо, щоб демпфуюча система могла витримувати швидке обертання. Це також проблема при використанні пристроїв, відповідних відомому рівню. Винахід забезпечує можливість вирішення вище перерахованих проблем, шляхом впровадження нового демпфуючого пристрою. Демпфуючий пристрій, придатний для заспокоєння коливань в інструментальних, розточувальних оправках і аналогічних пристроях, зокрема в елементах з внутрішнім рідинним охолодженням, при цьому демпфуючий пристрій містить демпфуюче елемент, що має циліндричну конфігурацію.

Рішення засноване на використаній технології, в котрій сили передаються від оправлення до демпфуючого тіла через пружні елементи,

причому ці елементи схильні до дії сил зсуву, на противагу тому, що є місце в пристроях, відповідних відомому рівню, де пружні елементи схильні до впливу головним чином до сил стиснення. Перевага передачі сил сил зсуву замість сил стиснення полягає в тому, що модуль пружності буде зменшений, і демпфуючі властивості матеріалу збільшаться при передачі сил в напрямку зсуву або зрізу в протилежну передачу сил в напрямку стиснення. Модуль пружності, який виражає жорсткість, еластomers що піддаються впливу сил зсуву, значно менше модуля стиснення, який показує жорсткість еластomers, котрі піддаються впливу сил стиснення, і становить $1/3$ модуля розтягування, котрий виражає жорсткість еластomers, які піддаються розтягуванню.

Одною з перевагою забезпечення можливості отримання більш низьких частоти є те, що маса демпфуючого тіла буде зменшена при досягненні аналогічної власної частоти, як у існуючих системах. Це робить даний дослід більш придатним для використання в тих випадках, де демпфуюча система обертається з високою швидкістю.

Той факт, що маса демпфуючого тіла може бути зменшена, є корисним в тому відношенні, що діаметр центральної труби, яка може транспортувати мастильно-охолоджуючу рідину до ріжучої кромки, може бути збільшений. Кількість мастильно-охолоджувальної рідини, яка може бути подана вперед при використанні такого рішення, завдяки цьому збільшується в порівнянні з рішеннями, відповідними відомому рівню техніки. Перевагою підвищеної кількості мастильно-охолоджувальної рідини є більш ефективне відведення стружки від ріжучої кромки.

Суть винаходу пояснюється графічно, де на рис. 19 ілюстрація демпфуючого пристрою в його найпростішому і основному варіанті здійсненні; рис. 20 - ілюстрація демпфуючого пристрою в варіанті здійснення, в котрому передбачається складання та монтаж; рис. 21 - ілюстрація демпфера (гасителя коливань), відповідного відомому рівню, вбудованого в розточувальне опрацювання; рис. 22 - ілюстрація способу

монтажу демпфуючого пристрою, коли повинно бути розміщено на плоскому об'єкті для зменшення коливань.

На рис. 19 ілюструється приклад простої конструкції демпфуючого пристрою. По суті циліндричне тіло 1 з аксіальним отвором 6, яке проходить через нього. Всередині отвору проходить поздовжній центральний корпус або труба 3 в аксіальному напрямку, яка виконана з жорстким кріплення до об'єкту, або на її зовнішніх кінцях всередині розточного оправлення.

Труба 3 виконана з можливістю проведення охолоджуючої рідини. З кожним зовнішнім кінцем корпусу 1 з'єднані елементи 2 круглої конфігурації, як приклад, прямокутного перетину. Пружним елементам 2 відповідно до цього може бути надана форма прокладок або коротких порожнистих циліндрів з отвором, для проходження поздовжнього центрального корпусу і двома протилежними поверхнями. Торцеві поверхні будуть паралельними. Поздовжній центральний корпус 3 з'єднаний з однією з торцевих поверхонь, а демпфуюче тіло 1 жорстко пов'язане з іншою поверхнею, так пружні елементи 2 з'єднані з кільцевими шайбами або кінцевими деталями 5, а також з'єднані з трубою 3, за допомогою вулканізації або склеюванням. Кільцеві шайби 5 прикріплені до труби 3 гвинтами. Власна частота системи змінюється завдяки розмірам або властивостей матеріалу пружного елемента 2.

На рис. 20 показан вузол різних деталей. У цьому прикладі пружні елементи 2 з'єднані з кільцевими шайбами 7 на кожній стороні. З'єднання утворено протягом формувань елементів 2 і отримано шляхом нанесення клею на контактні поверхні кільцевих прокладок 7. Кільцеві шайби 7 полегшують монтаж вузла пружних елементів 2 на тіло 1 і кільцеві шайби 5. Кільцеві шайби 7 можуть бути прикріплені до цих деталей за допомогою клею і ущільнені для запобігання витіку масла. В альтернативному варіанті здійснення, вони можуть бути закріплені за допомогою механічного з'єднання з кільцевими ущільнювачами 8 на контактних поверхнях для запобігання витіку масла. Кільцеві шайби 5 прикріплені до труби 3 за

допомогою сполучення, в цьому випадку жорстко з'єднаними з трубою або поздовжнім центральним корпусом 3. Тіло 1 розташоване між цими кільцевими шайбами 5. Два елементи 2 розташовані між двома кільцевими шайбами і тілом 1, так що одна з торцевих поверхонь кожного пружного елемента 2 з'єднана з двома шайбами 5. Інша торцева поверхня кожного пружного елемента 2 жорстко з'єднана з тілом 1.

На рис. 21 показан демпфуючий пристрій, отриманий в розточній оправці 9. Оправка 9 має вентиляційний канал 10, що знаходиться в прямому сполученні з центральною трубою 3, причому канал 11, так і центральна вісь зміщенні з віссю 12 оправки.

Також можливе використання пристрою, для зовнішнього демпфірування, як приклад, плоского об'єкта, і на рис. 22 ілюструється монтажний кронштейн для такого використання. Центральний корпус 3, що проходить в аксіальному напрямку, кріплять до двох кронштейнів 13, які жорстко з'єднані з тілом. В іншому пристрої аналогічно варіанту здійснення, показаного на рис. 20. В цьому випадку центральний корпус не обов'язково повинен бути порожнім.

Демпфуючий пристрій працює наступним чином. Коли конструкція, коливання якої треба заспокоїти, приводиться в рух під дією зовнішніх сил, як приклад, від ріжучого інструменту, деяка частина передається через пружні елементи масі тіла. Тому геометрії і з'єднання між кільцевими шайбами і демпфуючим тілом, пружні елементи будуть сприймати вплив, котрі докладають сил як вплив зусиль зсуву. Енергія, яка не передається від інструментальної оправки через отставку і за допомогою пружних елементів до демпфуючого тіла, буде переходити в теплову енергію в пружних елементах, а в деяких випадках і в рідині. Тепло генерується завдяки внутрішньому тертю в демпфуючій рідині, а також в пружних елементах, крім різних поверхонь розділу.

➤ Розточувальний патрон (патент RU 2298457 B23 B29/034)

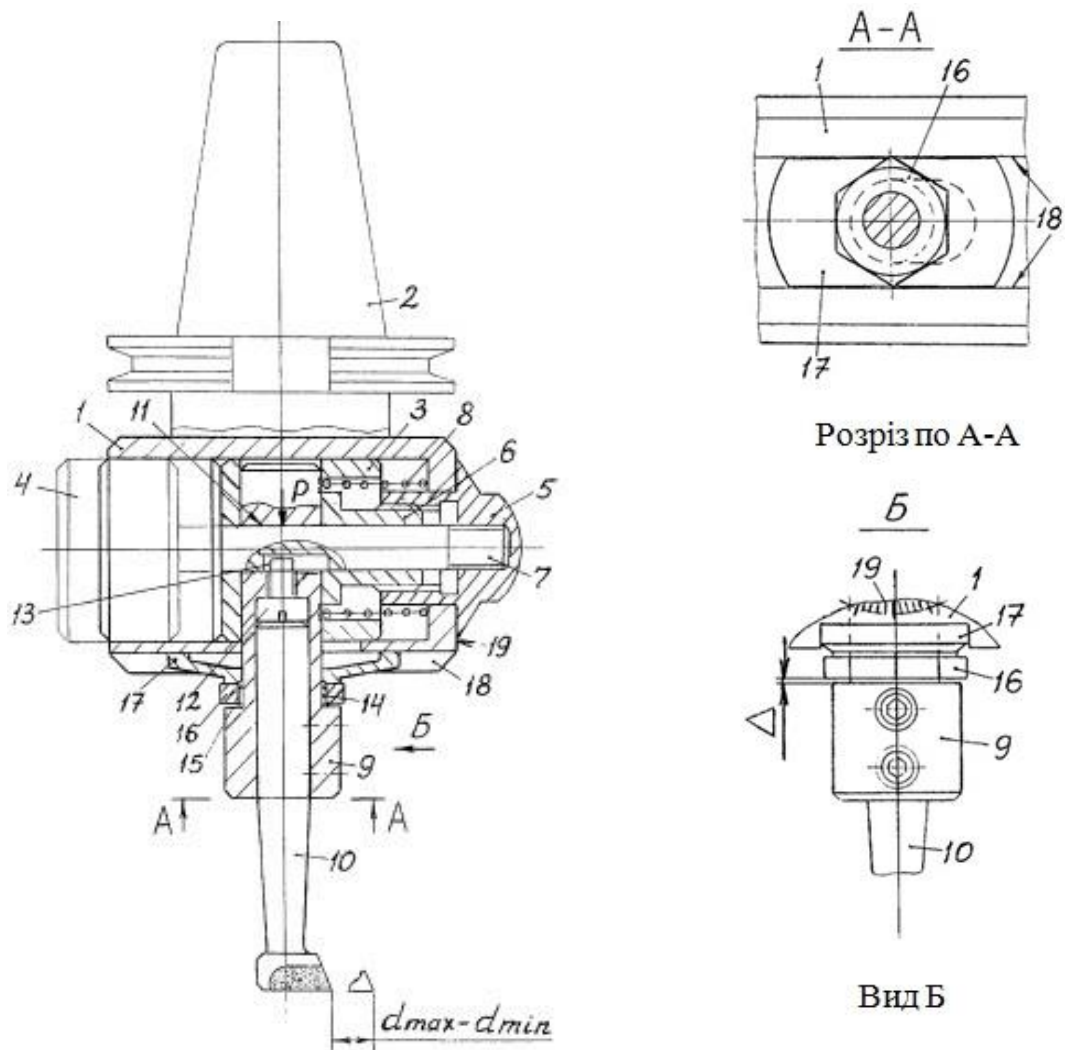


Рис. 23. - Загальний вигляд патрона в розрізі.

Дослід [14] відноситься до фінішної обробки отворів. Технічною задачею винаходу є підвищення жорсткості і точності розточувального патрона.

Поставлена задача вирішується тим, що розточувальний патрон, що включає корпус, жорстко пов'язаний з оправленням, всередині якого повзун підпружинений до різцетримача. Фіксований повзун від повороту шпонкою, взаємодіючої з напрямними корпусу. Патрон містить додатково штангу і гайку. Різцетримач має зовнішню різьбу і отвір, а шпонка виконана пружною, при цьому штанга взаємодіє з отвором різцетримача, а гайка з зовнішньою різьбою і шпонкою.

Суть винаходу пояснюється графічно, де на рис. 23 показаний загальний вигляд патрона.

Патрон складається з корпусу 1, пов'язаного жорстко з оправленням 2. В корпусі 1 встановлені з осьовим переміщення повзун 3 і противагу 4. Повзун 3 і противагу 4 взаємодіють з лімбом 5 за допомогою різьби у хвостовику 6 і штанзі 7. Хвостовик 6 пов'язаний жорстко з повзуном 3, а штанга 7 з противагою 4. Різьба в хвостовику 6 і штанзі 7 виконані з різними напрямками. Повзун 3 підпружинений відповідно корпусу 1 пружиною 8. В отворі повзуна 3 різцетримач 9. В різцетримачі 9 зроблено гніздо для установки і закріплення інструменту 10 і радіальний отвір 11. Отвір 11 і повзун 3 взаємодіє з штангою 7. У різцетримач 9 вкручений шарнір. Різцетримач 9 має зовнішню різьбову та поверхню 13 та буртик 15. З різьбовою поверхнею 14 і уступом 15 взаємодіє гайка 16, яка деформує шпонку 17. У вихідному положенні, гайка 16 торкається уступу 15, деформація шпонки 17 визначається заздалегіть розмірами розташування шпонки 17 щодо отвору 11 при установці штанги 7, деформація свідомо закладена для вибору зазорів в сполученнях: повзун 3, корпус 1, різцетримач 9. При затиску гайки 16 з силою P , тобто осьовому переміщенні, пружна шпонка 17, взаємодіє з напрямними 18 корпуса 1, додатково створює натяг в сполученнях: повзун 3, корпус 1, різцетримач 9 та обмежуючи переміщення повзуна 3 і різцетримача 9, щодо оправки 2. На поверхні корпусу 1 нанесена шкала ноніуса 19.

Перед налаштуванням необхідно, щоб гайка 16 була відтиснута і була у взаємодії з уступом 15. Далі обертанням лімба 5 з допомогою ноніуса 19 буде налаштування необхідного діаметра обробки в заданому діапазоні ($d_{\max} - d_{\min}$). Противага 4 переміщується у зворотний бік повзуна 3 і різцетримача 9, третій жорстко зв'язаний з корпусом, усередині якого є можливість осьового переміщення від лімба, за допомогою різьбового хвостовика, котрий встановлен підпружиненим повзуно з різцетримачем, при цьому повзун фіксований від повороту шпонкою. Шпонка виконана пружною, а

патрон додатково містить штангу, що призначена для взаємодії з отвором різцетримача, і гайку для взаємодії з зовнішньою різьбою і пружною шпонкою.

➤ Розточувальна оправка (патент № RU 2203779 B23B29/034)

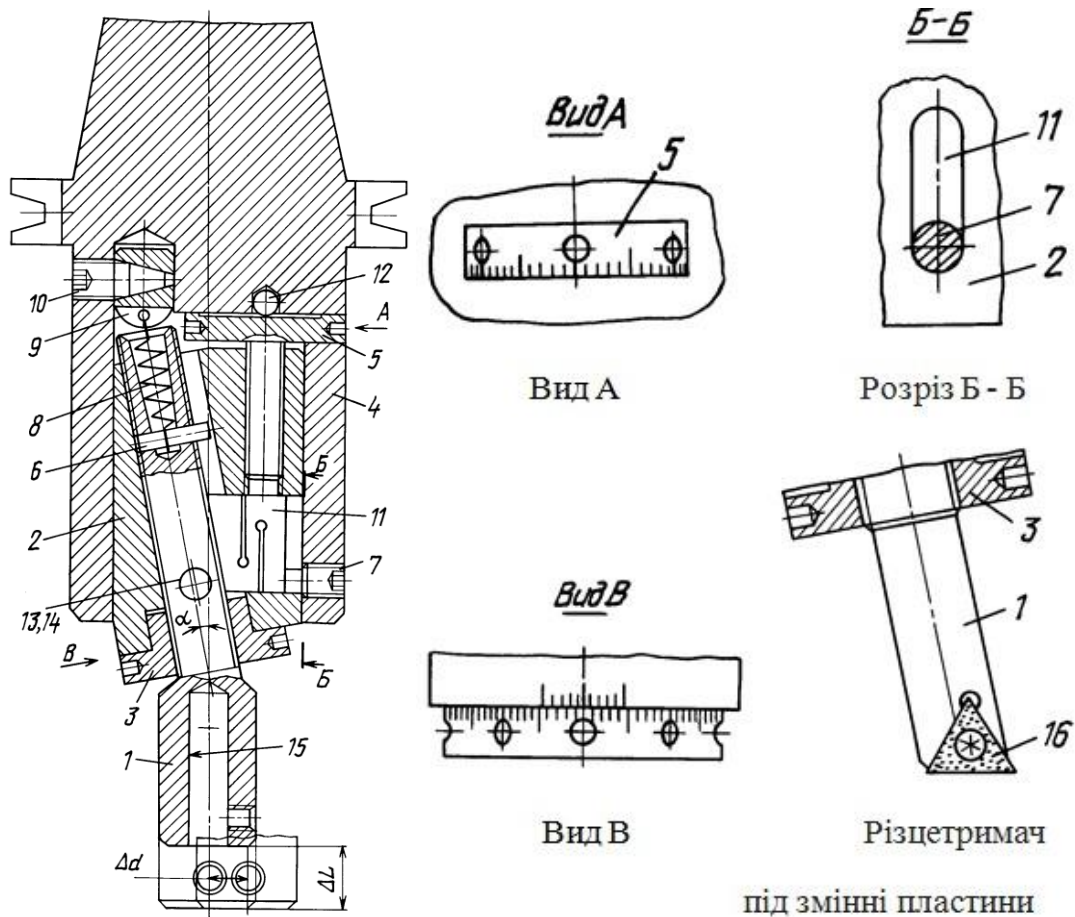


Рис. 24. - Загальний вигляд оправки.

Розточувальна оправка [15] містить різцетримач з гніздом для ріжучих елементів на одному кінці зі шпонкою закріпленої на іншому кінці, а також лімб, нарізну поверхню і пружний елемент у вигляді пружини, які взаємодіють з різцетримачем. Різцетримач встановлений під кутом, а корпус виконаний рухомим і встановлен в оправці. Оправка містить додатковий обважнювач і лімб. Додатковий обважнювач взаємодіє з пружиною, а лімб з оправкою з корпусом.

Суть пояснюється графічно, де на рис. 24 показаний загальний вигляд пристрою.

Оправка містить різцетримач 1, встановлений в корпусі 2 під малим кутом α (не більше 30°) з осьовим переміщення за допомогою лімба 3, сполученого різьбою з різцетримачем 1. Корпус 2 має можливість осьового переміщення в оправці 4 з допомогою лімба 5, сполученого за допомогою різьби з корпусом 2. При повороту різцетримача 1, щодо корпусу 2 обмежує шпонка 6 встановлена на ньому, а корпус 2 до оправки 4 гвинтом 7. Піджим до опорних лімбів 3 і 5 та вибір осьових зазорів в різьбах робе пружина 8, пов'язана з різцетримачем 1 і оправкою 4 з допомогою шпонки 6, обважнювача 9 і гвинта 10, в оправку 4. Вибір радіальних зазорів між різцетримачем 1 і корпусом 2 здійснюється пружиною 8, тому сила натягу діє під кутом α , а також стопором 11, котрий в певних межах деформації працює як пружна, а потім жорстка. В межах деформації стопор 11 також може попередньо вибирати радіальні зазори між корпусом 2, різцетримачем 1 і оправкою 3. Вибір радіальних зазорів здійснюється стопором 11 і гвинтом 7, які працюють як жорсткий елемент при повному завинчуванні. Натяг в пружині 8 створюється попередньо і ще фіксує обважнювач 9 в оправці 4 за рахунок конуса гвинта 10. Для зниження тертя між оправкою 4 і лімбом 5 між ними може бути встановлена шарова опора 12. Лімби 5 і 3 при необхідності можуть мати ноніусні шкали, виконані на оправці 4 і корпусі 2. При необхідності для створення зусилля затиску різцетримача 1 в корпусі 2 і оправці 3, можна встановити гвинт 13 з проставкою 14 з м'якого металу у торець на різцетримачі 1 перпендикулярно гвинту 7. У гніздо 15 різцетримача 1 можна встановлювати різні різці і втулки, змінні пластини 16.

Працює оправка наступним чином. Спочатку проводиться налаштування на необхідний діаметр і глибину, якщо потрібно з урахуванням корекції осьового переміщення різцетримача 1 при налаштуванні для діаметра. Для цього послаблюються гвинти 13 і 7, а лімбом 3 налаштовується діаметр в діапазоні Δd , лімбом 5 - глибина або коригування вильоту в

діапазоні ΔL , відповідному висуненню різцетримача 1 при налаштуванні діаметра $d + \Delta d$, призначен для компенсації висунення. Потім гвинти 13 і 7 затискаються і оправка готова.

Ефективність оправка полягає в її універсальності, можливості вести обробку малих діаметрів і малої чутливості при налаштуванні у зв'язку з її малою кутовою установкою до осі оправки.

Оправка, що містить корпус, встановлений під кутом до осі оправлення різцетримач з різьбовою поверхнею, гніздом для ріжучих кромek і жорстко закріпленої на ньому шпонкою, пружний елемент і лімб у вигляді пружини, призначені для взаємодії з різцетримачем, воно відрізняється тим, що забезпечена додатковим лімбом, котрий призначен для взаємодії з корпусом, встановленим в оправці і з можливістю переміщення обважнювачем, котрий в свою чергу призначен для взаємодії з пружним елементом і оправкою.

➤ Розточувальна оправка (патент № RU 2247633 B23B29/034)

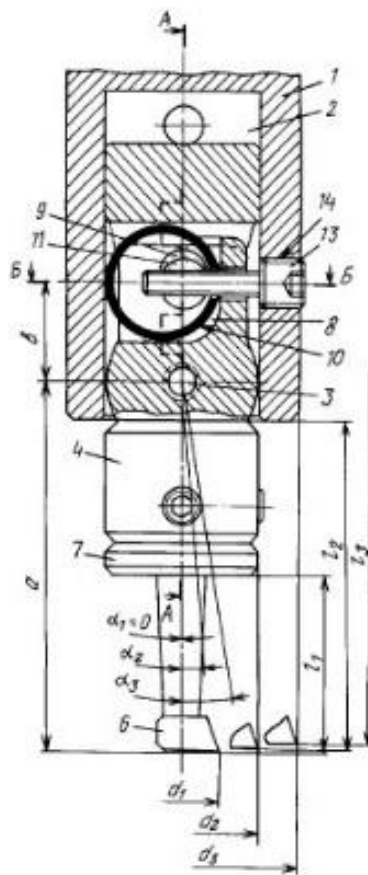


Рис. 25. - Загальний вигляд.

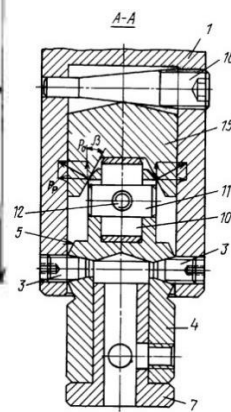


Рис. 26. - Розріз по А-А.

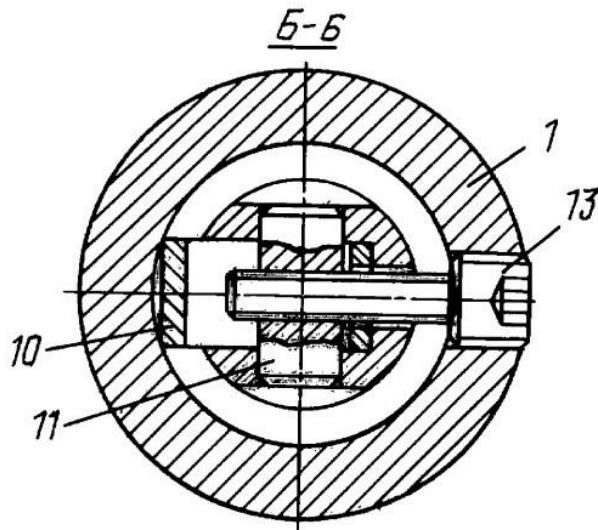


Рис. 27. - Розріз по Б-Б.

Дослід [16] відноситься до галузі металообробки, зокрема точних отворів. Розточувальна оправка, що містить корпус, який має пружньо-демфуючу консольну частину, яка є різцетримачем, в корпусі встановлений в осьовому напрямку регульований пружний елемент, що контактує з торцем вільного кінця різцетримача.

Розточувальна оправка, що містить корпус з різьбленням для гвинта, в осьовому отворі якого на шарнірах змонтована рухлива від згаданого гвинта державка, забезпечена стопором для фіксації положення державки. Одне плече державки взаємодіє з гвинтом і пружним елементом, який виконаний у вигляді кільця, що взаємодіє зі стопором, державкою і корпусом. На другому плечі кріпляться різучі елементи.

Суть винаходу пояснюється графічно, на рис. 25 показаний загальний вигляд; на рис. 26 - розріз по А-А; на рис. 27 - розріз по Б-Б.

Оправка містить корпус 1, в осьовому отворі 2 у якого за допомогою шарнірів 3, що стопорить гвинтами, у вигляді коромисла змонтована державка 4. У площині шарнірів 3 та у державці 4 виконана сферична поверхня 5, яка встановлена в отвір 2. На державки 4 можна встановлювати різці 6 за допомогою втулок 7. З протилежного боку державки 4 є два взаємо-перпендикулярні пази 8 і 9. У пазу 8 встановлений пружний елемент 10 у

вигляді кільця, а в пазу 9 вісь 11. В осі 11 отвір для гвинта 12 з кроком різьби S_1 . З різьбою 12 пов'язаний гвинт 13, котрий іншим своїм різьбовим кінцем з кроком S_2 взаємодіє з різьбою 14, виконаним в корпус 1. Чим менше різниця кроків $S_2 - S_1$ та ставлення плечей $\frac{a}{b}$ державки 4, тим точніше різцева налагодження 6. Фіксація державки 4 в положенні здійснюється стопором 15 (силою $P_p = P_0 / \tan \beta$ рис. 24) з допомогою конуса 16, стопор 15, державка 4 і корпус 1 взаємодіють з пружним елементом 10.

Спочатку віджимають конус 16, а пружний елемент 10 віджимає стопор 15, звільняючи автоматично державку 4. Далі гвинтом 13 проводять налагодження державки 4 з різцем 6 на певний діаметр розточення d . У вихідному положенні державки 4, в момент, коли $\alpha_1 = 0$, розточувальна оправка дозволяє розточувати отвір діаметром d_1 .

При налаштуванні оправлення на діаметр від d_1 до d_2 - система дозволяє розточення на глибину l_1 , а з d_2 до d_3 - на глибину l_2 , понад d_3 - на глибину l_3 . Далі після настройки різця 6 державка 4 додатково фіксується стопором 15 за допомогою конуса 16.

Оправка, що містить корпус з різьбою для гвинта, в осьовому отворі якого змонтована на шарнірах рухлива від згаданого гвинта державка, тобто для кріплення і настройки ріжучого інструменту, виконана у вигляді коромисла, одне плече взаємодіє з гвинтом і пружним елементом, що відрізняється, тобто вона забезпечена стопором для фіксації положення державки, а тоді пружний елемент виконаний у вигляді кільця, котрий взаємодіє з державкою, стопором і корпусом.

Оправка забезпечена віссю з радіальною різьбою, встановленої в пазу, виконаному в державці, при цьому гвинт виконаний диференціально, різьбова поверхня якого взаємодіє з різьбою корпусу, а інша з радіальною різьбою осі.

Оправка в площині шарнірів має сферичну поверхню для взаємодії з осьовим отвором корпусу.

7.2 Визначення радіальної жорсткості токарної розточувальної оправки з отвором для демпфера в консольній частині

Метою даного дослідження є знаходження потрібної форми отвору в консольній частині оправки для встановлення демпфера, за умови втрати радіальної жорсткості консольної оправки не більше ніж на 5%.

7.2.1 Аналітичний розрахунок прогину

Для визначення прогину у вільного кінця консолі під зосередженням зусилля P використаємо формулу [17]:

$$y = \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J}$$

де E – модуль пружності матеріалу борштанги, l – довжина консолі, J – осьовий момент інерції перерізу консолі.

Борштанга має циліндричну форму консолі, відповідно осьовий момент інерції перерізу кола визначають за формулою [18]:

$$J_y = \frac{\pi \cdot D^4}{64}$$

Консоль розточувальної оправки із суцільного матеріалу, наприклад з легованої сталі (модуль пружності $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$) при $D = 35 \text{ мм}$, довжині консолі $L = 250 \text{ мм}$ та навантаженні $P = 1 \text{ кН}$.

$$P := 1000 \text{ Н.} \quad E := 2.1 \cdot 10^5 \quad l := 250 \text{ мм.} \quad D := 35 \text{ мм.}$$

$$J_y := \frac{\pi \cdot D^4}{64} = 7.366 \cdot 10^4$$

$$y_{-1} := \frac{P \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J_y} = 0.337 \text{ мм.}$$

7.2.2 Розрахунок прогину методом скінченних елементів

Для визначення прогину у вільного кінця консолі під зосередженням зусилля P використаємо програмне забезпечення Autodesk Inventor Professional 2021.

Було розроблено твердотільну модель розточувальної оправки із суцільного матеріалу, наприклад з легованої сталі (модуль пружності $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$) при $D = 35 \text{ мм}$, довжині консолі $L = 250 \text{ мм}$ та навантаженні $P = 1 \text{ кН}$.

На рис. 28 показано приклад картини деформацій консольної частини оправки в напрямку дії сили $P = 1.0 \text{ кН}$.

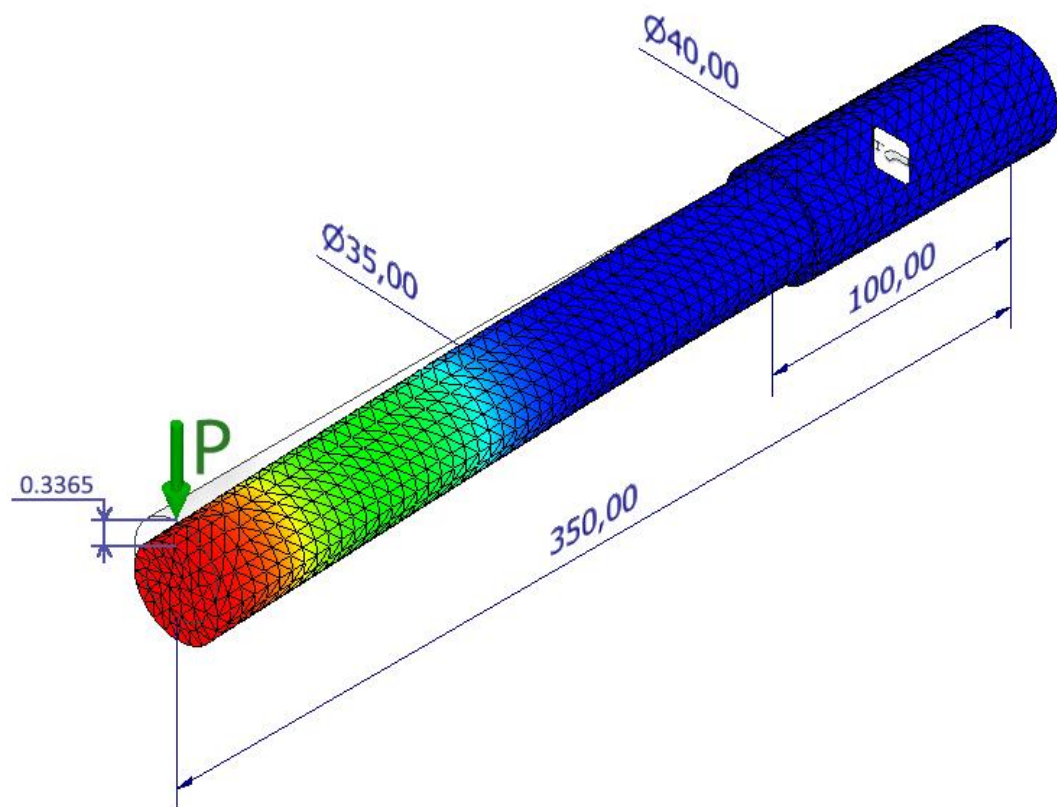


Рис. 28. – твердотільна модель розточувальної оправки з суцільного матеріалу.

7.2.3 Визначення форми отвору в оправці для демпфера в консольній частині

Аналітичний метод визначення прогину в консольній частинці практично співпав з методом скінченних елементів ($y_1 \approx y_2 - 0.337 \approx 0.3365$), з цього можна визначити - похибка розрахунку незначна.

Для дослідження розроблено ряд варіантів твердотільних моделей оправок з порожниною рис. 29 з використанням програми Autodesk Inventor Professional 2021.

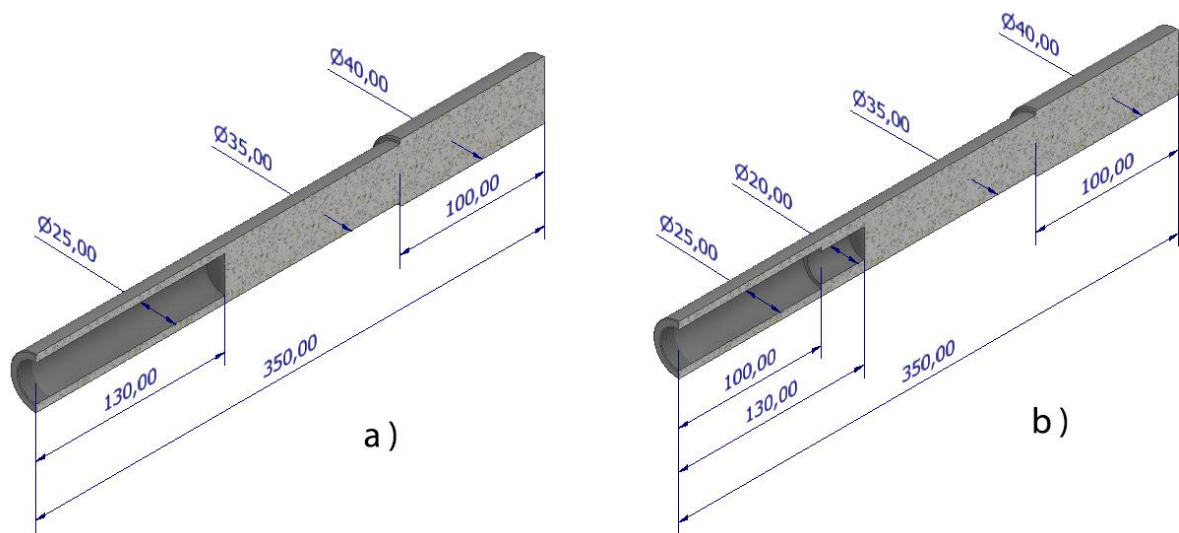


Рис. 29 – а) твердотільна модель розточувальної оправки з отвором;
б) твердотільна модель розточувальної оправки зі ступінчастим отвором.

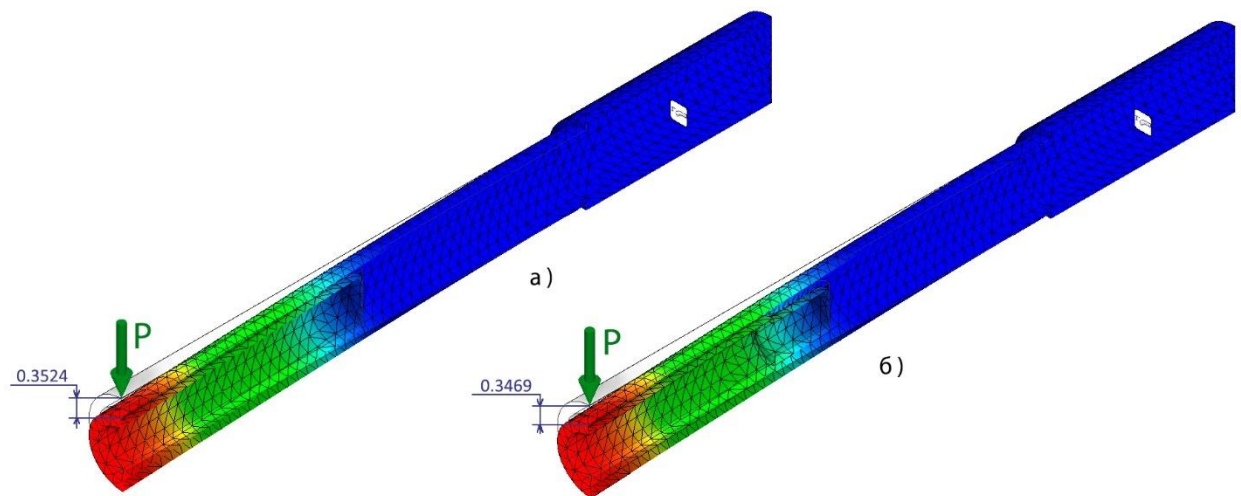


Рис. 30 – аналіз напружень: а) твердотільної моделі розточувальної оправки з отвором;

б) твердотільної моделі розточувальної оправки зі ступінчастим отвором.

Розрахункове значення радіальної жорсткості вільного кінця консолі розточувальної оправки із суцільного матеріалу, наприклад з легованої сталі (модуль пружності $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$) при $D = 35 \text{ мм}$ і довжині консолі $L = 250 \text{ мм}$ складає $C = 2.97 \text{ Н/мкм}$. За прийнятої умови втрати жорсткості не більше ніж на 5%, радіальна жорсткість консольної частини оправки має бути не меншою за $C_{min} = 2,82 \text{ Н/мкм}$ [19].

Для твердотільної моделі (рис. 30,а) визначалась залежність радіальної жорсткості консолі C від довжини порожнини $(l_1 + l_2)$ в межах $l_1 = 70 \dots 160 \text{ мм}$, $l_2 = 0$ при постійному діаметрі $d_1 = 25 \text{ мм}$. Із рис. 31 видно, що максимальна довжина порожнини при 5% втраті радіальної жорсткості не повинна перевищувати $l_1 = 130 \text{ мм}$. При встановленні в порожнину додаткової маси, як її величина так і центр мас може суттєво впливати на ефективність гасіння коливань при різанні. Тому, зміна форми порожнини по довжині і по діаметру може розширити можливості варіювання параметрами додаткової маси. Для твердотільної моделі (рис. 30,б) визначалась залежність радіальної жорсткості консолі C від довжини порожнини $(l_1 + l_2)$ в межах $l_1 = 70 \dots 130 \text{ мм}$ при $d_1 = 25 \text{ мм}$ та $l_2 = 30 \text{ мм}$ при $d_2 = 20 \text{ мм}$. При варіанті ступінчастого отвору загальна довжина порожнини при 5% втраті радіальної жорсткості може бути збільшена до $(l_1 + l_2) = 150 \text{ мм}$.

На рис. 30 наведено графіки залежності розрахункових значень радіальної жорсткості C консольної частини оправки від розмірів порожнини для демпфера.

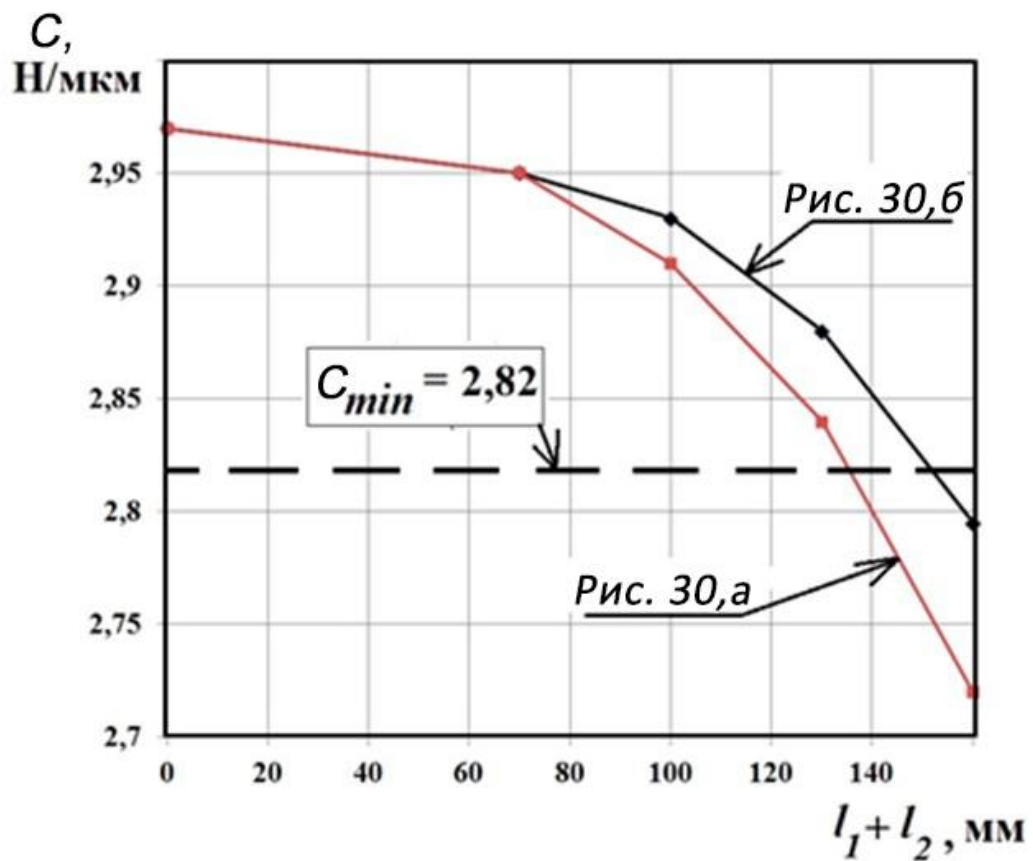


Рис. 31. - Графік розрахункових значень радіальної жорсткості C консольної частини оправки в залежності від розмірів порожнини для демпфера при зміні довжини l_1 в межах $l_1 = 70 \dots 130$ мм для $d_1 = 25$ мм та незмінних розмірах $l_2 = 30$ мм, $d_2 = 20$ мм.

8. Висновки

В ході дипломної роботи ми провели огляд технологічних можливостей та технічних характеристик сучасних токарних верстатів з ЧПК, відомих конструкцій однолезових розточувальних оправок для токарної обробки. Розраховали базові вузли верстата, параметри порожнини в розточувальній оправці для встановлення демпфера, та розробили конструкцію розточувальної оправки для розточування гільзи.

Окремо зазначу запропонований підхід до визначення геометричних параметрів порожнини для встановлення демпфера в консольній частині оправки, котрий дозволяє в залежності від габаритно-масових параметрів додаткової маси забезпечити мінімальну втрату радіальної жорсткості консолі розточувальної оправки.

Література

1. Tools., О. м. (2019, 04 02). РЕШЕНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ПРИ ОБРАБОТКЕ С ДЛИННЫМ ВЫЛЕТОМ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.secotools.com/article/89275?language=ru>
2. 17", О. ". (n.d.). Токарные станки с ЧПУ. Retrieved from ЭЛЕКТРОНИК: <http://elektronik-chel.ru/literature/stanki-s-chpu/kopiya-tokarnyie-stanki.html>
3. В.Б., М. (2017). Металлорежущие станки с ЧПУ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/590152/tehnika/povyshenie_tochnosti_stankov_putem_korreksii_pogreshnostey#aftercont
4. Korloy. (2020-2021). Каталог металлорежущих инструментов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.korloy.com/ru/download/cata.do>
5. Дальский А.М., К. А. (2003). Справочник технолога-машиностроителя. Том 2. Москва: Издательство-машиностроения-1.
6. Ю.В. Кирилин, А. Ш. (1998). РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ОПОРАМИ КАЧЕНИЯ. Учебное пособие. Ульяновск.
7. Монтик, С. (2001). МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к лабораторной работе «Разработка конструкции типового привода подачи станка с ЧПУ» по дисциплине «Конструирование и расчет станков» для студентов специальности Т.03.01 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроения». Брест: Брестский государственный технический университет.
8. Damped Tools from Sandvik Coromant. Silent Tools. / SANDVIK Coromant, 2012.11. – 100 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/silent_tools/pages/default.aspx

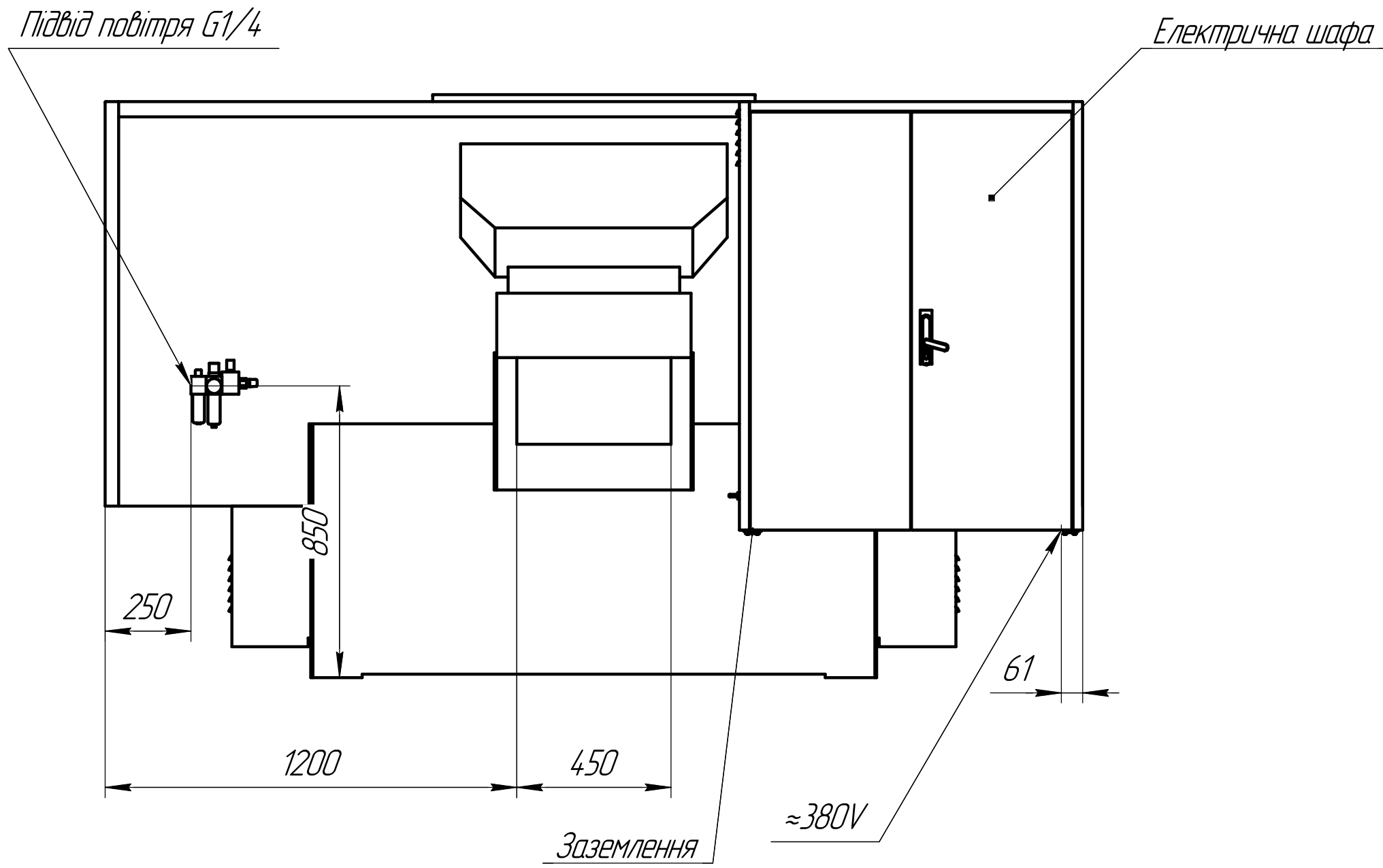
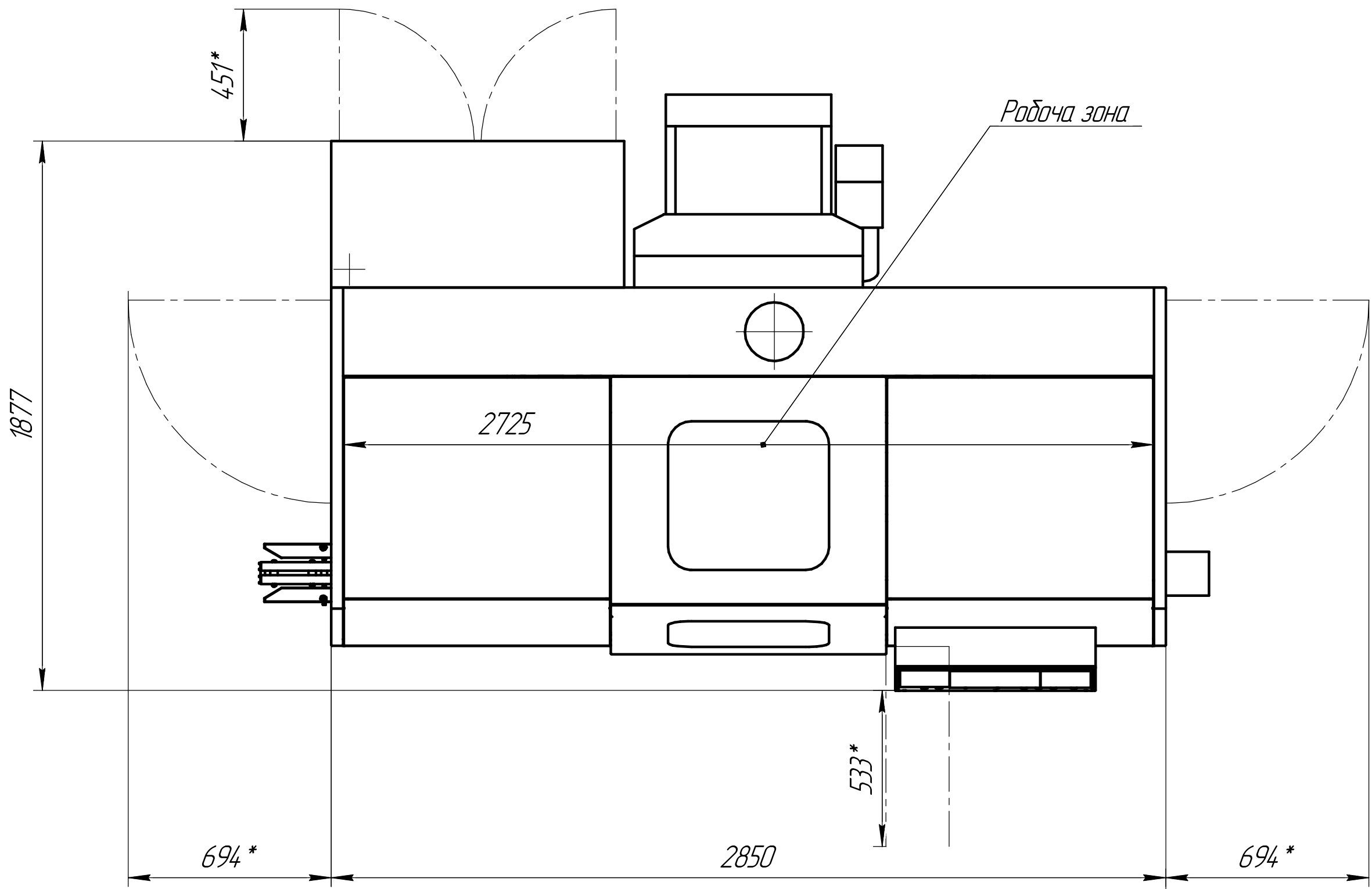
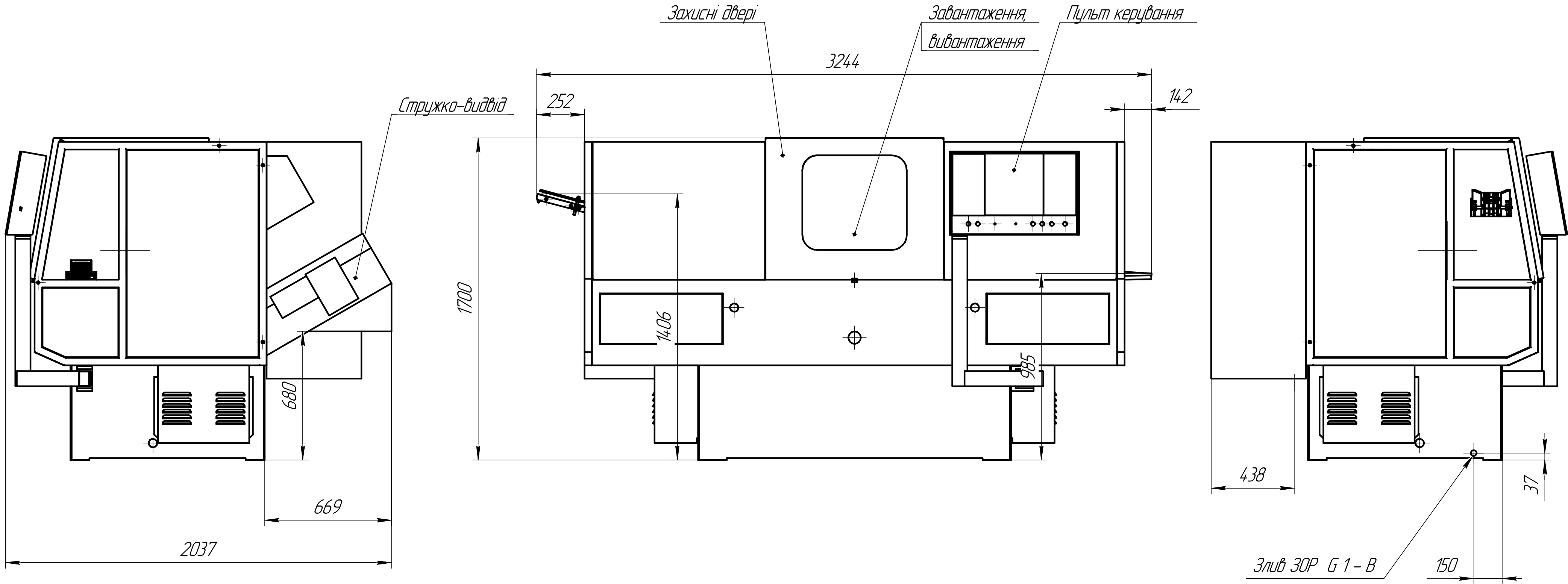
9. Розточувальна оправка: Патент на корисну модель № 117470: МПК В23В 29/02. Оpub. 26.06.2017, Бюл. № 12. – 3 с.
10. Шевченко О.В., Ліщінер-Іващенко О.В. Забезпечення вібростійкості процесу розточування однолезовим інструментом на токарному верстаті // Технічна інженерія № 1(85)2020, Житомир, Державний університет «Житомирська політехніка»: 2020. с. 81-88.
11. Пат.SU№1134300 А СССР, МПК В23В 20/02. Расточная оправка / Тихонов Н.П, Медведев Н.И., Пономарев Н.Н, Лычагин В.И.; №3414436/25 - 08; заявл. 01.04.82; опубл. 15.01.85, Бюл. №2– 2с.
12. Пат.DE№10239670 Федеративная Республика Германії, МПК В23В 29/00. Демпфирующий инструмент / Adams, Heinz (DE); заявитель Heinrich Adams Werkzeugmaschinen (DE) №10239670.1; заявл. 26.08.02; опубл. 18.03.04 – 8с.
13. Пат.RU№2293230 Российская Федерация, МПК F16 F 7/00, В23В 29/02.Демпфирующее устройство для успокоения колебаний / Дигернес Андерс (NO); патентообладатель Тинесс АС (NO) №2004131850/02; заявл. 14.04.03; опубл. 27.06.05.
14. Пат.RU№2298457 Российская Федерация, МПК В23В 29/034. Патрон расточной / Украженко К.А., Украженко О. К.; патентообладатель Ярославский гос. тех. ун-т. №2005135394/02; заявл. 14.11.05; опубл. 10.05.07, Бюл. №13 - 6с.
15. Пат.RU№2203779 Российская Федерация, МПК В23В 29/034. Расточная оправка / Украженко К.А., Вахрин Л.А., Мясников В.К., Дегтярев Н.Ю.; патентообладатель Ярославский гос. тех. ун-т.; заявл. 24.04.01; опубл. 10.05.03.
16. Пат.RU №2247633 Российская Федерация, МПК В 23В 29/03. Расточная оправка / Украженко К.А., Украженко О. К.; заявитель Ярославский гос. тех. ун-т. № 2003119912/02; заявл. 01.07.03; опубл. 10.01.05, Бюл. №1 – 1с.

17. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид. допов. і перероб. - Київ: Вища школа, 2004. – 655 с.
18. Таблица. Осевые моменты инерции, моменты сопротивления и радиусы инерции плоских фигур. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tehtab.ru/Guide/GuideMatherials/MaterialsResistant/MomentsOfInertion/>
19. Биба С.К., студентка; Шевченко О.В., д.т.н., проф. Дослідження впливу наявності внутрішньої порожнини для встановлення демпфера в консольній частині борштанги на її радіальну жорсткість. [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/imm2019/paper/view/17624>
20. Коротков Є.В., Шевченко О.В. Визначення радіальної жорсткості токарної розточувальної оправки з отвором для демпфера в консольній частині / Інновації молоді в машинобудуванні (Youth Innovations in Mechanical Engineering). За заг. ред. Данильченка Ю. М. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – № 2. – 518 с., С. 442-454. – Режим доступу до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/proc/article/view/231640>

Додатки

Технічні характеристики

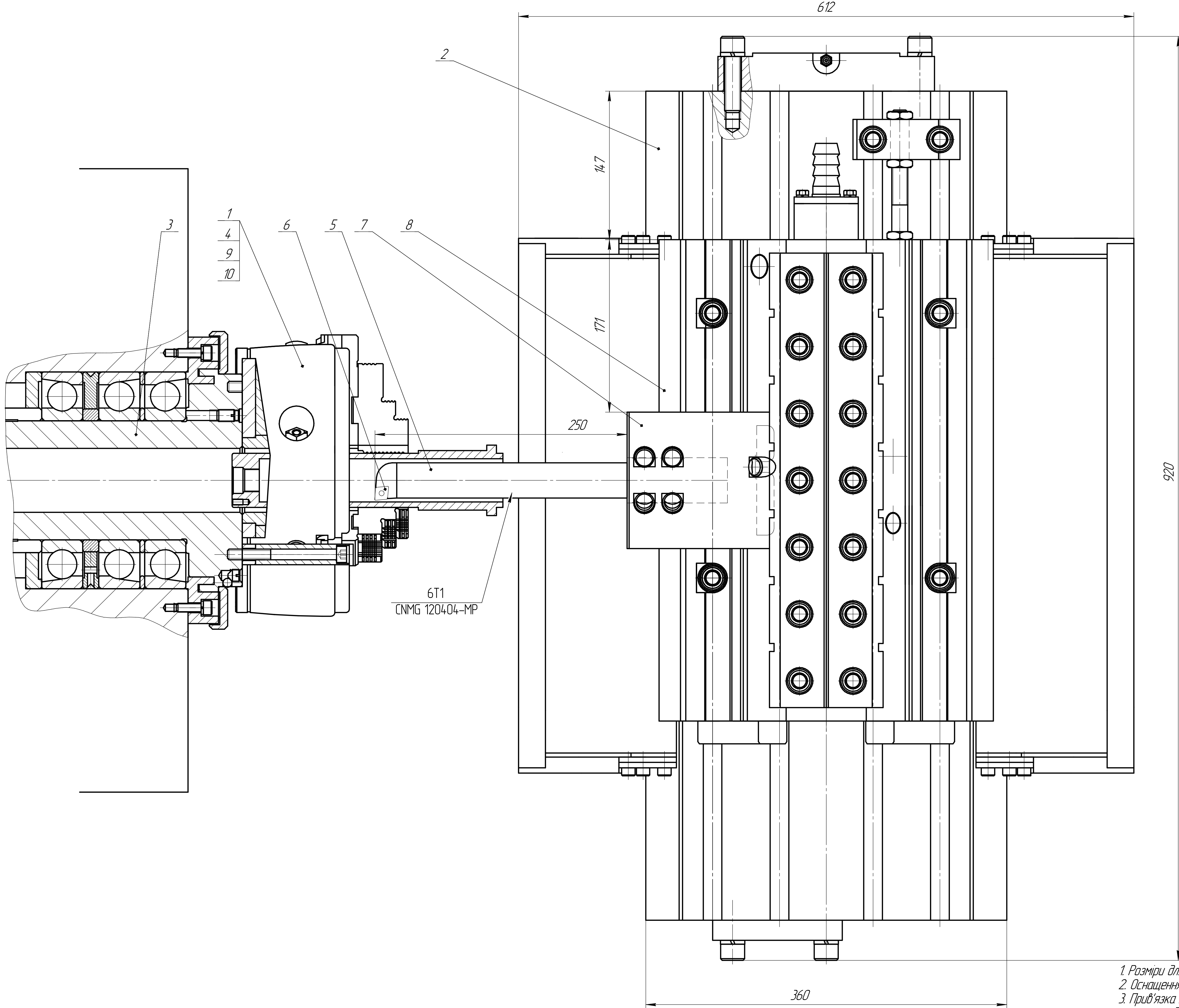
Найменування параметру й розміру	Величина
1. Найбільший діаметр заготовки, мм	100
2. Найбільша довжина заготовки, мм	80
3. Найбільший хід супарти, не менш, мм	
- по осі X	200
- по осі Z	350
4. Дискретність задання переміщень за осями, мм	0,001
5. Точність позиціювання, мм	0,015
6. Кількість керованих осей координат, шт	2
7. Межі частот обертання шпинделя, об/хв	100-5000
8. Максимальна швидкість переміщення супарту, мм/хв	
- поперечна X	20000
- позадвжжня Z	20000
9. Потужність привода головного руху, кВт	15
10. Кількість об'єктів головного руху	2
11. Найбільший крутний момент на шпинделі, Нм	250
12. Найбільше зусилля подачі (по осях)	
- поперечної (X)	6000
- позадвжньої (Z)	8000
13. Габаритні розміри верстата	
- довжина, мм	3244
- ширина, мм	1800
- висота, мм	1880
14. Клас точності верстата за ДСТ 8-82	П



1. *Розміри для довідок.

MB-n8103.DPБ300.000.00 3B					Лит		
Верстат моделі ПАБ-130					В	2500 кг	1-15
					Архив		1
					КПІ ім. Ігоря Сікорського		
					ММ, КМ, гр. МВ-n81		
					Формат А1		

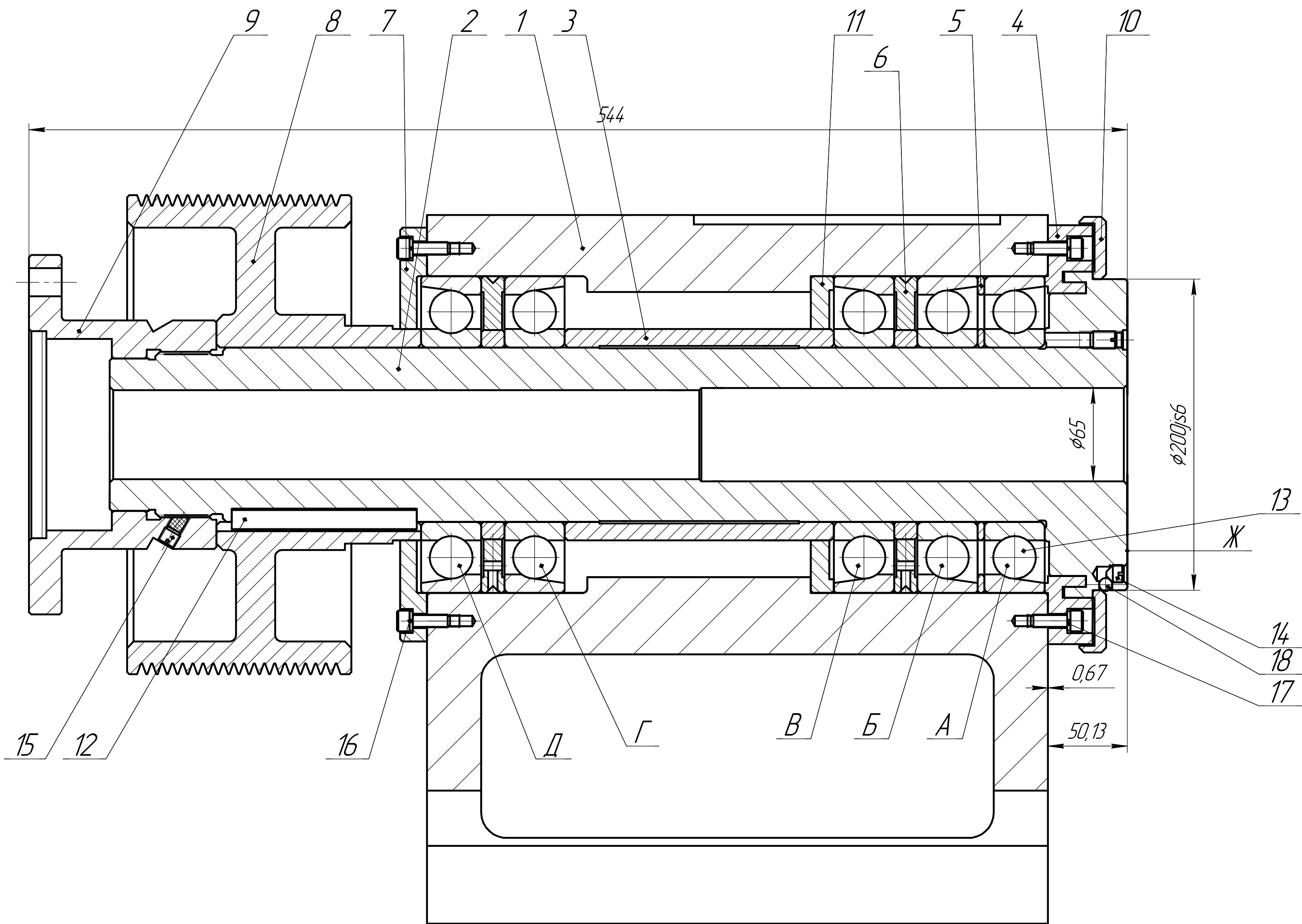
MB-n8103.DПБ4.00.000.00 3В



1. Розміри для довідок.
2. Оснащення призначене для обробки гіп'єз.
3. Прив'язка інструменту Т1 проводиться за допомогою датчика торкання або універсальним способом.

MB-n8103.DПБ4.00.000.00 3В					Робоча зона та інструментальне оснащення			Лит	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ док.	Підпис	Дата	В					1:2
Розроб.	Харитков Є.В.				Архив	Архив	1			
Перед.	Шевченко О.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського					
Т. контр.					ММ, КМ, гр. MB-n81					
Н. контр.	Протасов Є.В.				Копія					
Затв.					Формат А1					

Перв. застос.	Довід. №	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кін.	Примітка	
							Документація		
		A1			MB-п8103.ДПБ400.000.00 ЗВ	Загальний вид			
						Складальні одиниці			
		Бк	1	MB-п8103.ДПБ400.000.01	Патрон Rohn DURO-T	1			
		Бк	2	MB-п8103.ДПБ400.000.02	Супорт	1			
Підпис та дата	Інв. № дод.	A1	3	MB-п8103.ДПБ500.000.03	Шпіндельний вузол	1			
					Деталі				
			4	MB-п8103.ДПБ400.000.04	Кулачки Rohn DURO-T	3			
			5	MB-п8103.ДПБ400.000.05	Борштанга	1			
			6	MB-п8103.ДПБ400.000.06	Пластина CMM 120404-MP	1			
			7	MB-п8103.ДПБ400.000.07	Різцетримач	1			
			8	MB-п8103.ДПБ400.000.08	Блок різцетримачів	1			
					Стандартні вироби				
Підпис та дата	Інв. № дод.								
			9	MB-п8103.ДПБ400.000.09	Гвинт 0040УС	6			
					Інші вироби				
			10	MB-п8103.ДПБ400.000.10	Ключ під патрон	1			
		Інв. № ориг.	Підпис та дата	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MB-п8103.ДПБ400.000.00
Розрод.	Коротков Є.В.			Робоча зона та інструментальне оснащення	Літ.	Аркцш	Аркцшів		
Перев.	Шевченко О.В.						1		
Н. контр.	Протасов С.В.				КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ММІ, КМ, гр. MB-п81				
Затв.									



- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|----------------|--------------|-------------|----------------------------------|--|--------------|--|--|--|--|-------------|--------------|----------------|------------|
| | | | | | <i>МВ-п8103.ДПБ500.000.00 СК</i> | | | | | | | | | | |
| | | | | | <i>Шпиндельный вузол</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Эм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докм.</i> | <i>Листы</i> | <i>Дата</i> | | | | | | | | <i>Лит.</i> | <i>Масса</i> | <i>Масштаб</i> | |
| <i>Разработ.</i> | <i>Короткож Е.В.</i> | | | | | | | | | | | <i>В</i> | | | <i>1:2</i> |
| <i>Перед.</i> | <i>Шевченко О.В.</i> | | | | <i>Архив</i> | | <i>Архив</i> | | | | | | | | |
| <i>Т. контр.</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Н. контр.</i> | <i>Протасов С.В.</i> | | | | <i>КП им. Гаяра Скоряского</i> | | | | | | | | | | |
| <i>Зам.</i> | | | | | <i>ММ, КМ, зр. МВ-п81</i> | | | | | | | | | | |

Перв. застос.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кін.	Примітка		
						Документація				
		A1			МВ-п8103.ДПБ500.000.00 СК	Складальний кресленик				
						Деталі				
				1	МВ-п8103.ДПБ500.000.01	Корпус	1			
				2	МВ-п8103.ДПБ500.000.02	Шпindelь	1			
				3	МВ-п8103.ДПБ500.000.03	Проставка	1			
				4	МВ-п8103.ДПБ500.000.04	Фланець	1			
				5	МВ-п8103.ДПБ500.000.05	Кільце	1			
				6	МВ-п8103.ДПБ500.000.06	Кільце компенсоване	2			
				7	МВ-п8103.ДПБ500.000.07	Кришка задня	1			
				8	МВ-п8103.ДПБ500.000.08	Шків	1			
				9	МВ-п8103.ДПБ500.000.09	Пневмоциліндр	1			
				10	МВ-п8103.ДПБ500.000.010	Відбивач	1			
				11	МВ-п8103.ДПБ500.000.011	Проставка	1			
						Стандартні вироби				
				12	МВ-п8103.ДПБ500.000.12	Шпонка 16 x 16 x 85 ГОСТ 23360-78	6			
				13	МВ-п8103.ДПБ500.000.13	Підшипник 46222 ГОСТ 831-75	3			
				14	МВ-п8103.ДПБ500.000.14	Винт М8-6d x 12.14Н.05 ГОСТ 14.76-93	3			
				15	МВ-п8103.ДПБ500.000.15	Винт М8-6d x 20.88.05 ГОСТ 11738-84	12			
				16	МВ-п8103.ДПБ500.000.16	Шайба 8 65Г 05 ГОСТ 6402-70	12			
						Інші вироби				
		МВ-п8103.ДПБ500.000.00								
		Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Розрод.	Коротков Є.В.					Літ.	Аркцш	Аркцшів
		Перев.	Шевченко О.В.						1	2
								КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ММІ, КМ, гр. МВ-п81		
		Н. контр.	Протасов С.В.							
		Затв.								
Інв. № ориг.							Шпindelьний вузол			

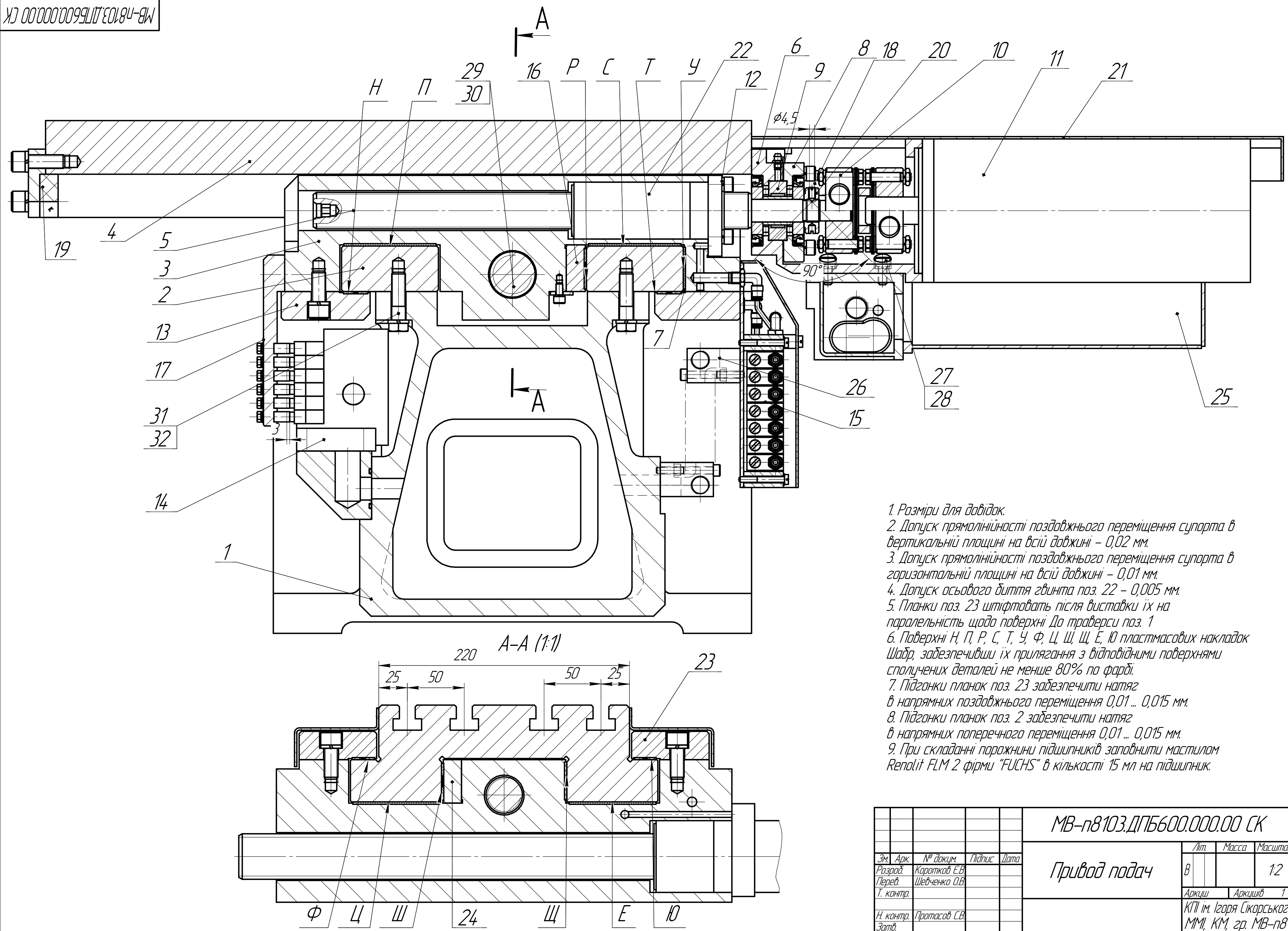
Копіював

Формат А4

Інв. № орг.	Підпис та дата	Напом. інв. №	Інв. № згідн.	Підпис та дата

[illegible]

MB-n8103.DПБ600.000.00 СК



- 1. Розміри для довідок.
- 2. Допуск прямолінійності поздовжнього переміщення супорта в вертикальній площині на всій довжині – 0,02 мм.
- 3. Допуск прямолінійності поздовжнього переміщення супорта в горизонтальній площині на всій довжині – 0,01 мм.
- 4. Допуск осьового біття гвинта поз. 22 – 0,005 мм.
- 5. Планки поз. 23 штіфтують після виставки їх на паралельність щодо поверхні до траверси поз. 1
- 6. Поверхні Н, П, Р, С, Т, У, Ф, Ц, Ш, Щ, Е, Ю пластмасових накладок Шадр, забезпечивши їх прилягання з відповідними поверхнями сполучених деталей не менше 80% по фарбі.
- 7. Підгонки планок поз. 23 забезпечити натяг в напрямних поздовжнього переміщення 0,01... 0,015 мм.
- 8. Підгонки планок поз. 2 забезпечити натяг в напрямних поперечного переміщення 0,01... 0,015 мм.
- 9. При складанні порожнини підшипників заповнити мастилом Renolit FLM 2 фірми "FUCHS" в кількості 15 мл на підшипник.

						МВ-п8103.ДПБ600.000.00 СК				
						Привод подачи		Лит.	Масса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	В					1:2
Розроб.		Короткоб Е.В.								
Перев.		Шведченко О.В.								
Т. контр.										
						Архив		Архив		1
Н. контр.		Протасов С.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ММІ, КМ, гр. МВ-п81				
Затв.						Формат А2				

	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
Перв. застос.							
					Документація		
	A1			MВ-п8103.ДПБ600.000.00 СК	Складальний кресленник		
					Деталі		
Довід. №			1	MВ-п8103.ДПБ600.000.01	Траверса	1	
			2	MВ-п8103.ДПБ600.000.02	Планка	1	
			3	MВ-п8103.ДПБ600.000.03	Салазка продольна	1	
			4	MВ-п8103.ДПБ600.000.04	Салазка поперечна	1	
			5	MВ-п8103.ДПБ600.000.05	Поперечний винт	1	
			6	MВ-п8103.ДПБ600.000.06	Короб поперечний	1	
			7	MВ-п8103.ДПБ600.000.07	Салазка повздовжнього перерізу	1	
			8	MВ-п8103.ДПБ600.000.08	Поперечний фланець	1	
			9	MВ-п8103.ДПБ600.000.09	Підшипник спеціальний	1	
			10	MВ-п8103.ДПБ600.000.10	Муфта	1	
			11	MВ-п8103.ДПБ600.000.11	Двигун	1	
			12	MВ-п8103.ДПБ600.000.12	Фланець поперечного гвинта	1	
			13	MВ-п8103.ДПБ600.000.13	Передня планка	1	
			14	MВ-п8103.ДПБ600.000.14	Блок кінцевих вимикачів	1	
			15	MВ-п8103.ДПБ600.000.15	Живлення змазки	1	
			16	MВ-п8103.ДПБ600.000.16	Продольний клин	1	
			17	MВ-п8103.ДПБ600.000.17	Лінійка	1	
			18	MВ-п8103.ДПБ600.000.18	Панель	1	
			19	MВ-п8103.ДПБ600.000.19	Упор	1	
			20	MВ-п8103.ДПБ600.000.20	Гайка	1	
			21	MВ-п8103.ДПБ600.000.21	Щиток двигуна	1	
			22	MВ-п8103.ДПБ600.000.22	Продольний винт	1	
Підпис та дата							
Натом. інв. №							
Інв. № докл.							
Підпис та дата							
Інв. № орг.							

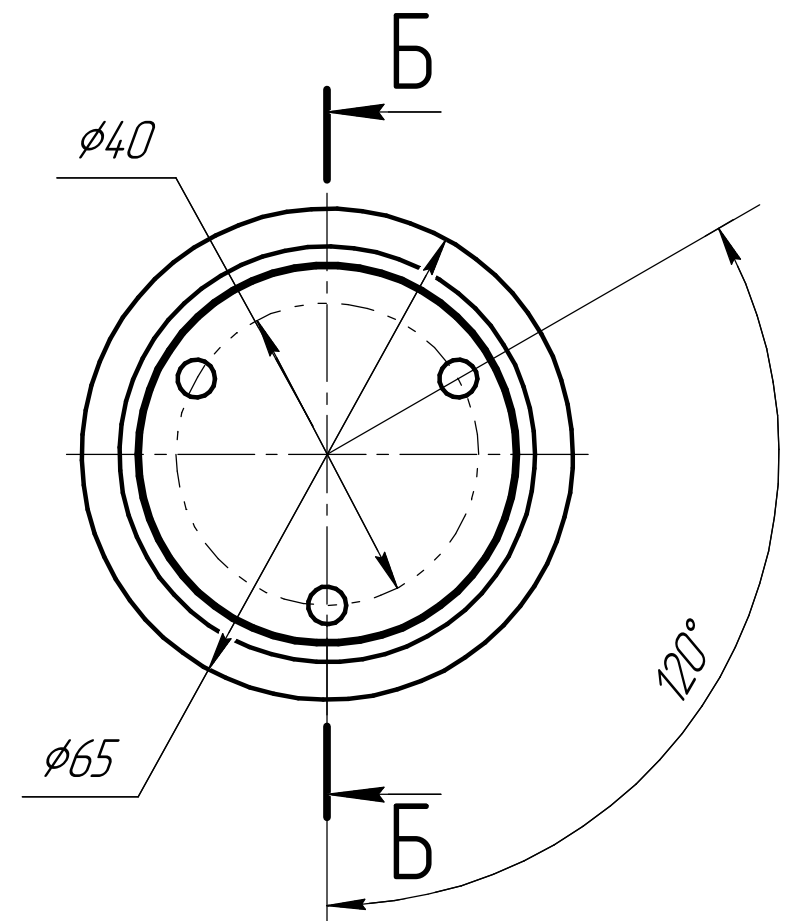
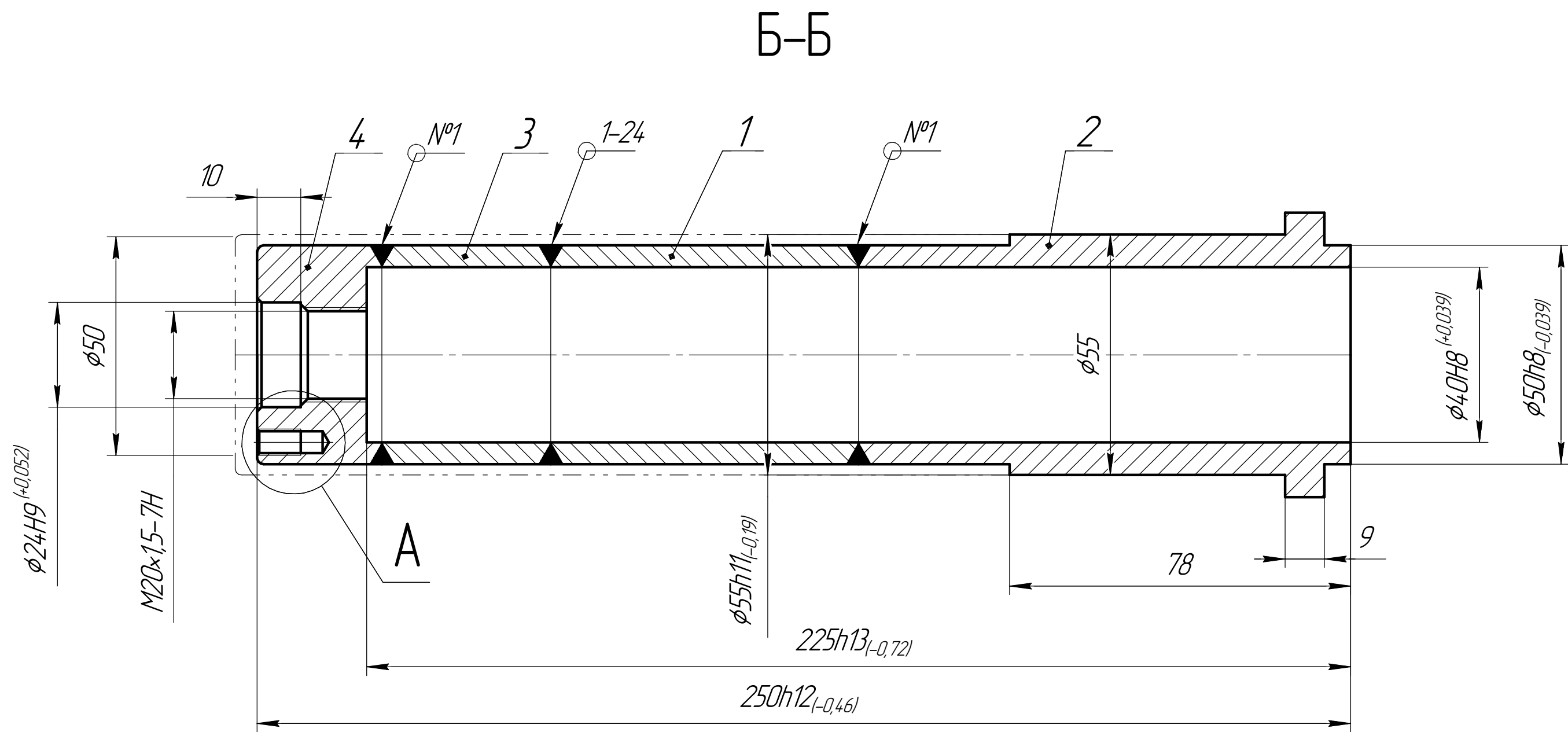
[illegible]

2

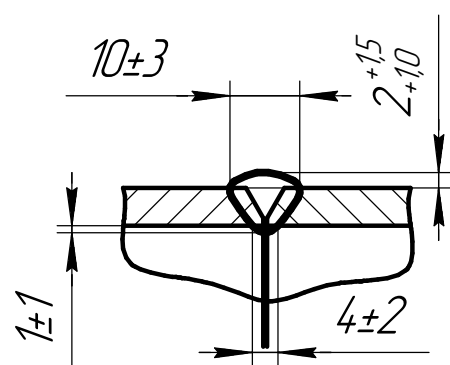
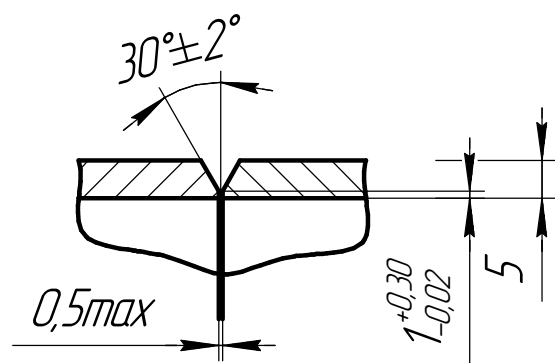
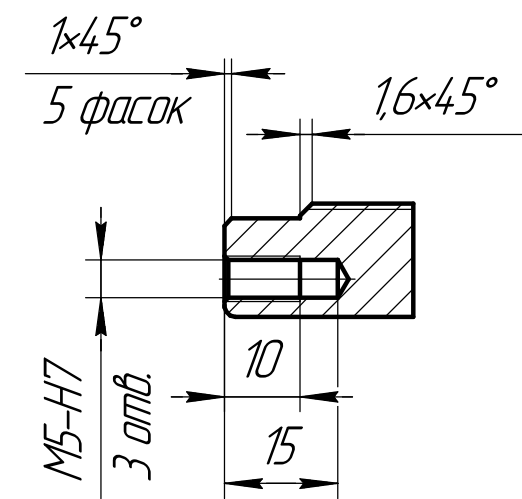
MB-n8103.DПБ730.000.00 СК

Перед. застос.	
Додат. №	

Підпис та дата	
Інв. № змін.	
Напом. інв. №	
Підпис та дата	
Інв. № змін.	



A(1:1)



- 1 HRC 30...40.
- 2 Зварні шви по ГОСТ 3242-79.
- 3 Допуск відхилення f.
- 4 Механічна обробка для зняття напружень.

						МВ-п8103.ДПБ730.000.00 СК				
						Гільза	Лит.	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	В				1:1	
Розроб.		Короткав Є.В.								
Перев.		Шевченко О.В.								
Т. контр.							Аркци	АркциВ 1		
Н. контр.		Протасов Є.В.				Сталь 20	КПІ ім. Ізгоря Сікорського,			
Затв.						ГОСТ 1050-88	ММІ, КМ, гр. МВ-п81			

