

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Розробка та дослідження вузлів горизонтально-розточного верстата з гідростатичними опорами

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МВм-61

напряму підготовки (спеціальності) _____

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	_____	<u>Кузьмук В.В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<u>Кобельник В.Р.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	<u>Кобельник В.Р.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
В.о. завід. кафедри	_____	<u>Крупа В.В.</u>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	_____
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Крупа В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Кузьмуку Владиславу Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка та дослідження вузлів горизонтально-розточного верстата з гідростатичними опорами

Керівник роботи Кобельник Володимир Романович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «16» 11 2023 року № 4/7-1063

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.12.2023

3. Вихідні дані до роботи

Конструкції шпиндельних вузлів на радіальних гідростатичних опорах. Схеми адаптивного керування. Методи розрахунку радіальних гідростатичних опор.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА. ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ. Особливості роботи на горизонтально-розточних верстатах Аналіз верстатів аналогів. Основні технічні характеристики та опис роботи вузлів верстата Опис гідравліки верстата. Цифровий дисплей на панелі керування верстатом. РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. Службового призначення колеса зубчастого. Аналіз технологічності. Вибір та обґрунтування типу виробництва. Вибір виду та способу отримання заготовки. Розробка структури технологічного процесу. Визначення припусків. Визначення режимів різання. Проектування операційного ТП. Вибір засобів і методів контролю. Розрахунок пристосування. Розрахунок контрольного пристосування. ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНА ЧАСТИНА. Кінематика приводу головного руху верстата. Принцип роботи та огляд конструкцій гідростатичних опор. Розрахунок гідростатичних напрямних. Пристрій і принцип роботи безлюфтового редуктора приводу переміщення стійки. Перевірочні та проектні розрахунки деталей і механізмів безлюфтового редуктора. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ВИСНОВКИ. ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Креслення деталі. Технологічні карти налагоджень. Кінематична схема верстата.

Гідравлічна схема верстата. Кінематична схема верстата. Загальний вигляд верстата.

Редуктор для приводу переміщення стійки. Стіл верстата (поворотний). Пристосування

спеціальне верстатне. Пристосування контрольне (контроль торцевого биття). Керування

живленням гідростатичної опори. Схеми гідростатичних опор, системи живлення. (Плакати)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н., ст. викладач Сенік А.А.		
Безпека в надзв. ситуаціях	ст. викладач Клепчик В.М.		

7. Дата видачі завдання 16.11.2023**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	25.11.2023	
2	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА. ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ	01.12.2023	
3	РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10.12.2023	
4	ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	18.12.2023	
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕХПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	20.12.2023	
6	ВИСНОВКИ	22.12.2023	
7	Графічна частина, плакати (Слайди)	22.12.2023	
8	Підготовка до захисту	до 25.12.2023	

Студент

_____ (підпис)

Кузьмук В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Кобельник В.Р.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА. ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ	8
1.1 Особливості роботи на горизонтально-розточних верстатах	8
1.2 Аналіз верстатів аналогів	12
1.3 Основні технічні характеристики та опис роботи вузлів верстата	18
1.4 Опис гідравліки верстата	24
1.5 Цифровий дисплей на панелі керування верстатом	25
2 РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	27
2.1 Вивчення службового призначення та конструкції колеса зубчастого	27
2.2 Аналіз технологічності колеса зубчастого	28
2.3 Вибір та обґрунтування програми випуску і типу виробництва	30
2.4 Вибір способу отримання заготовки	31
2.5 Розробка структури технологічного процесу і маршруту обробки заготовки	31
2.6 Визначення припусків, операційних розмірів і розмірів заготовки	32
2.7 Визначення режимів різання	35
2.7.1 Розрахунок граничних режимів різання	35
2.8 Проектування операційного технологічного процесу	39
2.9 Вибір засобів і методів контролю	41
2.10 Розрахунок спеціального пристосування	42
2.11 Розрахунок і проектування контрольного пристосування	47
3 ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	49
3.1 Кінематика приводу головного руху верстата	49
3.2 Принцип роботи та огляд конструкцій гідростатичних опор	51
3.3 Розрахунок гідростатичних напрямних	56

3.4 Керування живленням гідростатичної опори	59
3.5 Пристрій і принцип роботи безлюфтового редуктора приводу переміщення стійки	63
3.6 Перевірочні та проектні розрахунки деталей і механізмів безлюфтового редуктора	64
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	69
4.2 Розробка заходів щодо забезпечення виробничої санітарії	69
4.3 Розробка заходів щодо забезпечення технічної безпеки	71
4.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях	74
ВИСНОВКИ	78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	79
ДОДАТОК	

ВСТУП

Сучасні металорізальні верстати - це різноманітні робочі машини, що використовують механічні, електричні та гідравлічні засади для відтворення рухів і керування робочим циклом, що вирішують самі складні технологічні завдання.

Розточувальні верстати із числовим програмним керуванням (ЧПК) можна розділити на дві основні групи, кожна з яких характеризується розташуванням шпинделя: горизонтальним і вертикальним.

Верстатобудування розвивається як у кількісному, так і в якісному відношенні. Стрімко підвищуються точність, продуктивність, потужність, швидкохідність і надійність роботи верстатів. Покращуються експлуатаційні характеристики, розширюються технологічні можливості, удосконалюються архітектурні форми верстатів. Успішний розвиток верстатобудування забезпечує переозброєння всіх галузей нашої промисловості високопродуктивними та високоякісними верстатами, багато з яких відповідають вимогам світових стандартів.

Горизонтально-розточні верстати зі ЧПК мають робочий стіл з вертикальною віссю повороту, що фіксується, як мінімум, у чотирьох положеннях під кутом 90° від технологічних команд керуючої програми. Іноді поворот стола виступає в ролі четвертої керованої координати.

Від верстатів з ручним керуванням верстати зі ЧПК запозичили в якості додаткової керованої координати переміщення висувного (розточувального) шпинделя. Цей шпиндель розміщується в порожнині шпинделя і може по командах від програми, а також у режимі ручного керування висуватися з порожнини шпинделя на досить значну величину, що зазвичай перевищує половину ширини стола.

Таким чином, горизонтально-розточні верстати мають від трьох до п'яти керованих координат. Крім автоматизації робочих переміщень у верстатах автоматизована зміна швидкостей шпинделя і подач робочих

органів, затиск і розтиск робочих органів після позиціювання та перед здійсненням переміщення, включення та вимикання охолодження. Наразі не автоматизовано тільки зміну інструмента.

Допоміжні інструменти в комплекті з різальними встановлюють у конічний отвір висувного шпинделя. На торці висувного шпинделя є дві шпонки, що передають крутний момент.

У висувний шпиндель вбудований механізм кріплення інструменту, що має забезпечувати осьове затягування за спеціальні місця захоплення хвостовика допоміжного інструмента.

Столи верстатів мають прямокутну форму в плані, мала і більша сторони стола по величині одна до одної майже однакові. У поздовжньому напрямку стіл має Т-подібні пази, у центрі - точний отвір. По центральному пазу, що є базовим, і отвору рекомендовано встановлювати кріпильні пристосування та перевіряти точність верстата, зокрема, співпадання осі шпинделя із центром повороту стола при виході робочих органів по осі X у певну координату. Матеріал стола - високоміцний чавун.

Удосконалювання розточувальних верстатів йде по шляху створення умов для високопродуктивної обробки. У порівнянні з універсальними верстатами зі ЧПК мають більшу потужність, жорсткість і вібростійкість. Напрямні виконавчих пристосувань виконують комбінованими: по основних поверхнях вони є напрямними ковзання, а по бічних поверхнях - напрямними кочення. У приводах подач використовують двигуни постійного струму, у тому числі високомоментні. Перетворення обертового руху двигунів у поступальний рух виконавчих органів реалізується за рахунок гвинтових пар кочення, на деяких верстатах застосовують передачі черв'як - рейка кочення та гідростатичні гвинтові передачі.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА. ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Особливості роботи на горизонтально-розточних верстатах

Основним призначенням горизонтальних фрезерно-розточних верстатів є розточування (тобто збільшення розміру та вирівнювання внутрішньої поверхні) отворів у крупних металевих деталях. Поряд із цим згадувані верстати виконують і більшість інших фрезерних операцій, свердління та зенкерування, нарізування внутрішнього та зовнішнього різьб, обточування циліндричних поверхонь, циліндричне та торцеве фрезерування, обробку торців деталей та ін.

Горизонтальні розточні верстати є підгрупою горизонтально-фрезерних верстатів, від своїх консольних попередників вони відрізняються наступними особливостями:

- фрезерно-розточні верстати призначені для обробки великогабаритних і важких деталей;

- робочий стіл і вертикальна стійка шпindelної бабки (аналог консолі в «класичних» горизонтальн-фрезерних верстатів) мають міцну опору на загальному або роздільному фундаменті;

- у горизонтально-розточних верстатах шпindelна бабка переміщується по вертикальній стійці (стіл не має вертикального переміщенням);

- робочий стіл має 3 ступеня вільності та може виконувати в горизонтальній площині поздовжній, поперечний і коловий рухи.

У горизонтально-розточних верстатів є три основних варіанти кріплення різального інструменту:

- горизонтально розташований шпindel звичайним чином затискає недовгий інструмент (свердел, фрезу, розгорнення, зенкер і т.п.)

- довгий інструмент, наприклад борштанга з різцями, одним кінцем кріпиться в шпindel, а другим кінцем встановлюється в задню стійку з

люнетом, при цьому забезпечується можливість розточування отворів на значній відстані від шпинделя;

– для розточування отворів великого діаметру замість шпинделя використовують додаткова планшайбу, на радіально переміщуваному слайдері встановлюється розточний різець, планшайба за рахунок великого діаметра має високу жорсткість до поперечно-осьових навантажень і великих моментів обертання, однак її швидкість обертання нижче, ніж у шпинделя.

Основним розміром, що характеризує горизонтально-розточний верстат, є діаметр висувного горизонтально розміщеного шпинделя.

Горизонтально-розточні верстати малих розмірів (з діаметром розточного шпинделя 50-125 мм) мають основні вузли: станину (рис. 1.1), передню стійку, шпиндельну бабку, стіл, задню стійку з люнетом.

Головним рухом верстата є обертовий рух шпинделя. Рух подачі надають або інструменту, або заготовці, залежно від характеру обробки. У першому випадку рухом подачі є осьове переміщення s_1 шпинделя або вертикальне переміщення s_2 шпиндельної бабки, або радіальне переміщення s_3 різцевої головки по планшайбі. У другому випадку - переміщення стола в одному із двох взаємно перпендикулярних напрямків s_4 та s_5 .

Допоміжними рухами в цих верстатах є установчі переміщення шпиндельної бабки у вертикальному напрямку, стола по двох координатах, задньої стійки з люнетом і самим люнетом; перемикання швидкостей подачі і т.д.

Верстати середніх розмірів з діаметром шпинделя 100-200 мм мають ті ж вузли, що і верстати малих розмірів. Стіл в цих верстатах переміщується лише в одному напрямку - поздовжньому або поперечному. Передня і задня стійки можуть переміщатися по напрямних станини в поздовжньому або поперечному напрямку.

Важкі розточувальні верстати (з діаметром шпинделя 125-320 мм) не мають стола, заготовку встановлюють безпосередньо на станині.

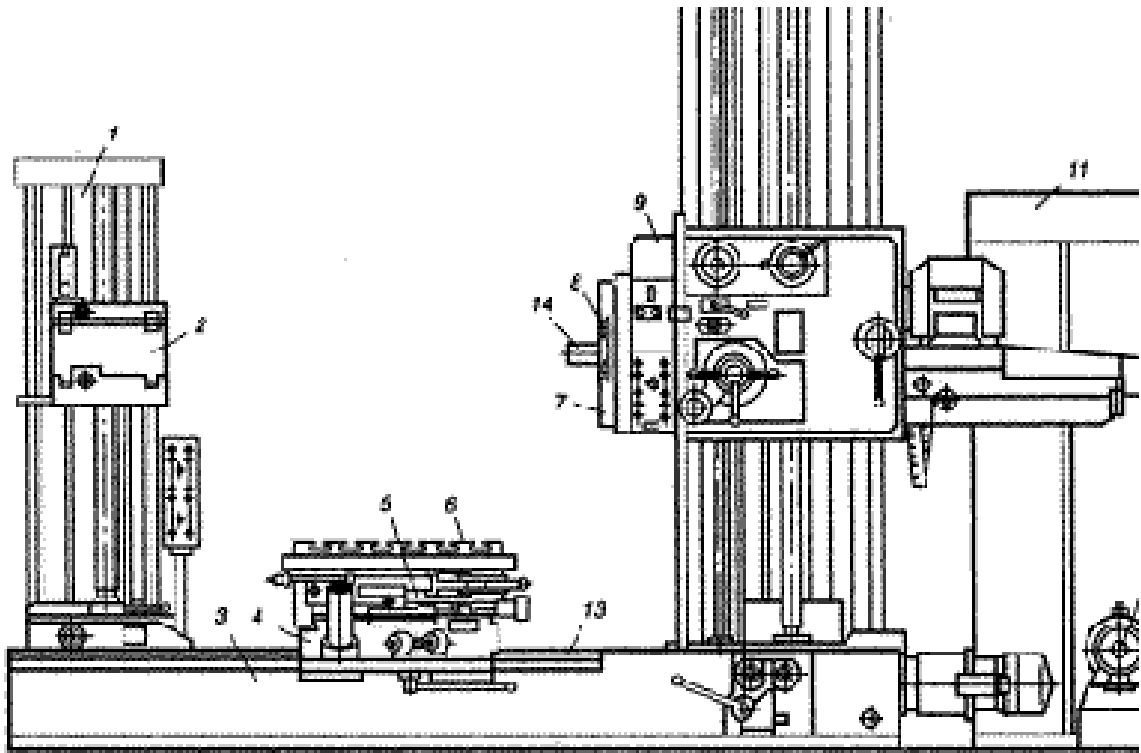


Рисунок 1.1 – Універсальний горизонтально-розточний верстат мод. 2620В.

У великих горизонтально-розточних верстатах найбільш універсального виконання передня стійка переміщується в поперечному напрямку по напрямних станини, у поздовжньому - по проміжним солазкам, що мають напрямні. Рух стійки може виконуватися із швидкістю робочих подач (при фрезеруванні) і зі швидкістю налаштованих переміщень. Задня стійка переміщується лише в поперечному напрямку.

Для приводу шпинделя та приводу подачі використовуються електродвигуни змінного або постійного струму, вони розташовані безпосередньо на шпиндельній бабці. У верстатах малих розмірів для переміщення стола, шпиндельної бабки та задньої стійки є окремий електродвигун та окрема коробка передач.

У порівнянні з універсальними, горизонтальні фрезерно-розточні верстати із числовим програмним керуванням більше нові, вони постійно вдосконалюються, у їх ряді регулярно та постійно є нові розробки. У цілому,

розточні верстати з ЧПК мають особливості зазначені далі.

Як правило, вони не оснащуються планшайбою, оскільки розточування отворів великого діаметру може здійснюватися за допомогою основного шпинделя, переміщенням якого керує система ЧПК (за рахунок застосування ЧПК траєкторія руху шпинделя може бути не тільки обертова, тому геометричний різновид поверхонь, що розточують, практично не обмежений).

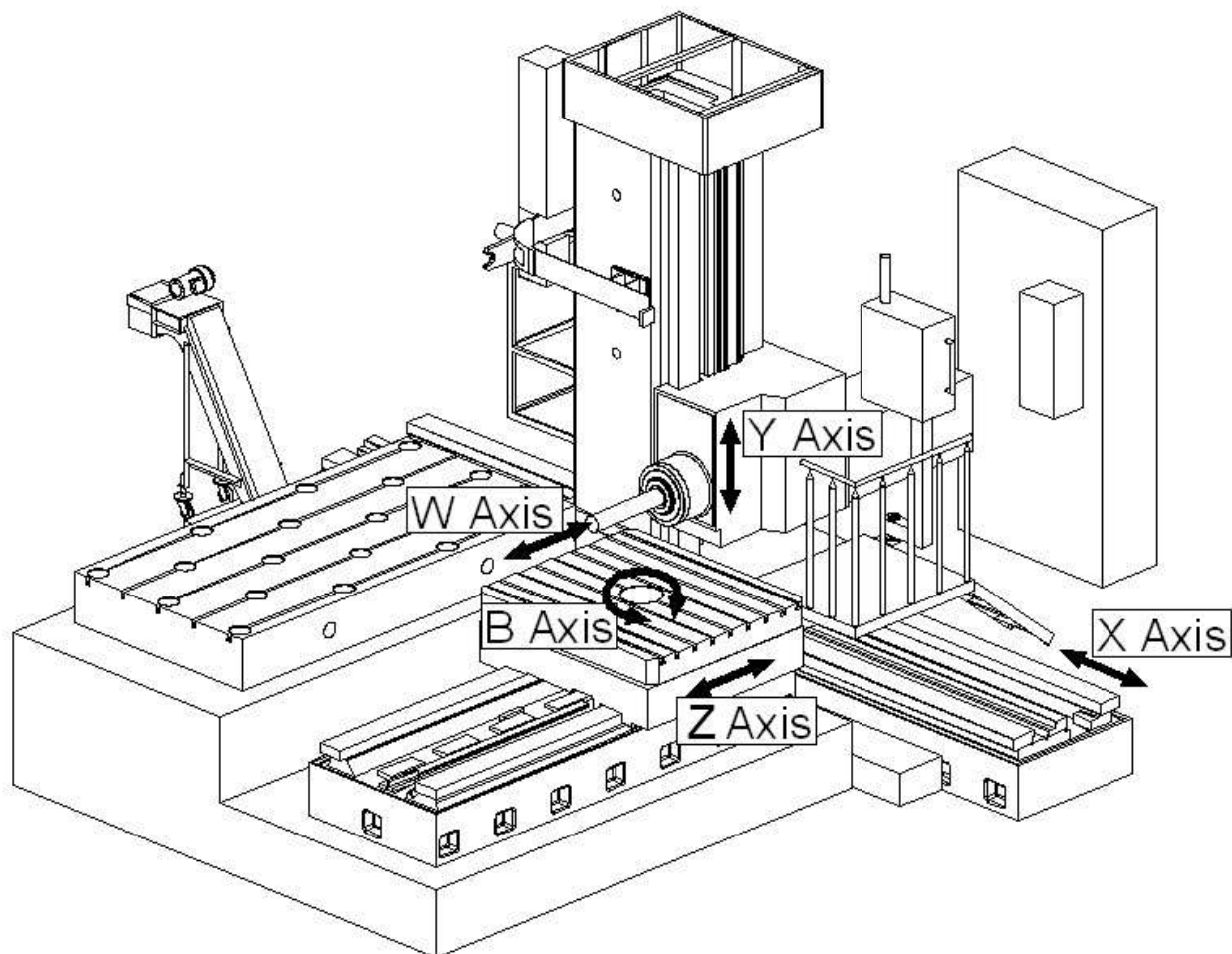


Рисунок 1.2 - Компонування та робочі осі горизонтально-розточного верстата з ЧПК

Розточні верстати з ЧПК часто мають розділене з робочим столом виконання, це обумовлено великими розмірами верстатів та оброблюваних деталей. Є випадки коли робочий стіл нерухомий або має малу кількість

ступенів вільності, чим показано на схемі розташування осей верстата. У розточних верстатах з ЧПК рух по осі X практично завжди здійснюється переміщенням колони із шпindelною головкою.

Напрявні стола горизонтально-розточних верстатів зі ЧПК накривають телескопічними кришками-протекторами, які запобігають попаданню мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ (МОТС) та стружоки на привід. Тому горизонтальні фрезерно-розточні верстати з ЧПК легко доукомплектовуються системою охолодження заготовки, що безперечно є значною перевагою, коли потрібна висока швидкість обертання шпинделя (чистова обробка, шліфування і т.п.).

Горизонтальні фрезерно-розточні верстати з ЧПУ оснащують магазинами інструменту на 40-60 позицій, що перетворює їх на великі оброблюючі центри. Такі верстати можуть виконувати операції свердління, розвертання, зенкерування, нарізання різьб, розточування, зняття фасок, шліфування та багато чого іншого.

1.2 Аналіз верстатів аналогів

1. Фрезерно-розточний оброблюючий центр моделі FXR виробництва компанії SORALUCE

Фрезерно-розточний оброблюючий центр моделі FXR виробництва компанії SORALUCE (Іспанія) пропонує широку універсальність і високу продуктивність для обробки великогабаритних деталей

Фрезерно-розточний оброблюючий центр моделі FXR - це універсальний верстат для виконання фрезерних і розточних операцій. Його жорстка та стійка конструкція забезпечує найвищу точність і продуктивність для обробки великогабаритних деталей. Завдяки модульній структурі верстат має широку універсальність і може бути оснащений більшою кількістю опцій, що дає можливість адаптувати його під потреби клієнтів та високу ефективність і точність. Це найкраще рішення для обробки

великогабаритних деталей для таких секторів промисловості, як енергетика (вітряна, газова, ядерна, парова), суднобудування і т.д.

Потужна колона верстата з дизайном типу «box in box» разом із широкою станиною верстата з трьома напрямними дозволяє здійснювати вертикальне переміщення до 7000 мм і поперечне переміщення до 1900 мм. Жорстка конструкція верстата в поєднанні з високою динамікою пропонує підтверджену оптимальність між потужністю і швидкістю різання, досягаючи 71 квт (S1) і 6000 об/хв відповідно.

Більше того, через наявність рухомої колони, верстат може мати в комплекті декілька робочих станцій, що дозволяє вести одночасно обробку і завантаження різних деталей.

Модульний висувний шпindel

Фрезерно-розточний оброблюючий центр моделі FXR (рис. 1.3) може бути оснащений модульним висувним шпинделем (патент компанії SORALUCE), що є своєрідним унікальним рішенням.



Рисунок 1.3 - Фрезерно-розточний оброблюючий центр моделі FXR

Система змінює висувний шпindel та інші головки повністю автоматично, що дозволяє встановлювати на верстат шпindelі з різними діаметрами і всі фрезерні головки, для обробки деталей, з потужністю до 60 кВт.

У порівнянні із традиційними рішеннями по шпindelях, ексклюзивне рішення SORALUCE з модульним висувним шпindelем дає можливість зберегти відстань між висувним шпindelем і фрезерною головкою, що дозволяє вести обробку з 5-ти сторін з однієї установки, без додаткових установок заготовки на великій відстані від верстата.

Крім цього, ремонтні роботи модульного висувного шпindelя можуть бути виконані під час роботи верстата з кожною із фрезерних головок.

Реальні переваги такого рішення полягають у наступному: скорочення часу простою верстата, збільшення продуктивності та, як наслідок, максимальна задоволеність клієнта.

Балансування повзуна

Додатково фрезерно-розточний оброблюючий центр SORALUCE може бути оснащений системою динамічної компенсації висування повзуна (система балансування повзуна).

Динамічна компенсація переміщення повзуна коректує лінійне і кутове положення інструменту, повертаючи вісь повзуна в горизонтальну площину, що гарантує максимальне його відхилення менш як на 0,04 мм на максимальному вильоті 1900 мм. Ця функція підвищує прямолінійність і паралельність переміщення повзуна в горизонтальному напрямку.

Ця опція, що є електромеханічною системою, керованою ЧПК, збільшує точність при оснащенні верстата системою автоматичної зміни головок тому, що дозволяє робити точну корекцію відхилення повзуна через різну вагу окремих фрезерних головок.

2. Горизонтально-розточні верстат серії WRFT 130 / 150 / 160/ 200 CNC

WRFT 130/150/160/ 200мм CNC - це горизонтально-розточні верстати з поворотним столом і нерухомою колоною змонтовані окремими вузлами для

збільшення маси та довжини деталі встановлюваної на стіл.

Верстат WRFT має висувний робочий шпindel, також висувну піноль (повзун). Завдяки цій концепції оброблюючого центра він має можливості універсально-фрезерних і розточних верстатів, які здатні з високою продуктивністю обробляти габаритні заготовки з високою точністю і якістю обробки. Всі моделі верстатів конструктивно вирішені, як модульно-збірні, так що їх можна адаптовувати до будь-яких деталей.

Використані сучасні системи керування (Heidenhain, Siemens, Fanuc) забезпечують високий комфорт в керуванні верстатом та багато інших практичних функцій. Класичним є взаємозалежне керування по 6 осям (X, Y, Z, V, W та B). Залежно від використаних оснащень кількість керованих осей можна збільшити.

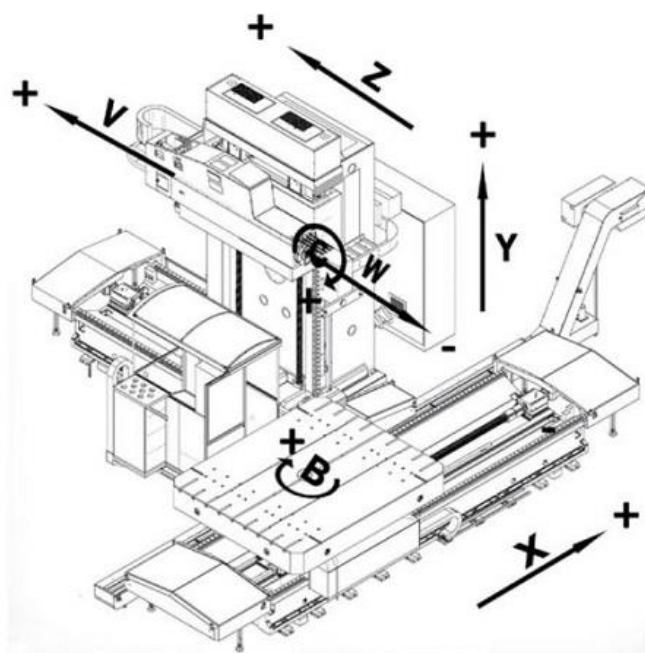


Рисунок 1.4 – Компонування та осі горизонтально-розточного верстата серії WRFT 130 / 150 / 160/ 200 CNC

Горизонтальні фрезерно-розточні верстати з ЧПК з поворотним столом моделі WRFT застосовуються, переважно, для комплексної обробки великих і важких деталей. Вони також знаходять застосування в енергетичному, і нафтовому машинобудуванні, суднобудуванні, обробки деталей підіймно-

транспортних машин, великих штампів і т.д.

По своїй конструкції використовуються для обробки деталей з 4-х сторін або при потребі повороту деталі, у процесі обробки, на 180 градусів. Верстат має повноцінну силову вісь В, реалізовану в поворотному столі. Для усунення люфту в зубчастому зачепленні поворотного стола використовується 2 шестерні працюючі за принципом «Master-Slave». Таке рішення дозволяє робити обробку за 4 координатах одночасно та отримувати різні криволінійні поверхні.

Прикладом є виготовлення косозубого сектора великого модуля.



Рисунок 1.5 - Обробка косозубого сектора великого модуля на верстаті серії WRFT 130 / 150 / 160/ 200 CNC

Основні технічні характеристики верстатів серії WRFT CNC зазначені в додатках.

3. Горизонтально-розточні верстати ИР1600Ф4, ИР1600ПМФ4

Горизонтально-розточий верстат з ЧПК моделі ИР1600Ф4 і верстат з автоматичною зміною інструмента (оброблюючий центр) моделі ИР1600ПМФ4 призначені для обробки великогабаритних корпусних деталей із чорних і кольорових металів в умовах серійного виробництва.

Верстати мають 4 осі переміщень робочих вузлів, оснащенні поворотно-рухомим столом керованих від системи ЧПК.

Верстати оснащуються системою ЧПУ Sinumerik 840 D й електропривода Simodrive 611 D фірми Siemens, вимірювальними системами Heidenhain.

Опції:

- поворотно-рухливі столи, керовані зі ЧПК верстата:
 - ИРС2000 з робочою поверхнею 2000x1600 мм
 - ИРС2500 з робочою поверхнею 2500x200 мм
- стендова плита розміром 4000x2700 мм
- комплект допоміжного інструмента
- кутова фрезерна головка 7940-7010
- кутники



Рисунок 1.6 – Загальний вид верстата ИР1600ПМФ4

Основні технічні характеристики горизонтально-розточних верстатів ИР1600Ф4, ИР1600ПМФ4 наведені в додатках.

1.3 Основні технічні характеристики та опис роботи вузлів верстата

Станина верстата Skoda W200 - литта із сірого чавуну пружної чотирьохдорожжової конструкції. Торці основної станини оброблені, щоб до них можна було прикріпити надставки. Звичайне подовження виконується з лівої сторони, тобто зліва коли дивитися від заготовки на шпindel. В станині є загартована відшліфована гребінка з скошеними зубами та вимірювальною системою переміщення колони по станині.



Рисунок 1.7 – Загальний вид верстата Skoda W200

З обох боків від напрямних до станини прикріплені ринви для відводу масла з гідростатичних напрямних. Масло стікає по трубопроводу у збірну ємність гідростатичного агрегату. Всі напрямні поверхні та внутрішня

частина станини захищені телескопічними накриттям. Станина з'єднана з бетонним фундаментом анкерними болтами, які несуть дві діючі (вертикальні і горизонтальні) сили та дають можливість у будь-який момент вирівняти станину у всіх напрямках.

Нижня частина верстата Skoda W200 колони

Нижня частина колони - чавунне лиття коробкової форми, міцно з'єднане з колоною. Гідростатичною посадкою нижньої частини колони на напрямних поверхнях станини досягається мінімальний пасивний опір при переміщенні. На корпусі нижньої частини колони є пневматичні затискні блоки, коробка передач переміщення колони, одноступінчаста коробка подач цього переміщення, гідравлічні розподільники та датчики вимірювальної системи.



Рисунок 1.8 – Колона верстата Skoda W200

Переміщення колони по станині

Переміщення колони по станині забезпечує одноступінчаста коробка подач із власним тихохідним регульованим електродвигуном постійного струму. Обертний момент передається далі в коробку передач на нижній частині колони, що входить у зачеплення із зубчастою гребінкою,

прикріпленою до станини. Коробка подач має електромагнітне кероване пружинне гальмо та запобіжну фрикційну муфту.



Рисунок 1.9 – Переміщення колони по станині

Затискні блоки

Рухомі частини верстата (колона, шпіндельна головка, піноль) при вимиканні подачі автоматично закріплюються пневматичними затискними блоками спеціальної конструкції. При включенні відповідної подачі затискні блоки відпускаються.



Рисунок 1.10 – Затискні блоки колони

Сервісний режим роботи верстата

При усуненні дефектів верстата потрібно викинути головний вимикач

на електрошафі. Після вимикання всі агрегати відключені. Електрошафу можна відкрити тільки спеціальним ключем, що має лише уповноважена особа. При виключеному головному вимикачі деякі частини електрошафи під напругою (вхідні клеми, висвітлення, гніздо, штепсельні гнізда), небезпека поразення електричним струмом.

Перед ремонтом верстата треба провести обов'язкові дії, котрі унеможливають пуск верстата або його частини сторонньою особою. На пусковому пристрої повинна бути помітно поміщена таблиця з написом „НЕ ВМИКАТИ - РЕМОНТ ВЕРСТАТА”

Верстат може бути увімкнено тільки після завершення ремонту та перевірки всіх функцій захисних пристроїв.

Основні відомості про верстат

Горизонтально-розточні верстати типу W 200 призначені для обробки великогабаритних деталей. Використовуються для фрезерування, свердління, нарізання різьб і т.д. Заготовка встановлюється або на затискні плити або на поворотні столи, які поставляються як окрема установка.

Великий діапазон обертів і подач разом із плавним регулюванням, застосування різних різальних інструментів забезпечують економічно вигідне використання верстата.

Короткий опис верстата

Колона горизонтально-розточного верстата переміщується по станині вздовж заготовки, закріпленої на затискних плитах або на поворотному столі. По колоні переміщується у вертикальному напрямку шпиндельна головка з висувною пінолю, концентричною з віссю шпинделя для свердління та фрезерування.

Свердлильний шпиндель висувається в напрямку, перпендикулярному до переміщення колони по станині, фрезерний шпиндель не висувається з пінолю. Піноль призначена для підпірки висувного свердлильного шпинделя. На її кінці закріплюються різні додаткові пристрої, як наприклад, фрезерне, розточне і т.п.

Головка шпинделя оснащена автоматичним балансуєчим пристроєм, що забезпечує постійне положення піноли при її висуванні, чим дотримується мінімальне відхилення від горизонтального положення (патент).

Основні види робіт на верстаті

1. Фрезерування

а) інструментом, закріпленим у порожнині свердлильного шпинделя

б) інструментом, прикріпленим до фрезерного шпинделя за допомогою болтів. При необхідності збільшення вильоту інструмента використовується подовжувач до фрезерного шпинделя.

в) інструментом, закріпленим в фрезерному пристрої, який прикріплений на кінці піноли. Поворотом зазначеного фрезерного пристрою можна обробляти поверхні під різними кутами.

г) інструментом, закріпленим в розточному пристрої. Використовуючи привод від фрезерного шпинделя можна повністю використати потужність приводу.

2. Розточування

а) висуванням свердлильного шпинделя. Для підвищення жорсткості шпиндель підпирається пінолю.

б) одночасним висуванням свердлильного шпинделя та пінолі.

При розточуванні декількох паралельних отворів в одній заготовці при одному закріпленні не рекомендується змінювати метод розточування, тому що верстат працює з максимальною точністю тільки при одному способі обробки.

3. Технологічне устаткування, що розширює можливості використання верстата: фрезерний пристрій; розточувальний пристрій; поворотні столи; охолодження інструмента; транспортування стружки та ін.

Основні технічні дані верстата Skoda Model W200G CNC наведені в додатках до кваліфікаційної роботи.

Колона

Колона - велика, із внутрішньої сторони ребриста пружна відливка з сірого чавуну, жорстко та міцно прикріплена до нижньої частини колони. По вертикальних напрямних переміщується шпindelна головка за допомогою закритого вертикального кулькового гвинта, розміщеного між напрямними. На колоні розміщена система вимірювання вертикального переміщення шпindelної головки, електрична проводка, обладнання для подачі масла під і повітря під тиском. В середині колони переміщується вантаж для зрівноважування шпindelної головки. На верхній площадці колони є підвісний пристрій для зрівноважування шпindelної головки та вирівнювання пінолі. Напрямні поверхні під шпindelною головою захищені водонепроникними телескопічними накриттями.

Переміщення шпindelної головки

Шпindelна головка отримує рух переміщення у вертикальному напрямку від незалежної одноступеневої коробки подач, джерелом руху якої є рух окремий тихохідний регульований електродвигун змінного струму.

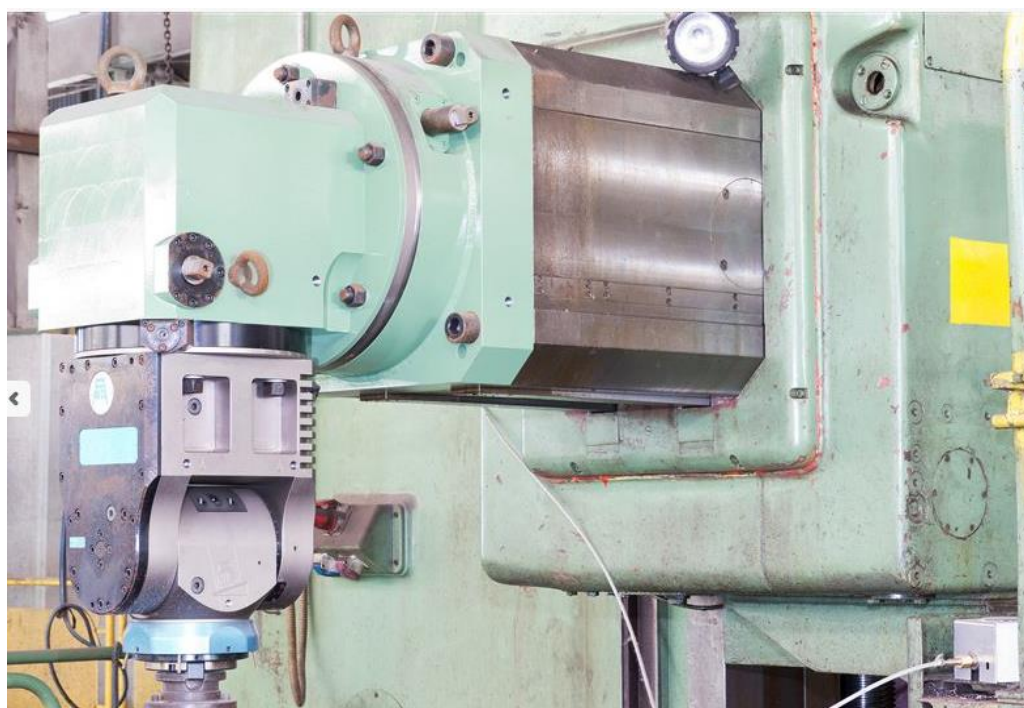


Рисунок 1.11 – Висувний шпindel верстата

Привід шпинделя

Привід знаходиться в коробці, прикріпленій до заднього торця корпусу шпиндельної головки. Окремі ступені коробки приводу вмикаються дистанційно за допомогою пневматично зубчастих муфт, що передають крутний момент на свердлильний шпиндель із коробки приводів через приводну трубку та фрезерний шпиндель.

Висування шпинделя та пінолі

Висування шпинделя і пінолі забезпечує незалежна одноступенева коробка подач, що приводиться в рух власним електродвигуном змінного струму.

Механізоване закріплення інструментів

Пристрій для механізованого затиску інструментів дозволяє закріплювати або розтискати інструмент при будь-якому положенні шпинделя. Правильне положення затискних надставок необхідно контролювати калібром по кресленню та при необхідності підігнати прокладку. Креслення з розмірами надставки ISO 60 і прокладки поставляються з верстатом.

1.4 Опис гідравліки верстата

Мащення шпиндельної бабки

Мастильна система головного приводу утворює замкнений гідравлічний контур у шпиндельній бабці. Баком для масла є порожнина коробки передач головного приводу. Шестеренчастий насос подає масло через фільтр і проточний вимикач на окремі місця мащення коробки передач. Тиск у системі захищено клапаном. Масло подається через отвір у коробці передач головного привода, а його злив здійснюється при відкритті зливальної пробки на дні. Рівень масла регулюється масловказівником на нижній частині торцевої сторони коробки передач.

Шпинделя для свердління змащується циркуляційною системою

мащення головного привода. Масло розподіляється по трубах з розпилувачем в окремі мастильні місця.

Підшипники головного привода змащуються маслянками, поміщеними на верхній площині корпусу шпindelної бабки по обидва боки консолі головного захвату.

Мащення коробки подач осі Z, W є складовою частиною мастильного контуру головного привода.

Мащення осі Y. Напрявні змащуються маслом з мастильного контуру X. Масло дозоване насосом і спускається при кожній подачі шпindelної бабки. Кульковий гвинт змащується автоматично самостійним дозуючим контуром.

Змащення напрямних осі Z. Напрявні змащуються маслом з мастильного контуру головного привода. Масло дозується насосом і спускається при кожному старті подачі пінолі.

Гідростатика. Гідростатика напрямних осі X. Кожна камера гідростатичної посадки має самостійну вимірювальну точку для простоти приєднання контрольного манометра. Кількість масла в камерах забезпечується капілярами з постійним гідравлічним опором для кожної камери.

Допоміжні функції

Гідравлічний контур високого тиску керує розтиском інструмента в шпindelі верстата.

Окремі допоміжні функції мають відповідні розподільники. Розподільники мають штовхальні електромагніти. Електромагніт під напругою позначений 1, без напруги 0.

1.5 Цифровий дисплей на панелі керування верстатом

Датчики, що вимірюють переміщення, з'єднані із системою NC, виходом якої є дисплей, що зображує в цифровій формі шлях переміщення.

Точність вимірювання залежить від вимірюваної довжини та розраховується по формулі:

а) при лінійних переміщеннях в осях X, Z:

$$L=+(0,02+0,00001L), \text{ мм}$$

б) для обертового датчика на кульковому гвинті в осі Z та W:

$$L=+(0,03+0,00003L), \text{ мм},$$

де L- вимірювана відстань у мм.

Обертовий датчик для відмірювання висування шпинделя знаходиться у двигуні подач.



Рисунок 1.12 – Панель системи керування верстатом

2 РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вивчення службового призначення та конструкції колеса зубчастого

Дана деталь - зубчасте колесо, що представляє собою тіло обертання, є деталлю зубчастої передачі - механізму, що передає обертання та зусилля безпосереднім зачепленням зубів коліс. На колесі є маточина.

Зубчасте колесо - широко поширена деталь в машинобудуванні, тому питання технологічності має для неї особливо важливе значення.

Маса деталі 12,5 кг. Габаритні розміри $\varnothing 252$ мм шорсткість Ra 1,6 мкм, $\varnothing 50$ мм - шорсткість Ra 3,2 мкм. Ширина вінця 40 мм.

Дане колесо має шліцевий отвір $d \times 8 \times 56H7 \times 65H12 \times 10F10$. На зовнішньому контурі зубчастого колеса є маточина, розташована з лівої сторони та виступаюча на 10 мм. У тілі колеса передбачені 2 отвори $\varnothing 20$ мм на $\varnothing 140$ мм для зменшення маси деталі, шорсткість Ra 12,5 мкм. Модуль даного зубчастого колеса рівний $m = 6$, число зубів $z = 40$, ступінь точності 3. По торцях виконані фаски $2 \times 45^\circ$.

Незазначені розміри виконуються по H14; h14; $\pm IT14/2$. Дана деталь виготовляється зі сталі 40X. Після токарної чорнової обробки колеса повинна бути зроблена термообробка зубчастого колеса з метою отримання дрібнозернистої структури і зняття залишкових напружень, а після зубофрезерної операції необхідно загартувати зуби для забезпечення твердості 48...66HRC.

Після кожної технологічної операції повинен здійснюватися контроль геометричних параметрів заданих поверхонь деталі, а по завершенні технологічного процесу деталь повинна піддаватися комплексному технічному контролю. Особлива увага при контролі варто приділити зубам колеса, тому що ця поверхня є найбільш складною в технологічному плані та впливає на роботу зубчастої пари.

З технологічної точки зору виготовлення такої деталі досить

трудомістке. Як правило, майже всі зубчасті колеса є нетехнологічними.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад стал 40Х

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	Не більше			
				0,3	0,3	0,035	0,035

2.2 Аналіз технологічності колеса зубчастого

Дана деталь - зубчасте колесо в плані технологічності має наступні переваги:

- можлива обробка стандартним інструментом;
- при витримуванні заданих допусків і параметрів шорсткості не виникає технічних труднощів;
- можлива обробка зубів високопродуктивним методом (зубофрезеруванням);
- дотримання просторових відхилень, що допускаються, не викликає ускладнення технологічного процесу обробки.

Недоліки:

- низький коефіцієнт використання матеріалу при обробці;
- неможливість застосувати більше виготовлену вихідну заготовку, що дозволяє скоротити обсяг механічної обробки через конструкцію та габарити деталі.

Визначимо показник рівня технологічності виробу:

Коефіцієнт точності обробки:

$$Km = 1 - \frac{1}{T_{cp}}$$

де T_{cp} - середній квалітет по варіантах технології.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{m_i}$$

де T_i - квалітет поверхні;

n_i – кількість однакових розмірів з однаковим квалітетом точності;

m_i – загальна кількість розмірів

7 квалітет - 1 поверхня.

10 квалітет - 1 поверхня.

12 квалітет - 2 поверхні.

14 квалітет - 10 поверхонь.

$$T_{cp} = \frac{14 \cdot 10 + 12 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 7 \cdot 1}{10 + 2 + 1 + 1} = 12,93$$

$$Km = 1 - \frac{1}{12,93} = 0,923 < 1$$

Знайдемо коефіцієнт шорсткості даної деталі за формулою:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}}$$

де $Ш_{cp}$ - середня шорсткість по варіантах технології.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{m_i},$$

де $Ш_i$ - шорсткість поверхні;

n_i – кількість однакових параметрів шорсткості;

m_i – загальна кількість параметрів шорсткості.

Ra 0,8 - 1 поверхня.

Ra 1,6 - 5 поверхонь.

Ra 3,2 - 2 поверхні.

Ra 12,5 - 4 поверхні.

$$Ш_{cp} = \frac{0,8 \cdot 1 + 1,6 \cdot 5 + 3,2 \cdot 2 + 12,5 \cdot 4}{1 + 5 + 2 + 4} = 5,4$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}} = 1 - \frac{1}{5,4} = 0,815 < 1$$

2.3 Вибір та обґрунтування програми випуску та типу виробництва

Річну програму випуску визначають на підставі заданого програмного завдання за формулою:

$$N_r = N_n \cdot m \cdot \left(1 + \frac{a}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{b}{100}\right)$$

де N_n - програмне завдання випуску виробів у рік;

m - кількість деталей, що йдуть на один виріб;

a - відсоток деталей, що йдуть у запасні частини, $a = 0 \dots 10\%$

b - відсоток технічно неминучих виробничих втрат, що включає деталі, що йдуть на випробування механічних властивостей матеріалу, налагодження обладнання та ін., а також браковані деталі, $b = 2 \dots 6\%$

$$N_r = 45500 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{2}{100}\right) = 48730,5$$

Приймаємо $N_r = 48800$ шт.

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, що визначає кількість різних операцій при обробці однієї або декількох деталей, закріплених за одним робочим місцем упродовж певного планового проміжку часу (одного місяця)

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{\sum O}{S_{уч}}$$

де O - число різних операцій за один місяць;

P - число робочих місць, на яких виконуються різні операції;

$S_{уч}$ - кількість верстатів, встановлених на дільниці.

Позаяк кількість верстатів рівна кількості виконуваних операцій, коефіцієнт закріплення операцій буде рівний 1, що відповідає масовому типу виробництва.

2.4 Вибір способу отримання заготовки

Спосіб отримання заготовок для деталей машин залежить призначення і конструкції деталі, матеріалу, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення. Вибрати заготовку - означає вибрати спосіб її отримання, назначити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри та указати допуски на точність виготовлення.

На форму заготовки, величину та розподіл припусків, впливає метод отримання заготовки. Він також впливає на трудомісткість обробки, а отже, на собівартість виготовлення деталі.

Вибір способу отримання заготовки залежить від конструкції та розмірів деталі, її матеріалу, а також від технічних вимог до якості.

Виходячи з конструкції та габаритів деталі, доцільно вибрати два способи отримання заготовки: штампування (пластичне деформування) і лиття: штамповка та відливка.

Визначали варіант отримання заготовки провівши за відомою методикою розрахунки щодо техніко-економічного обґрунтування.

Розраховували собівартість заготовок виготовлених штампуванням та литтям.

Розрахунки показали, що собівартість штампованої заготовки нижче, ніж литої, отже, спосіб отримання заготовки - гаряче штампування.

2.5 Розробка структури технологічного процесу та маршруту обробки заготовки

Складемо маршрут обробки заданого виробу, дамо загальний план обробки деталі, намітимо зміст операцій технологічного процесу.

Маршрут обробки виробу складемо, виходячи з аналізу базового технологічного процесу, з обліком всіх внесених виправлень і змін.

Таблиця 2.2 - Маршрут обробки

№ опер.	Найменування операції
005	Токарна
010	Термічна
015	Токарна
020	Протяжна
025	Контрольна
030	Вертикально-свердлильна
035	Зубофрезерна
040	Зубофрезерна
045	Термічна
050	Внутрішньошліфувальна
055	Плоскошліфувальна
060	Зубошліфувальна
070	Контрольна
075	Маркувальна

2.6 Визначення припусків, операційних розмірів і розмірів заготовки

Розрахунок припусків виконуємо за відомими методиками [33] на відповідні поверхні розрахунково-аналітичним метод, а також табличним.

Результати проведених розрахунків зведено у відповідні таблиці.

Розраховуємо припуск на обробку внутрішнього діаметра шліцевого отвору. Результати зводимо в таблицю.

Таблиця 2.3 - Розрахункові значення припусків

Технологічні переходи обробки $\varnothing 56H7^{+0,03}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Перед.знач припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min} (пр)	d_{\max}	$2z_{\text{пр. max}}$	$2z_{\text{пр. min}}$
Заготівля	150	250	1280,6			51,488	1900	49,58	51,5	-	-
Розточування											
Чорнове	50	50	76,84	700	3718	55,206	300	54,9	55,20	5320	3720
Чистове	20	25	51,22	100	452,23	55,658	120	55,53	55,65	630	450
Протягання	4	6	2,56	-	192,44	55,850	46	55,80	55,85	270	200
Шліфування	3	-	-	80	180,08	56,03	30	56,00	56,03	200	180

2. Розраховуємо припуск на обробку зовнішнього діаметра $\varnothing 252H11$ колеса зубчастого:

Результати розрахунку зводимо в таблицю.

Призначаємо припуски на інші поверхні [33]

Таблиця 2.4 - Припуск на поверхню 100мм

Назва операції	Припуск, мм	Шорсткість, мм	Отриманий розмір, мм
Заготовка	-	-	102,8
Токарна чорнова	2	Ra 12,5	100,8
Токарна чистова	0,8	Ra 6,3	100

Приймаємо мінімальний розмір на заготівлю: 103 мм

Таблиця 2.5 - Припуск на поверхню 50мм (товщина заготовки)

Назва операції	Припуск, мм	Шорсткість, мм	Отриманий розмір, мм
Заготівля	-	-	52,4
Токарна чорнова	1,7	Ra 6,3	50,7
Токарна чистова	0,5	Ra 3,2	50,2
Шліфування	0,2	Ra 1,6	50
Шліфування	0,2	Ra 1,6	48,8

Приймаємо мінімальний розмір на заготовку: 53мм

Таблиця 2.6 - Припуск на поверхню 50мм (ширина вінця)

Назва операції	Припуск, мм	Шорсткість, мм	Отриманий розмір, мм
Заготовка	-	-	42,4
Токарна чорнова	1,7	Ra 6,3	40,7
Токарна чистова	0,5	Ra3,2	40,2
Шліфування	0,2	Ra 1,6	40

Приймаємо мінімальний розмір на заготовку: 43мм

Визначимо коефіцієнт жорсткості припусків, скорегуємо загальні припуски вихідної заготовки.

Перед виконанням ескізу вихідної заготовки необхідно зробити коректування загальних значень припусків на всі поверхні.

Для цього необхідно визначити коефіцієнт жорсткості припусків:

$$K_{уж} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i^{рас}}{Z_0^{таб}}$$

де $Z_i^{рас}$ - аналітичне значення операційних припусків;

n – кількість операцій, виконуваних при обробці даної поверхні;

$Z_0^{таб}$ - значення загального припуску на дану поверхню.

Таблиця 2.7 - Таблиця припусків

Номін. розмір	Припуск	Отриманий розмір	Відхилення	$K_{уж}$	Коректований припуск	Коректоване відхилення
100	2,8	103	+1,8	0,78	2,2	+1,4
			-1,0			-0,8
50	2,4	53	+ 1,6	0,78	1,9	+1,3
			-0,9			-0,7
40	2,4	43	+ 1,4	0,78	1,9	+1,3
			-0,8			-0,7

2.7 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання виконано відповідно до методики викладеної в [33].

2.7.1 Розрахунок граничних режимів різання

Для модернізованого верстата виконуємо розрахунок режимів різання для свердління отвору діаметром 30 мм, розсвердлювання отвору діаметром 100 мм із діаметру 40 мм, а також розвертання отвору діаметром 100 (діаметр 99 мм - чорнове розгортання, припуск 1мм).

Оброблюваний матеріал: сталь $\sigma_v=950$ Мпа. Матеріал інструменту - твердий сплав ВК 8.

- визначаємо глибину різання та подачі.

1) свердління \varnothing 30 мм

$$t=0.5 D=0.5 \times 30 = 15 \text{ мм}; [33];$$

$$S=0.45 \text{ мм/про. } [33];$$

2) розсвердлювання \varnothing 40 мм до \varnothing 100 мм

$$t=(D_{св}-d) \times 0.5 = (100-40) \times 0.5 = 30 \text{ мм}; [33];$$

$$S=0.9 \times 2 = 1.8 \text{ мм/про. } [33];$$

3) розгортання \varnothing 100 мм

$$t=(D-d) \times 0.5 = (100-98) \times 0.5 = 1 \text{ мм}; [3];$$

- швидкість різання

1) свердління \varnothing 30 мм

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де $C_v=34,2$ - коефіцієнт швидкості різання; [33];

$D=30$ мм- діаметр свердління;

$T=50$ хв - період стійкості ; [33];

m, q, y - показники ступеня; $q=0,40$; $m=0,2$; $y=0,5$.

(3, с. 278, табл. 28);

$S=0,45$ мм/об - подача; [33];

K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv},$$

де K_{mv} - коефіцієнт на оброблюваний матеріал;

K_{uv} - коефіцієнт на інструментальний матеріал;

K_{lv} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\Omega_{\epsilon}} \right)^{n_v}$$

де K_r - коефіцієнт, що характеризує, групу сталі по оброблюваності,

n_v - показник степеня.

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{950} \right)^{0,9} = 0,81 ;$$

$$K_v = 0,81 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,81;$$

$$V = \frac{34,2 \cdot 30^{0,40}}{50^{0,2} \cdot 0,45^{0,5}} \cdot 0,81 = 73,6 \text{ м / хв}$$

2) розсвердлювання \varnothing 40 мм до \varnothing 100 мм

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

де t - глибина різання;

$$V = \frac{56,9 \cdot 70^{0,40}}{110^{0,2} \cdot 30^{0,2} \cdot 1,8^{0,5}} \cdot 0,81 = 37,3 \text{ м / хв}$$

3) розвертання \varnothing 100 мм

$$V = \frac{109 \cdot 100^{0,30}}{130^{0,4} \cdot 0,5^{0,2} \cdot 2^{0,65}} \cdot 0,81 = 26,7 \text{ м / хв}$$

- визначаємо частоти обертання

1) свердління \varnothing 30 мм

$$n = \frac{1000V}{\pi D}$$

де V - швидкість різання при свердлінні, м/хв,

D- діаметр свердління, мм,

n- частота обертання, об/хв.

$$n = \frac{1000 \cdot 73.6}{3,14 \cdot 30} = 481;$$

2) розсвердлювання \varnothing 40 мм до \varnothing 100 мм

$$n = \frac{1000V}{\pi D}$$

де V- швидкість різання при розсвердлюванні, м/хв,

D- діаметр розсвердлювання, мм,

$$n = \frac{1000 \cdot 37,3}{3,14 \cdot 70} = 169,6 \text{ об/хв}$$

розвертання \varnothing 100 мм

$$n = \frac{1000V}{\pi D}$$

де V- швидкість різання при розвертанні, м/хв,

D- діаметр розвертання, мм,

$$n = \frac{1000 \cdot 26,7}{3,14 \cdot 100} = 85 \text{ об/мин}$$

- визначаємо крутний момент та осьову силу

свердління \varnothing 30 мм

При свердлінні крутний момент $M_{кр}$ визначається по формулі:

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

де C_m , q, y – показники степеня та поправочний коефіцієнт; q=0,40;
m=0,2; y=0,5.

D - діаметр свердління, мм; D=30 мм;

S - подача при свердлінні мм/про; S=0,45 мм/об;

$K_p=K_{mp}$ – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, [33]

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,012 \cdot 30 \cdot 0,45^{0,8} \cdot \left(\frac{950}{750} \right)^{0,75} = 134 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Осьова сила розраховується по формулі:

$$P_0 = 10 C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

де C_p - поправочний коефіцієнт [33]

$$P_0 = 10 \cdot 42 \cdot 30^{1.2} \cdot 0,4575 \cdot \left(\frac{950}{750}\right)^{0,75} = 16319H;$$

2) розсвердлювання \varnothing 40 мм до \varnothing 100 мм

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot D^q \cdot t^x S_y \cdot K_p,$$

де t - глибина різання, мм; $t=30$ мм

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\Omega_6}{750}\right)^n,$$

де n - показник ступеня, [33]; $n=0.75$

$$K_p = \left(\frac{950}{750}\right)^{0,75} = 1,19$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,196 \cdot 70^{0,85} \cdot 30^{0,8} \cdot 1,8^{0,7} \cdot 1,19 = 601,87H \cdot м;$$

Осьова сила розраховується по формулі:

$$P_0 = 10 C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

$$P_0 = 10 \cdot 46 \cdot 30^1 \cdot 1,8^{0,4} \cdot 1,19 = 20774H;$$

3) розвертання \varnothing 100 мм

Для визначення крутного моменту при розвертання кожен зуб інструмента можна розглядати як розточний різець. Тоді при діаметрі інструмента крутний момент, Нм:

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D_z}{2 \cdot 100},$$

де S_z - подача мм на один зуб інструмента, рівна S/Z

Z - число зубів розвертки, $Z=6$

t - глибина різання, мм; $t=1$ мм;

D - діаметр розвертання, мм; $D=100$ мм;

C_p, x, y – поправочний коефіцієнт і показники степеня

$$M_{кр} = \frac{200 \cdot 1^{1,1} \cdot (1,7/6)^{0,75} \cdot 100 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 300H \cdot м,$$

- визначаємо потужності різання

1) свердління \varnothing 30 мм

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

де $M_{кр}$ - крутний момент при свердлінні, Нм;

n - частота обертання при свердлінні, об/хв;

$$N_{e} = \frac{134 \cdot 481}{9750} = 6,6 \text{ кВт},$$

2) розсвердлювання \varnothing 40 мм до \varnothing 100 мм

$$N_{e} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

де $M_{кр}$ - крутний момент при розсвердлюванні, Нм;

n – частота обертання при розсвердлюванні, об/хв.

$$N_{e} = \frac{601,87 \cdot 169,6}{9750} = 10,1 \text{ кВт},$$

3) розвертання \varnothing 100 мм

$$N_{e} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

де $M_{кр}$ - крутний момент при розвертанні, Н*м;

n – частота обертання при розвертанні, об/хв.

$$N_{e} = \frac{300 \cdot 85}{9750} = 2,6 \text{ кВт},$$

Результати розрахунків режимів різання при свердлінні:

$N_{max} = 10$ кВт; $n_{max} = 481$ об/хв; $n_{min} = 85$ об/хв.

Розрахунок режимів різання при розточуванні, фрезеруванні виконаний по тій же методиці та отримані наступні результати:

- при розточуванні $N = 15$ кВт

- при фрезеруванні $N = 30$ кВт

За отриманими даними вибираємо потужність ел. двигуна $N = 65$ кВт.

2.8 Проектування операційного технологічного процесу

Після складання маршрутного технологічного процесу, розрахунку припусків, визначення міжопераційних розмірів і допусків на них, виконання креслення заготовки, розробляють операційний технологічний процес виготовлення деталі.

При проектуванні технологічного процесу були використані більш сучасні верстати. Були використані більше технологічні конструкції різального інструменту, що дозволило застосувати більше прогресивні режими різання. Значну роль відіграє оснащення, тому використано спеціальне верстатне пристосування на свердлильній операції. Також використано універсальне контрольо-вимірювальне пристосування для контролю биття вінця колеса, що забезпечує високу точність вимірювання.

При виборі верстатного обладнання керувалися наступними умовами:

- розміри робочої зони даної моделі верстата повинні відповідати габаритним розмірам деталі;

- обрана модель повинна забезпечувати досягнення заданої точності обробки та шорсткості поверхні;

- мінімальний квалітет - 7, мінімальна шорсткість поверхні - Ra0,8 мкм;

- потужність, жорсткість та інші технологічні характеристики обладнання мають забезпечувати можливість використання раціональних режимів різання;

- продуктивність обраної моделі обладнання має забезпечувати задану програму випуску виробів;

- собівартість обробки деталі на обраній моделі обладнання повинна бути мінімальною.

За рахунок всього переліченого вище зменшується трудомісткість виробництва заданої деталі.

Спроектований технологічний процес має наступні переваги:

- Менший штучно-калькуляційний час на обробку деталі, що зменшує трудомісткість виробництва.

- Підвищення продуктивності праці.

- Зменшення матеріальних витрат на виробництво.

Основними видами технологічної документації на даному етапі є

операційні карти та ескізи технологічних налагоджень.

Ескізи технологічних налагоджень представлені в графічній частині роботи.

2.9 Вибір засобів і методів контролю

Контроль виробу відповідно до технологічного процесу здійснюється поопераційно. Кінцевий контроль проводиться у відділі технічного контролю (ВТК). В якості вимірювальних і контрольних інструментів при виготовленні деталі використовуємо:

для контролю зовнішніх діаметрів і ширини вінця на токарних операціях – калібри-скоби;

для контролю отворів на токарній і свердлильній операціях - гладкі калібри-пробки;

для контролю шліцевого отвору на протяжній операції – шліцеву калібр-пробку;

для візуального контролю параметрів шорсткості на шліфувальних операціях використовуємо зразки шорсткості.

Також було спроектовано універсальне вимірювальне пристосування для контролю торцевого биття, що значно підвищило точність вимірювання.

Принцип вимірювання калібрами-скобами полягає в контролі деталі прохідною та непрохідною сторонами калібру. При контролі деталі прохідна сторона (Р-ПП) калібру-скоби обмежує його найбільший граничний розмір. Деталь буде придатна, якщо прохідна сторона калібру проходить, а непрохідна не проходить через вимірювальну деталь, це означає, що дійсний розмір деталі знаходиться між його найбільшим та найменшим граничними розмірами.

Контроль шліцевої втулки здійснюють по проходженню через шліцевий отвір комплексного калібру. Його проходження означає, що

розміри зовнішнього D і внутрішнього d діаметрів втулки ширини впадини b не менше їх найменших граничних розмірів. Одночасно прохідний шліцевий калібр контролює також правильність розташування впадин втулки та допустимі відхилення форми від прямолінійності та паралельності щодо осі втулки. Для забезпечення цієї вимоги при розрахунку розмірів калібру враховують допустимі відхилення, як самих розмірів, так і відхилень форми та розташування шліців втулки.

Шліцевий калібр контролює тільки один діаметр втулки (d), по другому діаметру (нецентруючому), калібр має гарантований зазор.

Шорсткість поверхні контролюємо шляхом порівняння оброблених поверхонь зі зразками шорсткості.

Зразки шорсткості поверхні являють собою набори металевих брусків розміром 30x20 мм, закріплених в оправках гвинтами. Контроль обробленої поверхні роблять візуально, на око, або дотиком, проводячи нігтем поперек слідів обробки деталі та порівнюючи результати з результатами, отриманими аналогічно при дослідженні стандартних зразків. Матеріал стандартного зразка, форма його поверхні та метод обробки мають велике значення для більшої вірогідності контролю, тому зразки виготовляють із різних матеріалів (сталь, чавун) з різною формою поверхонь (плоска, циліндрична) оброблених різними способами при певних режимах (точіння, фрезерування, шліфування, стругання та ін.). Зразки, оброблені точінням, фрезеруванням, струганням, розвертанням, виготовляють незагартованими, а шліфуванням, поліруванням, - загартованими.

Контроль візуальним методом або дотиком забезпечує правильні результати для поверхонь із висотою нерівностей $Rz = 10...16$ мкм (6-8-й класи шорсткості). Параметри шорсткості таврують на зразку.

2.10 Розрахунок спеціального пристосування

У даній роботі в якості спеціального пристосування використовується

На підставці пристосування кріпиться пневмоциліндр із встановленим на ньому механізмом передачі затискного зусилля:

затискний елемент виконаний у вигляді рухомої призми з накладками; зусилля затиску передається на рухому призму через важільний механізм;

у пристосуванні передбачений регулювальний гвинт для керування величиною ходу рухомої призми.

у вихідне положення при розтиску призма повертається пружинами.

Принцип дії пристосування: закріплене на столі вертикально-свердлильного верстата болтами, розташованими в Т- подібних пазах.

Конструкція працює наступним чином. При надходженні стисненого повітря через штуцер 32 у порожнину, що перебуває під штоком 13, останній під дією тиску піднімається, і за допомогою пальця 12 повертає кривошип 11, що, у свою чергу передає затискне зусилля на L-подібний важіль, що здійснює зсув рухомої губки затиску 2.

При скиданні тиску з робочої порожнини пружини 18 повернуть призму у вихідне положення, що дасть можливість легко зняти заготовку.

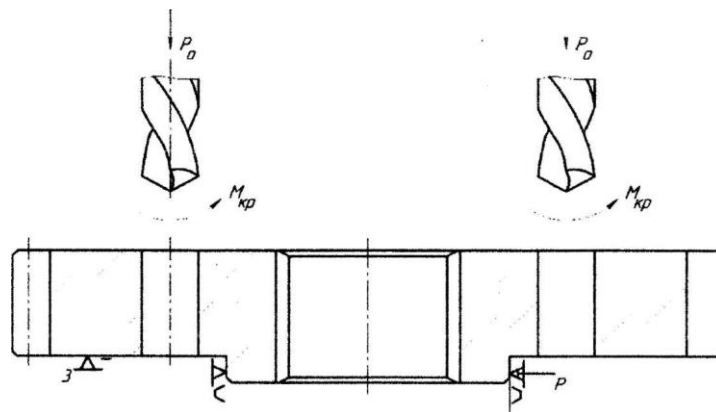


Рисунок 2.2 – Схема базування заготовки в пристосуванні та сили, що діють на заготовку

Визначаємо силу затиску по формулі для заданої схеми закріплення: У заготовці, встановленій в призмі одночасно обробляють кілька отворів при малій радіальній жорсткості інструмента:

$$P_3 = \frac{KM}{f_{зм} \cdot \frac{D}{2} + \frac{f_{оп} \cdot D}{2 \cdot \sin \alpha/2}}$$

де P_3 – сила закріплення;

$f_{оп}$ та $f_{зм}$ – коефіцієнти тертя в місцях контакту заготовки з опорами та затискачем відповідно;

K – коефіцієнт запасу;

$M = 103,5$ Н м – сумарний момент від двох свердл. Визначаємо коефіцієнт запасу K :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4,$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання, через можливі неметалічні включення в матеріалі заготовки;

$K_2 = 1,15$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

$K_4 = 1,3$ – коефіцієнт, що характеризує стабільність сил затиску, реалізовану затискним механізмом.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3 = 2,7$$

Призначимо коефіцієнти тертя:

$f_{оп} = f_{зм} = 0,16$ – контакт при затиску здійснюється по оброблених поверхнях заготовки.

$$P_3 = \frac{2,7 \cdot 103,5}{0,16 \cdot 0, \frac{14}{2} + \frac{0,16 \cdot 0,14}{2 \cdot \sin 90/2}} = 8268 \text{ Н}$$

У проектованому пристосуванні встановлений пневмопривід. Визначимо силу, що створюється пневмоприводом: $i = 6,7/20 = 3$ – передаточне відношення через важільний механізм, $W = 3P_3 = 24804$ Н

Визначаємо діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot p \cdot h}}$$

де D - діаметр циліндра, мм;

$p = 0,6$ МПа – робочий тиск;

$h = 20$ мм – хід поршня

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 24804}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 20}} = 52 \text{ мм}$$

Вибираємо стандартний пневмоциліндр із наступними параметрами:

- діаметр циліндра $D = 80$ мм;
- сила теоретична 30 кН;
- робочий тиск 0,6 Мпа.

Визначення похибки установки

Загальна похибка установки заготовки в пристосуванні визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{3.o.}^2}$$

де ε_{δ} – похибка базування;

$\varepsilon_{3.o.}$ – похибка від випадкових складових (зміна сили затискача, неоднорідність шорсткості бази).

При установці заготовки зовнішньою поверхнею в самоцентруючі призми і обробці отворів на торці

$$\varepsilon_y = \sqrt{0 + 6,6^2} = 6,6 \text{ мкм}$$

Складальне креслення верстатного пристосування показано на аркуші в графічній частині роботи.

2.11 Розрахунок і проектування контрольного пристосування

Деталь встановлюється на оправку, у робочу камеру пневмоциліндра подається повітря під тиском, відбувається фіксація деталі на оправці. Контроль торцевого биття здійснюється за допомогою індикатора 38 (тип ІГ-10) встановленого на штативі 3. Деталь плавно провертають і фіксують максимальне відхилення стрілки індикатора. Отримане значення торцевого биття не повинне перевищувати встановленого допуском 0,05 мкм.

Основним розрахунком пристосування є розрахунок на точність. Загальна похибка пристосування $\Delta_{\text{заг}}$ не повинна перевищувати допуску на вимірюваний розмір T_p .

Загальна похибка виміру розраховується за формулою:

$$\Delta_{\text{общ}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}$$

де Δ_1 – похибка установки на оправці; $\Delta_1 = 0,5T_{nl}$

Δ_2 – похибка установки на планці; $\Delta_2 = 0,5T_{nl}$

Δ_3 – похибка ціни поділки індикатора;

Тоді,

$$\Delta_{\text{заг}} = \sqrt{0,5 \cdot 0,015 + 0,5 \cdot 0,02 + 0,5 \cdot 0,005} = 0,0184 \text{ мм}$$

Допуск становить 0,05 мм.

Таким чином, умова $\Delta_{\text{заг}} \leq (0,0184 < 0,05)$ виконується, отже, контрольне пристосування відповідає пропонованим вимогам. Контрольно-вимірювальне пристосування представлено на аркуші графічної частини.

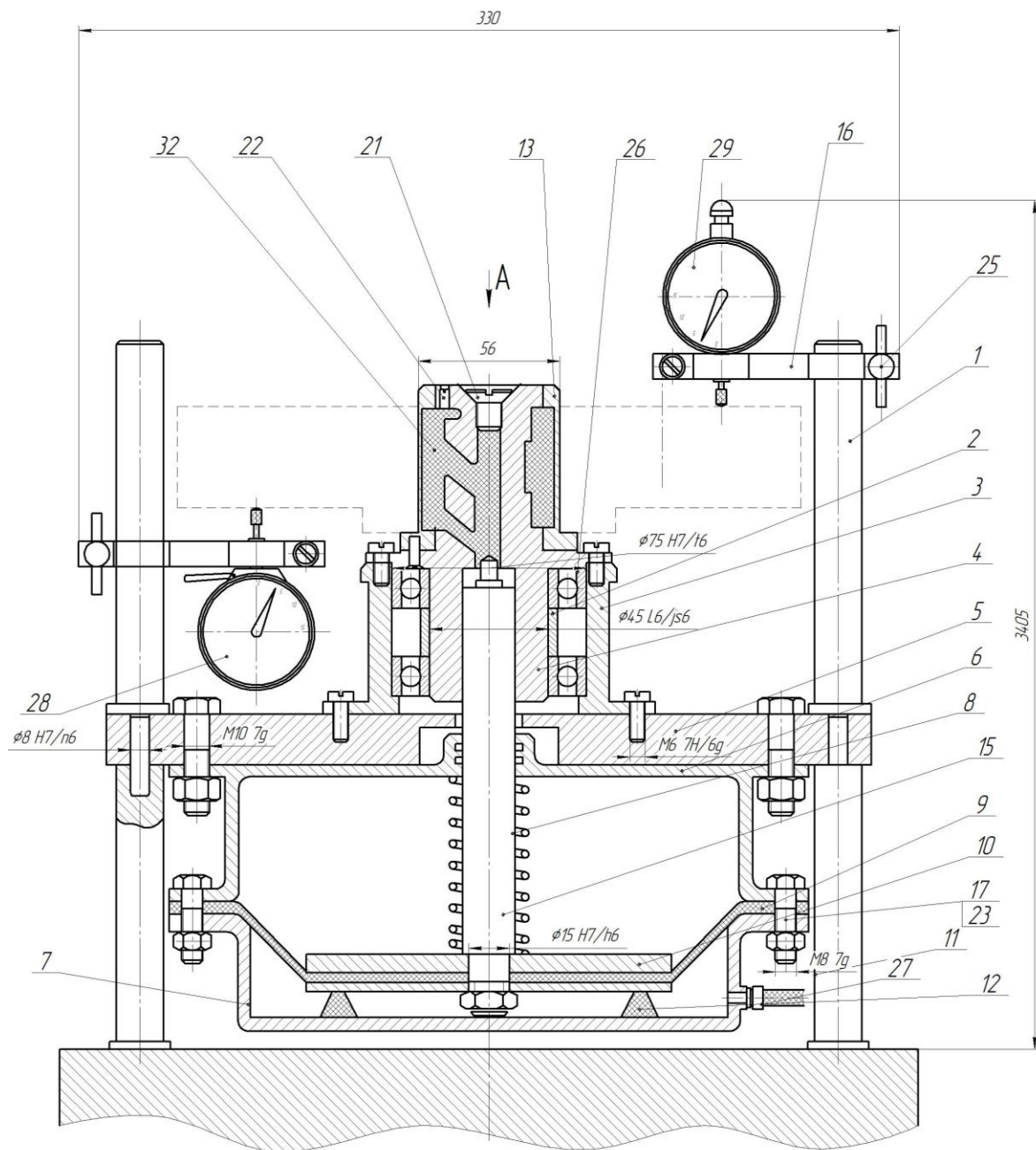


Рисунок 2.3 – Пристосування для контролю торцевого биття

Розроблене контрольне пристосування призначене для контролю торцевого биття зубчастого колеса на базовому та протилежному йому торцях.

3 ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1 Кінематика приводу головного руху верстата

З метою підвищення продуктивності верстатів з ЧПК, якість обробленої поверхні та стійкості інструмента в приводах головного руху широко використовуються регульовані двигуни постійного струму, які в сукупності з автоматичною переборною коробкою забезпечують безступеневу зміну частоти обертання шпинделя. Компактність приводу, покращені експлуатаційні властивості, малі габарити, і можливість дистанційного автоматичного керування зробили його основним варіантом, що рекомендують для більшості типів верстатів зі ЧПУ. В удосконалюваному верстаті такий двигун використаний у приводі головного руху. Верстат оснащений контурною системою числового програмного керування.

Привід головного руху верстата SKODA W 200 забезпечує основний параметр режиму обробки - швидкість різання. Крім того, механізм та електродвигун приводу сприймають основну частину навантаження, зумовленою силою різання. Привод має мати певну потужність, причому умови та можливості обробки різанням такі, що необхідно забезпечити сталість корисної потужності у всьому діапазоні регулювання частоти обертання шпинделя від $n_{\min}=0.8$ до $n_{\max}=900$ об/хв.

При регулюванні по діапазону до максимальної частоти обертання n_{\max} потужність на валу залишається постійною, діапазон регулювання невеликий для більшості типів двигунів.

$$D_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{900}{0.8} = 1125,$$

де D_n - загальний діапазон регулювання.

$$D_s = \frac{1000}{250} = 4,0, \quad \varphi_k = 4,0$$

$$D_{\text{кор}} = \frac{900}{3,2} = 280;$$

z_k - число щаблів у коробці:

$$z_k = \frac{\lg 280}{\lg 4} = 4,06$$

приймаємо $\varphi_k = 4,0$.

$$\varphi_k = \sqrt[4]{D_{кор}} = \sqrt[4]{280} = 4,09$$

приймаємо $\varphi_k = 4,0$, $\varphi_{ст} = 1,25$.

$N=65$ кВт; $M_{ном}=458$ Н/м; $n_{max}=4500$ про/хв; $n_{ном}=2000$ про/хв.

Проводимо кінематичний розрахунок головного привода:

$$\varphi_k = \frac{55}{28} \cdot \frac{52}{32} = 3,191$$

Частоти обертання для кожного ступеня коробки.

Максимальні:

$$n_{1max} = n_{дв max} \frac{32}{32} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{21}{82} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 4500 \frac{32}{32} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{21}{82} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 116,3 \text{ об/хв};$$

$$n_{2max} = n_{дв max} \frac{32}{32} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{74}{29} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 4500 \frac{32}{32} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{74}{29} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 1158,6 \text{ об /хв};$$

$$n_{3max} = n_{дв max} \frac{55}{28} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{74}{29} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 4500 \frac{55}{28} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{74}{29} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 2275,9 \text{ об /хв};$$

$$n_{4max} = n_{дв max} \frac{55}{28} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{21}{82} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 4500 \frac{55}{28} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{21}{82} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 228,41 \text{ об /хв};$$

Мінімальні:

$$n_{1min} = n_{дв ном} \frac{32}{32} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{21}{82} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 2000 \frac{32}{32} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{21}{82} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 51,69 \text{ об /хв};$$

$$n_{2min} = n_{дв ном} \frac{32}{32} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{74}{29} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 2000 \frac{32}{32} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{74}{29} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 514,94 \text{ об /хв};$$

$$n_{3min} = n_{дв ном} \frac{55}{28} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{74}{29} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 2000 \frac{55}{28} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{74}{29} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 1011,50 \text{ об /хв};$$

$$n_{4min} = n_{дв ном} \frac{55}{28} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{21}{82} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 2000 \frac{55}{28} \cdot \frac{24}{74} \cdot \frac{21}{82} \cdot \frac{28}{45} \cdot \frac{45}{90} = 101,52 \text{ об /хв};$$

Графік частот обертання привода головного руху показаний аркуші графічної частини роботи.

3.2 Принцип роботи та огляд конструкцій гідростатичних опор

Застосування безконтактних опор є ключовим напрямком у розробці та модернізації технологічного обладнання для покращення його основних характеристик: досягнення високої точності, збільшення терміну служби, підвищення демпфування. Серед великої кількості типів безконтактних опор, гідростатичні виокремлюються збалансованістю експлуатаційних властивостей, високою несучою здатністю, покращеним демпфуванням, малим супутнім тертям в опорі. Ряд показників, таких, як рівень несучої здатності, робить гідростатичні опори можливо єдиним типом безконтактних опор, бажаним до застосування у важких верстатах. У гідростатичних опорах значно менш виражена залежність несучої здатності від швидкості відносного переміщення поверхонь в опорі, що дозволяє застосування гідростатичних опор як у шпindelьних вузлах, так й у вузлах з малими відносними швидкостями переміщення, наприклад у напрямних.

Особливість гідростатичних опор в тому, що тиск масла між поверхнями тертя створюється за допомогою насоса, тому ці поверхні при роботі завжди розділені шаром масла. Масло від зовнішнього джерела підводиться через отвір 1 у кишеню 1к (рис. 3.1, а), у якій тиск масла однаково у всіх точках, оскільки глибина кишені $H=1...4$ мм. Кишеня оточена перемичками 2, шириною b_1 й b_2 і довжиною L_1 й L_2 , що запобігають вільному витіканню масла. Витікання масла, показане стрілками, має місце лише після того, як рухомий елемент 3 впливає на величину h_1 , і масло через щілину, що утворилася, по периметру кишені впливає назовні.

Зазор h_1 визначається об'ємом масла, що подається до кишені. Щоб цей зазор залишався постійним при даному навантаженні F_1 обсяг масла, що впливає з кишені, повинен рівнятися обсягу масла, що надходить у неї. Тиск p_1 у кишені встановлюється автоматично та залежить від навантаження F_1 на опору. При збільшенні навантаження тиск росте до величини p_2 , а товщина шару мащення зменшується до величини h_2 (рис. 3.1, а), причому насос

повинен забезпечити збільшення тиску в кишнях у робочому діапазоні навантажень. На перемичках тиск у міру віддалення від кишені знижується до атмосферного по лінійному закону.

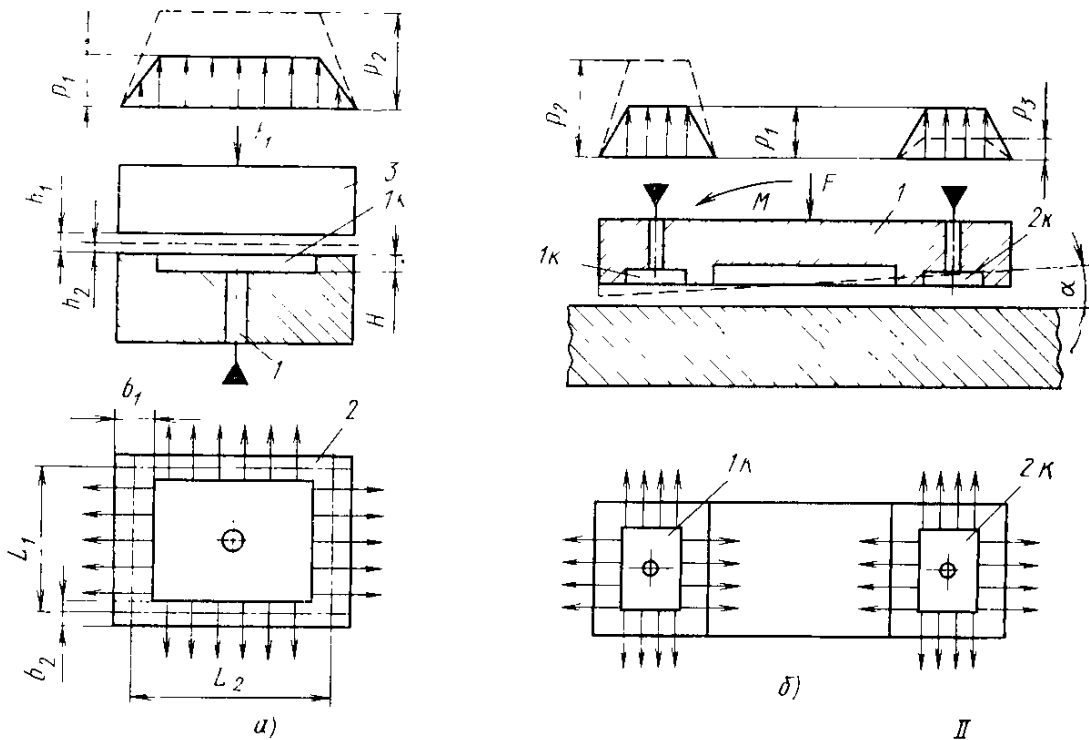


Рисунок 3.1 – Схеми гідростатичних опор:

а - одиначної; б - напрямної із двома кишнями.

Для забезпечення роботоздатності при різних навантаженнях, в тому числі при дії моментів, на кожній робочій поверхні опор передбачено кілька кишень (рис. 1, б), до кожної з яких масло підводиться від своєї системи живлення. При центральному навантаженні F в кишнях 1к і 2к встановлюються однакові тиски, пропорційні навантаженню. Під дією моменту M у цих кишнях встановлюються p_2 і p_3 , що обумовлені навантаженням на них. При цьому рухомий вузол 1 може нахилитися на кут α . Якщо передбачити на довжині ползки тільки одну кишню, то при перекосі ползки під дією моменту зміни тиску в кишені буде мати місце контакт робочих поверхонь навіть при невеликому навантаженні.

Велике значення мають системи живлення кишень, тому що вони істотно визначають характеристики опор. При системі живлення насос-

кишеня (рис. 3.2, а) у кожному кишеню опори незалежно від навантаження підводиться постійна кількість масла. При системі живлення із дроселями (рис. 3.2, б) достатньо мати один насос 1, що подає масло через дроселі 2 до кожної кишені. Тиск насоса повинне бути завжди більшим тиску P кожним з кишень: $p_n > p_i$. Дроселі, на яких відбувається падіння тиску від p_n до p_i , потрібні для того, щоб при навантаженні на кишені $1K \dots 4K$ тиски в них не могли вирівнятися.

Опір дроселів R_d не залежить від тисків p_n та p_i . В системі живлення з регуляторами (рис. 3.2, в) опір R_p кожного з них визначається тиском $p_1 \dots p_4$ у кишені, зменшуючись зі збільшенням тиску. Це забезпечує сприятливий (з урахуванням характеру навантаження) розподіл витрат по кишенях, що підвищує жорсткість масляного шару.

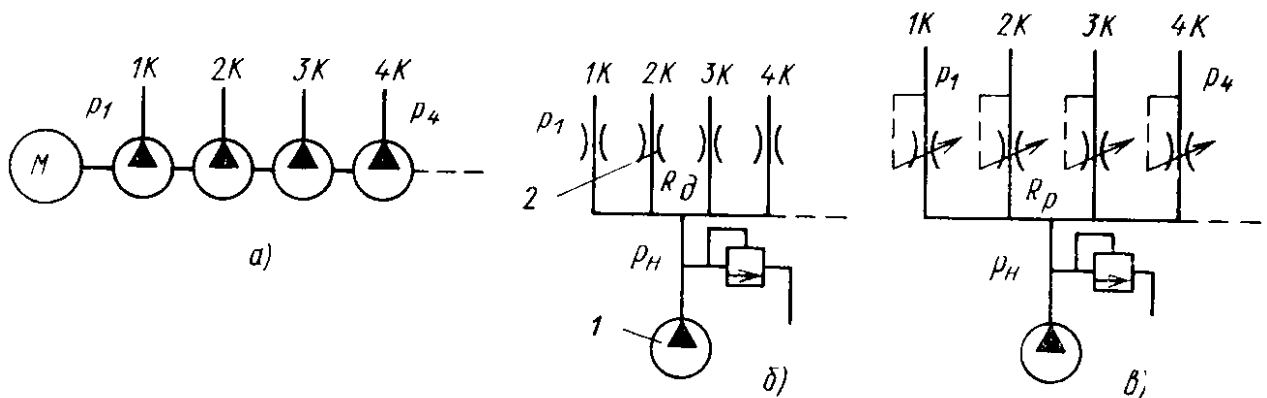


Рисунок 3.2 – Системи живлення типу насос-кишеня (а), дросель-кишеня (б) і регулятор-кишеня (в)

Зміна товщини плівки (рис. 3.3) залежить від прийнятої системи живлення. Можна так підібрати характеристики регулятора, що жорсткість масляного шару буде нескінченно великою або навіть «негативною», коли зі зростанням навантаження зазор в опорі h збільшується.

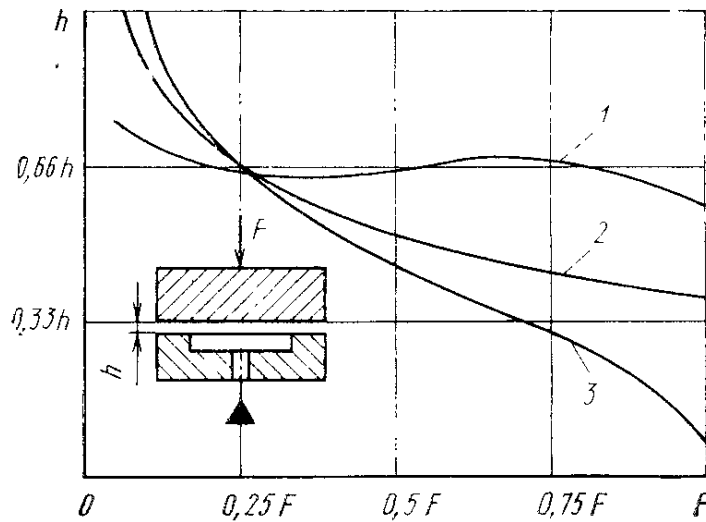


Рисунок 3.3 - Зміна товщини масляної плівки в опорі в системах живлення з регуляторами (1); системи насос-кишеня (2) і дросельної (3)

Гідростатичні опори можуть мати плоску, циліндричну, конічну, сферичну, гвинтову та іншу форми, однак найбільше часто застосовують опори із плоскою або циліндричною формою, тому що забезпечити високу еквідистантність складних поверхонь, розділених шаром мастильного матеріалу, складно.

При невеликому діапазоні навантажень (рис. 3.4), що діють на вузол верстата, застосовують розімкнуті напрямні, тому що їх виготовлення простіше, ніж замкнутих. Останні забезпечують підвищену жорсткість масляного шару завдяки додатковому попередньому навантаженню, додаткової 2 при підведенні до неї масла під тиском. Її площа, а отже, і несуча здатність часто менше, ніж в основної 1 напрямної. Звичайно на поверхні напрямних рухомого вузла, наприклад полозка 3, передбачають дві або більше кишені, які можуть бути відділені дренажними канавками 4.

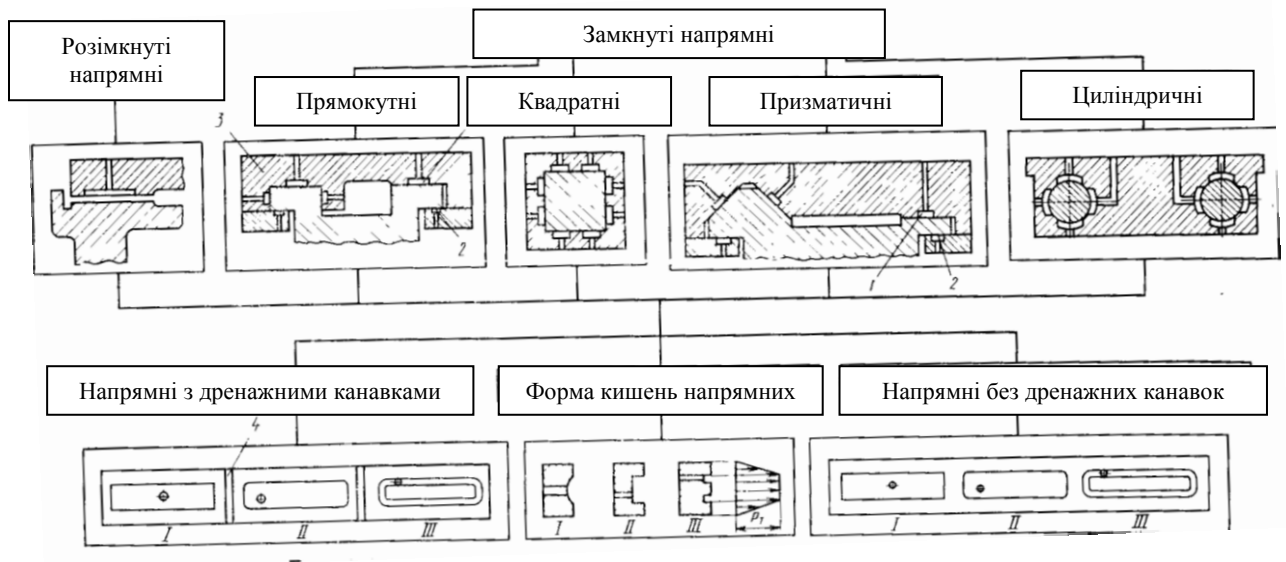


Рисунок 3.4 - Класифікація напрямних поступального переміщення

Напрявні можуть мати форму квадрата, прямокутника (для повзунів) або циліндра. Форма кишень (I, II, III на рис. 3.4) залежить від розмірів верстата та умов роботи. З точки зору надійності та підвищеного демпфування найкращою є III форма кишень у вигляді замкнутої канавки. Для виключення перекосу рухомого вузла передбачають, як правило, дві опори.

Серед передач зі складною геометричною формою сполучених профілів застосовують передачі черв'як-рейка та гвинт-гайка (по довжині гайки розташовують кілька кишень), щоб зменшити вплив місцевих похибок робочих поверхонь гвинта та гайки на роботоздатність передачі. Звичайно кишень, розташована на гайці, обмеженій кутом 2π , а на всій довжині гайки передбачено декілька кишень. Підведення масла до кожної кишень здійснюється від дроселя 3, а відвід масла - по каналах 1 та 2.

Використовують дві схеми передачі черв'як-рейка: з кишнями на черв'яку та з кишнями на рейці. В обох випадках система мащення вимагає встановлення розподільника, який забезпечує живлення маслом ділянки передачі, що перебуває в даний момент у зачепленні.

3.3 Розрахунок гідростатичних напрямних

Розрахунок гідростатичних напрямних по наведеній вище схемі вимагає знання мас рухомих вузлів верстатів, координати їх центра ваги, величини та напрямки сил різання, що виникають при обробці деталей. Все це ускладнює розрахунок гідростатичних напрямних, але є необхідним для випадків, що вимагають високого ступеня точності, і при проектуванні напрямних нових верстатів.

При модернізації, коли визначити вищевказані величини досить складно, доцільно розрахунок гідростатичних напрямних можна проводити за наближеною методикою розрахунку. При цьому використовувати значення експлуатаційних параметрів.

Аналіз результатів, отриманих при розрахунках на ЕОМ гідростатичних упорних багатокамерних підшипників у формі прямокутників, дозволяє рекомендувати порівняно простий порядок розрахунку, що полягає в наступному:

визначаємо по технічній документації або при роботі краном вагу рухомих вузлів верстата;

розраховуємо загальну площу напрямних

$$F_{напр} = F_1 + F_2 + \dots + F_n,$$

де $F = AB$

тут A – довжина розглянутої напрямної (мал. 3.1);

B – ширина розглянутої напрямної;

визначаємо середній питомий тиск на напрямні, у припущенні рівномірного розподілу навантаження по них :

$$P = \frac{W}{F_{напр}};$$

визначаємо тиск у камерах підведення мастильного матеріалу

$$p_0 = \frac{P}{K_W};$$

де K_W – безрозмірний коефіцієнт несучої здатності.

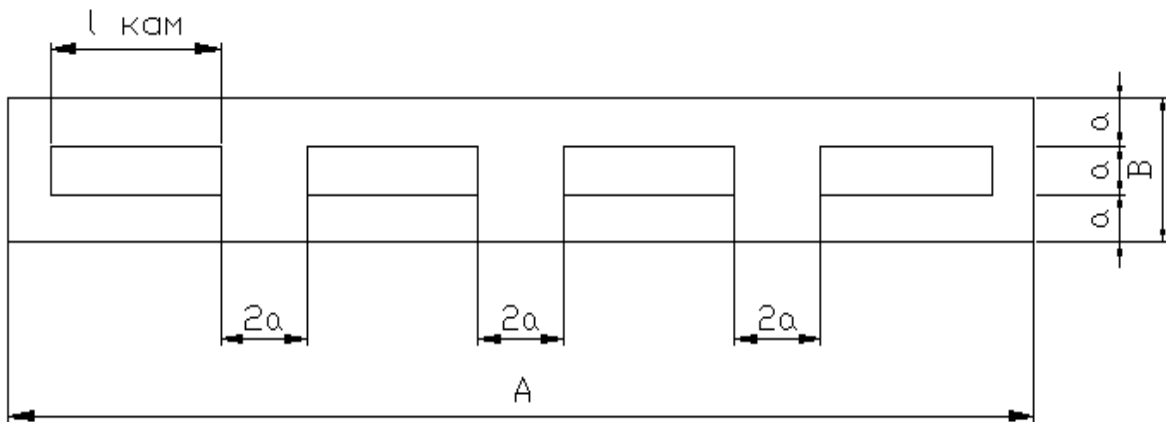


Рисунок 3.5 - Розрахункова схема гідростатичних напрямних

Для прямокутних напрямних з відношенням ширини камер до ширини самої напрямної 0,33 величина безрозмірного коефіцієнта несучої здатності $K_W = 0,6$. Тут мається на увазі відношення $B/A > 1$, а довжина камери $l_{кам} \approx 500...600 \text{ мм}$.

Знаючи тиск у камерах підведення мастильного матеріалу, у припущенні рівномірного розподілу навантаження по напрямній, визначаємо тиск у системі живлення, тиск, що повинен дати насос

$$P_{насоса} = 2 \cdot p_0,$$

Необхідно мати межі регулювання мембранного регулятора витрат однакові як "верх", так й "низ". Отже, тиск насоса буде рівним:

$$P_{насоса} = 3,4 \cdot p_0.$$

З огляду на гідравлічні втрати в системі живлення, а також ККД насоса, отримаємо величину необхідного тиску, на яку повинен бути відрегульований запобіжний клапан

$$P_{системи} = P_{насоса} = 4 \cdot p_0;$$

величина витрат мастильного матеріалу визначиться як сума витрат:

$$Q = \sum_{s=1}^n Q_s = \sum_{s=1}^n \frac{h_0^3}{\mu} p_c K_{Q\Gamma_0},$$

де n – число напрямних;

K – число камер в одній напрямній;

h_0 – бажана товщина мастильного матеріалу, що розділяє поверхні ковзання;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості;

$K_{Q\Gamma_0}$ – безрозмірний коефіцієнт, що характеризує витрати мастильного матеріалу.

Потужність електродвигуна визначається як

$$N = p_c Q.$$

При модернізації фрезерно-розточувального верстата SKODA W 200 було встановлено, що за паспортним даними питоме навантаження, у припущенні його рівномірного розподілу по напрямних дорівнює 10^6 Н / м^2 , мастильний матеріал має коефіцієнт динамічної в'язкості при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (293 К), $\mu_{20} = 0,06 \text{ н} \cdot \text{сек} / \text{м}^2$, число напрямних $n=6$, $K=4$.

Безрозмірні коефіцієнти несучої здатності та витрати мастильного матеріалу для $h=\text{const}$ складали $K_W = 0,6$, $K_{Q\Gamma_0} = 12$, звідки:

тиск у камерах підведення мастильного матеріалу згідно

$$p_0 = 10^6 \text{ Н / м}^2 \cdot 1,67 = 1,67 \cdot 10^6 \text{ Н / м}^2;$$

тиск у системі живлення

$$p_c = P_{\text{насоса}} = 4 \cdot 10^6 \text{ Н / м}^2.$$

Величина витрат мастильного матеріалу

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{s=1}^6 4 \frac{(3 \cdot 10^{-5} \text{ м})^3}{0,06} \cdot 1,67 \cdot 10^6 \text{ Н / м}^2 \cdot 8 = \\ &= 6 \cdot 4 \cdot \frac{27 \cdot 10^{-15}}{6 \cdot 10^{-2}} \cdot 1,67 \cdot 10^6 \cdot 8 = 14,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{сек} = 12,9 \text{ л / хв} \end{aligned}$$

Вибираємо насос продуктивністю 18 л/хв, тому що 5 л/хв необхідно для мащення редуктора та черв'ячного вінця.

Потужність насоса

$$N_{\text{насоса}} = 4 \cdot 10^6 \cdot 14,4 \cdot 10^6 = 57,6 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{сек} < 0,6 \text{ кВт}.$$

3.3 Керування живленням гідростатичної опори

Одним з найважливіших показників, що покращують застосуванням гідростатичних опор є ступінь демпфування в опорі. Їх застосування в напрямних технологічного встаткування, зокрема металорізальних верстатів, дозволяє досягти більш високої точності і якості поверхні при обробці, при цьому, відсутність безпосереднього контакту поверхонь, і як наслідок зношування, робить характеристики точності стабільними протягом значного терміну служби верстата.

Природно, подібні переваги досягаються через значне ускладнення та подорожчання конструкції, зокрема введенням систем живлення опор, збору, фільтрації та кондиціонування мащення. Забезпечення правильної роботи, збереження точнісних показників верстата вимагає кваліфікованого обслуговування.

Необхідно відзначити, що багато якісних показників верстатів, у яких застосовуються гідростатичні опори, прямо залежать від конструкції, а також, точного та безаварійного функціонування системи живлення цих опор. Звичайно розділяють два типи систем живлення: насос - кишеня та дросельна система.

Варто звернути увагу на необхідність точного підлаштування витрат через дроселі при дросельній системі живлення, а також синхронізації роботи насосів при системі живлення насос - кишеня.

При використанні дросельної системи живлення з фіксованим налаштуванням дроселів, поза залежністю від їх конструктивного виконання, завжди будуть мати місце явища зміни їх опорів у процесі

роботи, тому що, навіть при ретельній фільтрації, у маслі завжди залишається значна кількість сторонніх часток та абразивних домішок. Причиною, що впливає на зміну дросельного співвідношення (відношення тиску в кишені до тиску насоса), може бути також нерівномірне зношування перемичок, що обмежують кишеню. Ризики на перемичках, теплові деформації деталей викликають перерозподіл зазорів, зміна тисків у кишенях і знижують експлуатаційні характеристики напрямних. Система живлення з постійним дросельним відношенням не може забезпечити компенсацію цих параметрів. Крім того, і забезпечення оптимального дросельного відношення (тиску в кишені до тиску насоса) теж завдання не просте. Усунення причин, що викликають зміни дросельного співвідношення в процесі роботи гідростатичної опори є складною й не завжди здійсненою традиційними методами задачею.

У цілому ряді випадків скасувати постійний контроль за видатковими характеристиками, станом і чистотою дроселів у системах живлення замкнених гідростатичних напрямних дозволить застосування системи живлення з адаптивним керуванням.

Застосування систем живлення гідростатичних опор з адаптивним керуванням дозволить забезпечити автоматичне встановлення дросельного співвідношення незалежно від розглянутих вище причин. Застосування адаптивних систем живлення (АСЖ) дозволяє значно спростити налагодження та наступну експлуатацію верстатів з гідростатичними опорами, дозволяє стабілізувати експлуатаційні параметри опор незалежно від умов експлуатації. При цьому крім підвищення експлуатаційних параметрів зростає надійність роботи та виключається ймовірність неправильного налаштування дроселів, тому що потрібне дросельне співвідношення забезпечується автоматично. Опір дроселів АСЖ змінюється синхронно зі зміною середнього значення опору кишень. Внаслідок взаємного переміщення елементів, що утворюють дросельну щілину, будь-які відкладення, що засмічують дросель легко руйнуються. Застосування АСЖ

дозволяє істотно зменшити контроль за системою живлення та забезпечити кращі характеристики несучої здатності та жорсткості опори. Принципова схема АСЖ показана на наступному рисунку. Тут живлення протилежних кишень 1 і 2 забезпечується від пристрою з рухомим поршнем. Площі $S_{п1}$, $S_{п2}$, $S_{п3}$ торців поршня, що утворюють робочі порожнини пристрою, підбирають таким чином, щоб забезпечити необхідне співвідношення між підведеним тиском P_H і тисками P_1 й P_2 у кишнях.

$$P_H S_{п3} = P_1 S_{п1} + P_2 S_{п2}$$

Площі $S_{п1}$, $S_{п2}$, $S_{п3}$ можуть мати різні значення залежно від конкретного конструктивного виконання.

Дроселями (типу діафрагма) у пристрої служать отвори.

При $S_{п1} = S_{п2} = S_{п3}$ досягається максимальна жорсткість напрямних, кишені яких мають однакові параметри. Однак, АСЖ подібної конструкції можна застосувати й у системі живлення замкнутих напрямних, у яких ефективні площі кишень різні, що характерно для більшості випадків застосування гідростатичних напрямних у верстатах. При цьому спрощується конструкція (вона стає універсальною для різних співвідношень площ напрямних), єдина конструкція позитивно позначається на вартості верстата, спрощується процес налаштування та експлуатації таких напрямних.

Як порівняння можна також прийняти площі диференціального поршня $S_{п1}$ і $S_{п2}$ пропорційними площам основної та додаткової напрямних (більшої площі кишені напрямних відповідає більша площа диференціального поршня у видаткових порожнинах), що, безсумнівно, є найбільш позитивним для отримання найкращих характеристик напрямних. Також можливий випадок, коли площі диференціального поршня обернено пропорційні площам основної та додаткової напрямних (більшої площі кишені напрямних відповідає менша площа диференціального поршня).

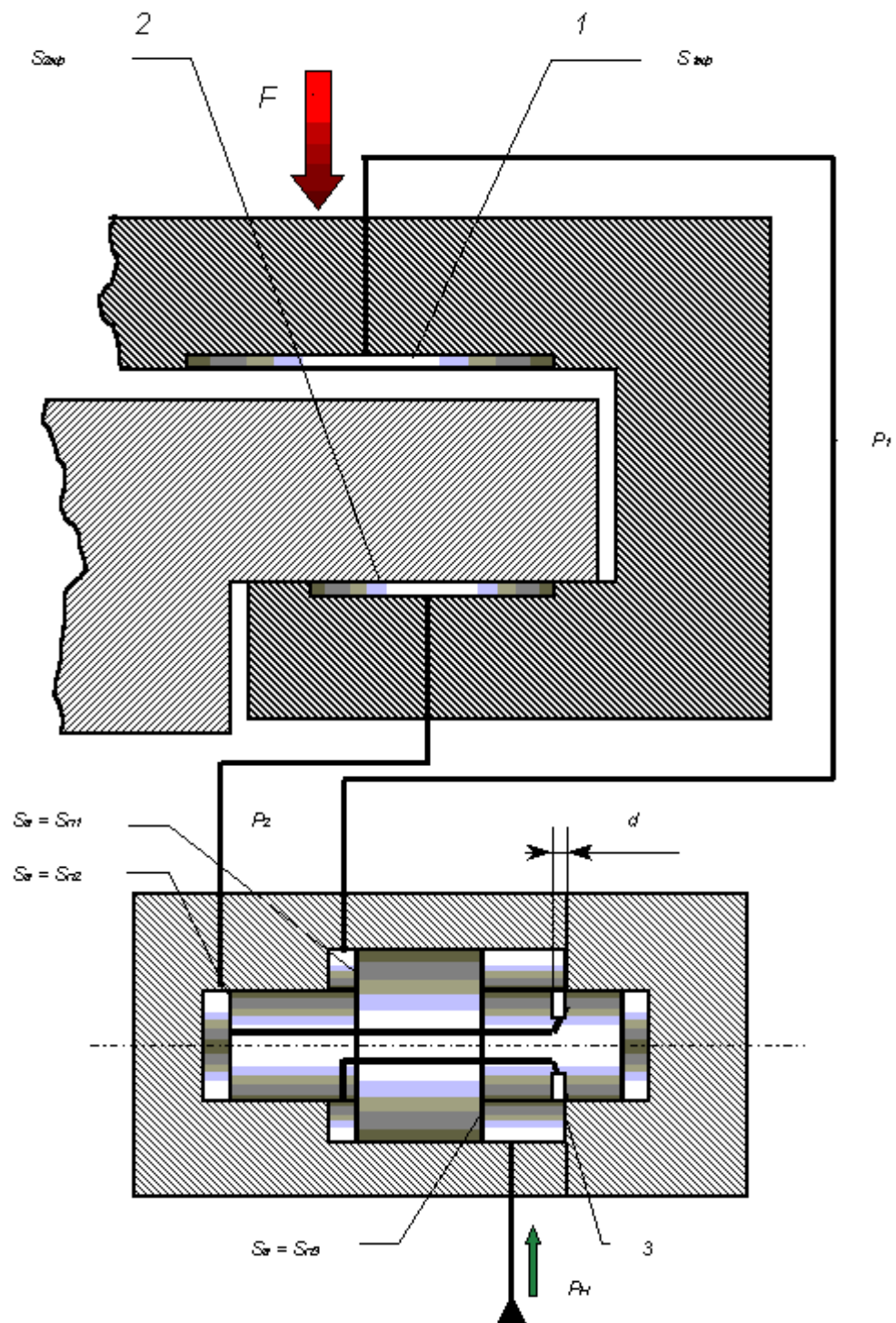


Рисунок 3.6 - Принципова схема адаптивної гідростатичної опори

Такі опори мають наступні особливості експлуатації:

Максимальна жорсткість і несуча здатність забезпечується АСЖ із площами поршня, пропорційними ефективним площам напрямних, а мінімальну при площах поршня АС, взятих обернено пропорційним площам напрямних. АСЖ із рівними площами (варіант єдиного виконання системи

живлення) забезпечує проміжні значення зазначених параметрів. При цьому, у порівнянні із пропорційною АСЖ, жорсткість знижується максимум на 20 - 25 %, несуча здатність на 15 - 20 %. Для випадку з обернено пропорційними площами погіршення характеристик становить більш помітну величину.

Ефективність застосування в гідростатичних напрямних АСЖ зростає в міру зменшення значення коефіцієнта співвідношення ефективних площ кишень K_s

Можна рекомендувати застосування системи живлення з адаптивним керуванням єдиного конструктивного виконання (виконання з рівними площами диференціального поршня) для замкнутих напрямних, площі кишень яких відрізняються не більш, ніж в 2 - 3 рази. При цьому істотно знижуються витрати на проектування, виготовлення та налаштування системи живлення, внаслідок застосування єдиного модуля АСЖ для всіх напрямних, що мають як однакові, так і різні площі кишень.

3.5 Конструкція і принцип роботи безлюфтового редуктора приводу переміщення стійки

Редуктор призначений для поздовжнього переміщення стійки.

Особливістю редуктора є наявність пристрою усунення зазору для забезпечення роботоздатності слідкуючого привода системи ЧПК та покращення динамічних властивостей привода.

Редуктор являє собою двоступеневу зубчасту передачу, друга ступень якої розділена на дві паралельних гілки, між якими за допомогою спеціального пристрою створюється попереднє зусилля натягу.

Редуктор складається з корпусу, на якому встановлюється двигун. Первинним валом у редукторі є вал у двигуні. Крутний момент із вала двигуна через зубчасту пару 25/105 з обмеженим бічним зазором передається на другий вал. Другий вал має складну конструкцію: він складається із двох співвісних втулок, з'єднаних між собою за допомогою голчастих

підшипників. Обидві втулки мають однакові зубчасті вінці. Колесо першого ступеня $Z=100$ жорстко зв'язане із зовнішньою втулкою, за допомогою посадки з натягом. За допомогою пристрою виборки зазору здійснюється взаємний проворот втулок із зубчастими вінцями. Кожен зубчастий вінець входить у зачеплення з колесами вихідних валів, на яких також розміщені тягові шестерні, взаємодіючі із зубчастою рейкою. За рахунок взаємного закручування двох паралельних гілок другої ступені здійснюється виборка зазору.

Пристрій виборки зазору складається із хрестовини, що жорстко зв'язана із внутрішньою втулкою. На хрестовині є чотири різьбових натяжних, які взаємодіють із пальцями, встановленими на колесі $Z=100$ другої ступені. За рахунок зкручування гайок - натяжних здійснюється взаємний проворот втулки щодо внутрішнього колеса і як наслідок виборка зазору. На хрестовині є шкала для встановлення величини попереднього натягу.

Спроекований безлюфтовий редуктор приводу переміщення стійки показано в графічній частині роботи.

3.6 Перевірочні та проектні розрахунки деталей і механізмів безлюфтового редуктора

Проектувальний і перевірочний розрахунок валів

1. Передаточні відношення коробки швидкостей:

$$i_1 = \frac{35}{100} = 0,35; i_2 = \frac{25}{105} = 0,238$$

2. Основні частоти редуктора подач:

$$n_1 = n_1 i_1 = 1,25 \cdot 0,35 = 0,434 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$n_2 = n_2 i_2 = 0,434 \cdot 0,23 = 0,11 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

3. Передані потужності моменти в передачах:

$$P_1 = P_1 \cdot \eta_{\text{подш.}} \cdot \eta_{\text{зуб}} = 10 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,95 = 9,125 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_2 \cdot \eta_{\text{подш.}} \cdot \eta_{\text{зуб}} = 9,125 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 8,76 \text{ кВт.}$$

$$T_1 = 9550 \frac{P_1}{n_1} = 9550 \cdot 9, \frac{125}{2000 \cdot 0,35} = 125 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_2 = 9550 \frac{P_2}{n_2} = 9550 \cdot 8, \frac{76}{2000 \cdot 0,35 \cdot 0,238} = 502 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Перевірочний і проектний розрахунки зубчастих зачеплень проведено у розрахунковому пакеті APMWinMachine за критерієм максимально переданого моменту.

Розрахунки показали, що допустимі контактні та згинні напруження більші діючих, отже зубчасте зачеплення є роботоздатним.

Перевірочний розрахунок вихідного вала

Зробимо розрахунок самого навантаженого вала (вихідний вал) в програмному продукті APMWinMachine.

Для цього складемо розрахункову схему мал. 3.7.

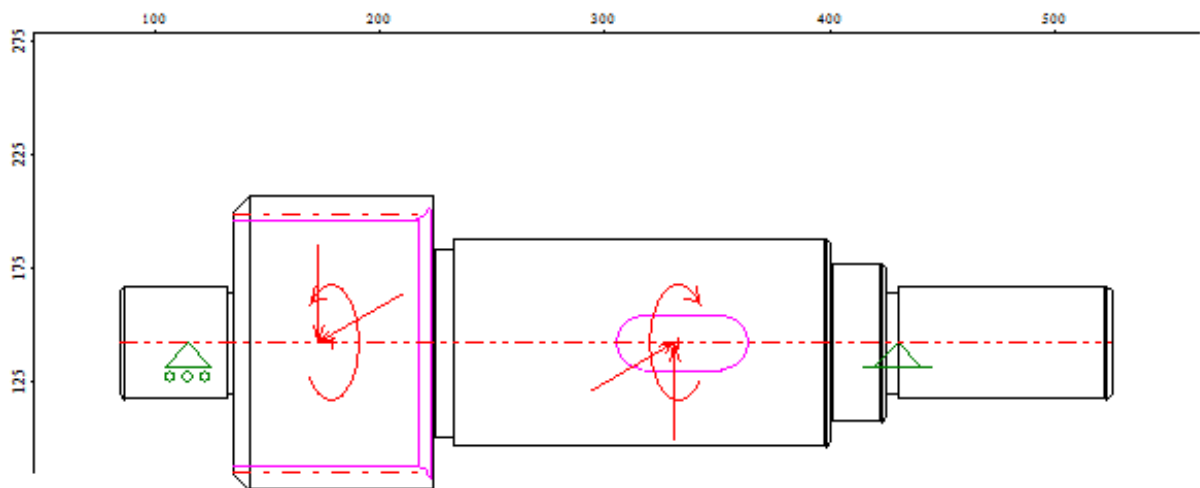
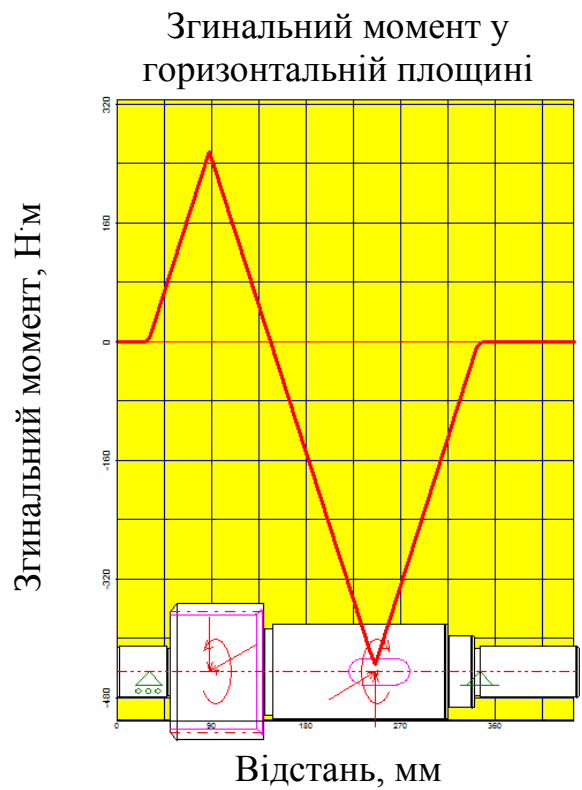
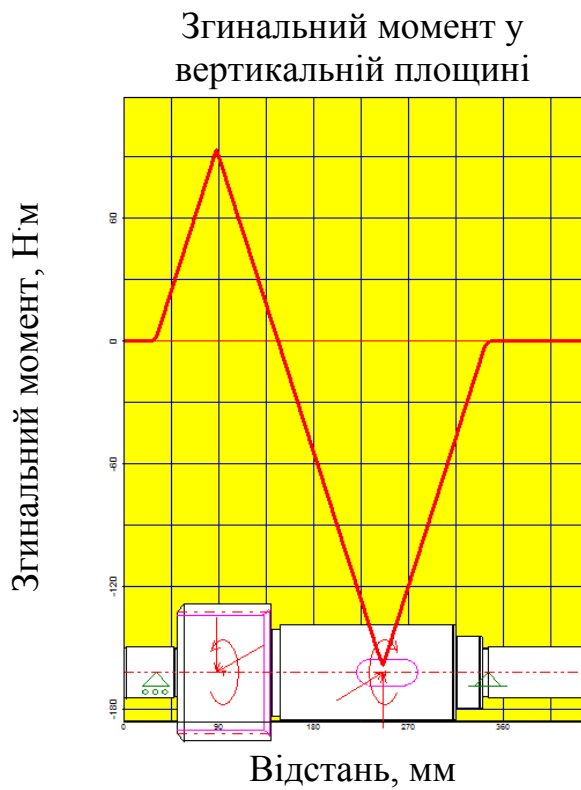
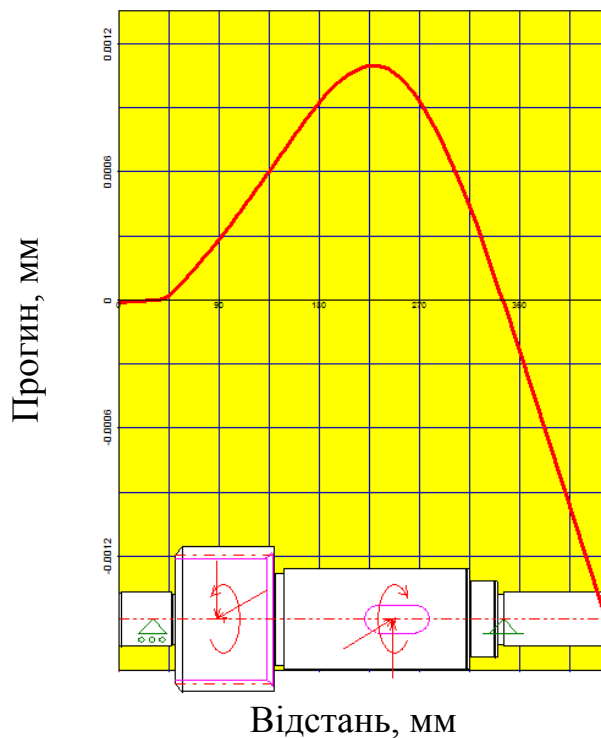


Рисунок 3.7 – Розрахункова схема вала

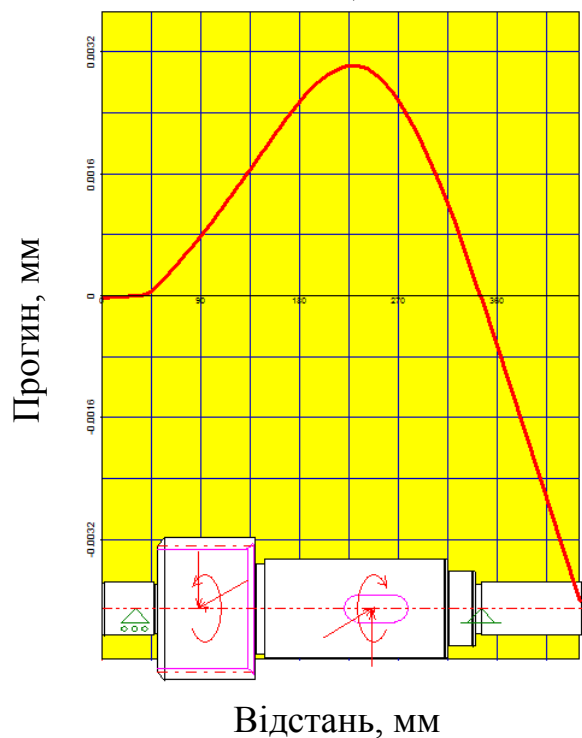
Отримані результати наведено на рисунках 3.8 – 3.10.



Зміщення у вертикальній площині



Зміщення у горизонтальній
площині



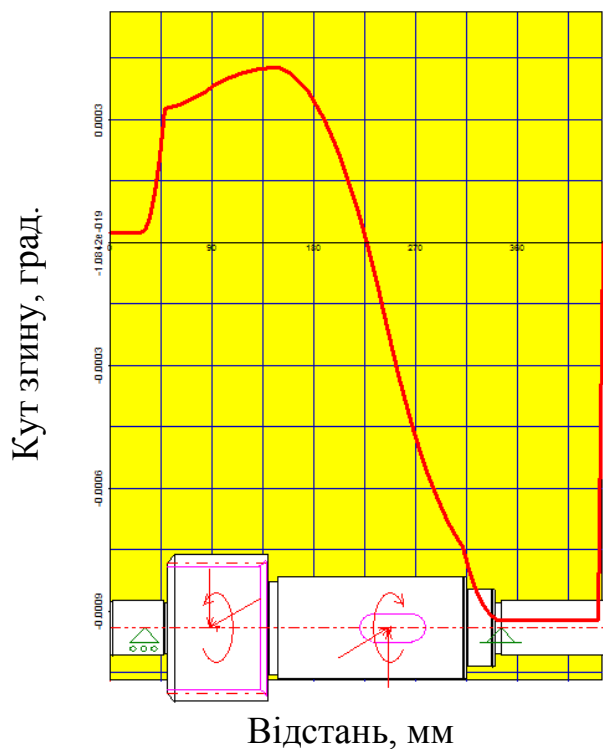
Малюнок 3.8 - Епюри згинальних моментів і прогину у площинах

З розрахунків видно, що максимальний прогин вала

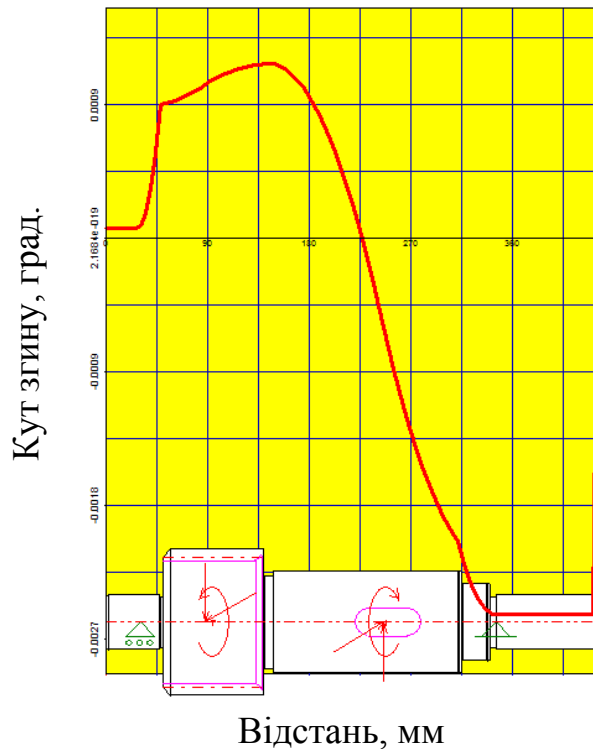
$$f_{\max} = \sqrt{f_{\max \text{ гор.}}^2 + f_{\max \text{ верт.}}^2} \leq 0.03 \text{ м}, \quad f_{\max} = \sqrt{0,012^2 + 0,032^2} = 0.034 \text{ мм} < 0.09 \text{ мм}, \text{ що}$$

відповідає допустимим нормам.

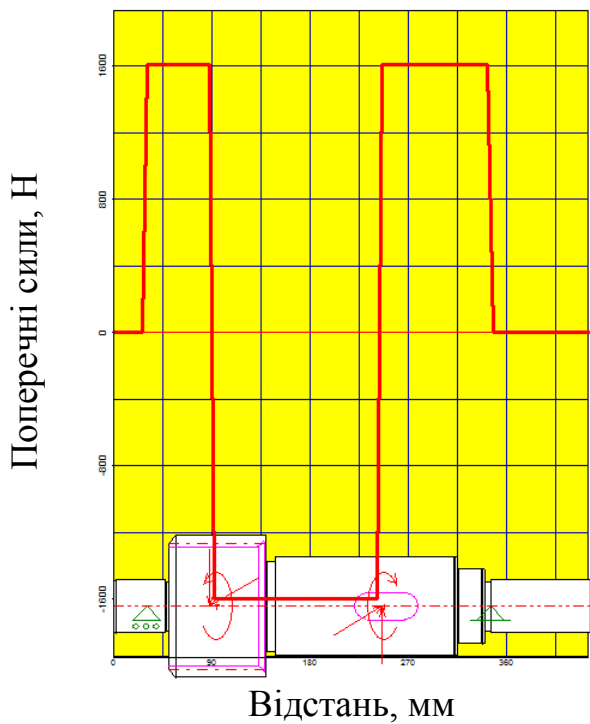
Кут згину у вертикальній площині



Кут згину у горизонтальній площині



Поперечні сили у вертикальній площині



Поперечні сили у горизонтальній площині

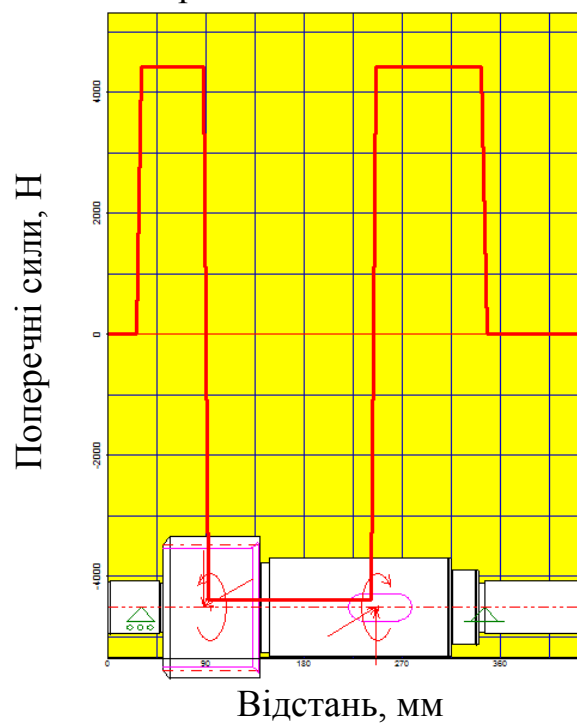


Рисунок 3.9 – Кути згину та поперечні сили на вихідному валу

Кути закручування вала відповідають нормованому показнику кінематичної точності приводу переміщення горизонтально-розточного верстата підвищеної точності.

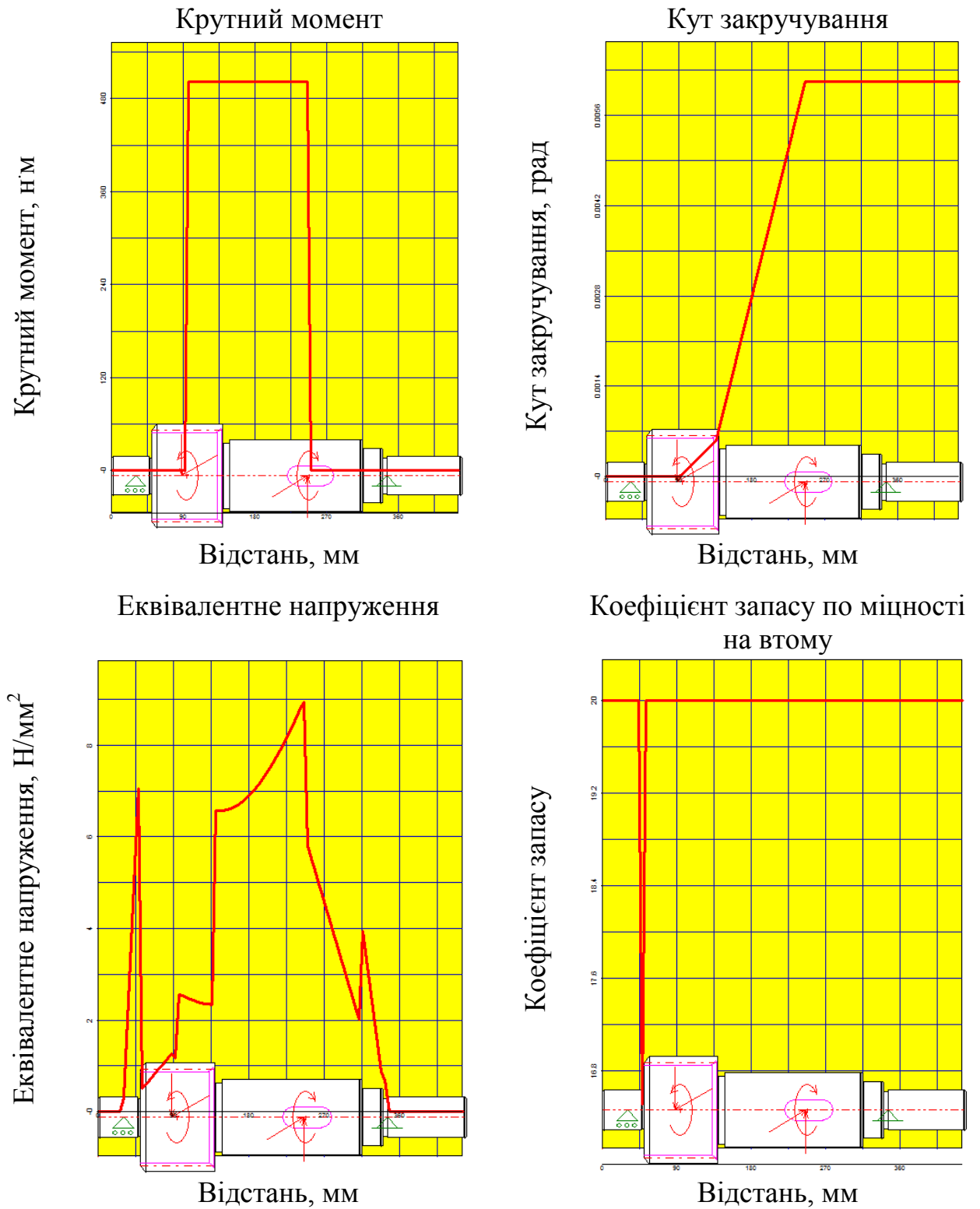


Рисунок 3.10 – Графіки крутних моментів на валу, еквівалентних напружень і коефіцієнтів запасу по міцності на втому

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

При холодній обробці металів на токарно-розточному верстаті SKODA W200G на людину діє цілий комплекс небезпечних і шкідливих факторів («Небезпечні й шкідливі виробничі фактори. Класифікація»)

До потенційних небезпечних факторів верстата відносять:

- небезпека контакту зі стружкою, що відлітає із зони різання;
- небезпека контакту з рухомими частинами обладнання налагодження верстата, ремонту або зміні інструмента;

- нагріванні поверхні інструменту, заготовки;

- велика напруга в силовій електромережі та статична напруга;

- транспортне, підйомно-транспортне обладнання.

До потенційних шкідливих факторів верстата відносять:

- підвищення або зниження температури;

- недоліки освітлення, підвищена яскравість світла і пульсація світлового потоку;

- підвищена вібрація;

- збільшення концентрації нафтових масел в МОТС;

- напруженість зору при роботі на пульті керування (ПК) ;

- монотонність робіт.

Таким чином, необхідно розробити заходи щодо захисту працюючих від небезпечних і шкідливих виробничих факторів і зменшення впливу шкідливих виробничих факторів.

4.2 Розробка заходів щодо забезпечення виробничої санітарії

Забезпечення якості повітря робочої зони

Вимоги до повітря робочої зони наведені в «Загальні технічні, санітарно-технічні вимоги до повітря робочої зони», ДСН 3.3.6.042-99

«Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», що виконують наступні вимоги:

- 1) організація загальної обмінної вентиляції;
- 2) організація місцевої вентиляції на місцях скупчення пилю, дрібної стружки, шкідливих парів і газів;
- 3) організація опалення приміщень у холодний період року.

Робота на металорізальному верстаті супроводжується відділенням стружки. При використанні для охолодження різального інструменту мінерального масла або емульсії виділяються аерозолі цих речовин. Для видалення з виробничих приміщень аерозолів передбачається місцева й загальнообмінна вентиляція.

Відповідно встановлюються оптимальні та допустимі параметри мікроклімату для робочої зони:

- 1) оптимальна температура для холодного періоду 17° - 18°C , а для теплого 20° - 22°C ;
- 2) відносна вологість 40-60%;
- 3) швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с.

Захист від шуму, вібрації та випромінювання.

Рівень шуму верстата ($L=75\text{дБ}$) не перевищує припустиме значення ($L_n=80\text{ дБ}$) відповідно до «Шум. Загальні вимоги безпеки», ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Корегований еквівалентний рівень вібрації на верстаті не перевищує 92 дБ відповідно до вимог ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

Організація висвітлення приміщень.

Вимоги до освітлення наведені в ДБН В. 2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення». Природне та штучне висвітлення виробничих приміщень повинне відповідати вимогам.

Для місцевого освітлення використовуються світильники з не просвічуваними відбивачами із захисним кутом не менш 30° , передбачаються

заходи щодо зниження відбитого блиску. Освітленість на пульті керування повинна бути не менш 400лк.

4.3 Розробка заходів щодо забезпечення технічної безпеки

Вимоги до виробничого встаткування

Відповідно до «Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки.», безпека встаткування повинна забезпечуватися:

1. Вибором принципів дії конструктивних схем безпечних елементів конструкції.
2. Застосуванням конструкції засобів механізації, автоматизації і дистанційного керування.
3. Застосуванням у конструкції засобів захисту.
4. Виконанням ергономічних вимог.
5. Виконанням вимог безпеки в технологічній і конструкційній документації по монтажу, експлуатації, ремонту і транспортуванню.
6. Застосуванням у конструкції відповідних матеріалів.

Стаціонарні огороження періодично демонтуються для здійснення допоміжних операцій (зміни робочого інструмента, мащення тощо). Таке огороження може бути повним, коли локалізується небезпечна зона разом з машиною, або частковим, коли ізолюється тільки небезпечна зона машини. Прикладами повного огороження є огороження розподільних пристроїв електроустаткування, вентиляторів корпусу електродвигуна, насосів та ін.

Рухоме огороження закриває доступ у робочу зону у випадках небезпечного моменту. В інший часом доступ у зазначену зону відкритий. Переносні огороження є тимчасовими. Їх використовують при ремонтних і налагоджувальних роботах, наприклад на постійних робочих місцях зварників для захисту оточуючих від впливу електричної дуги та ультрафіолетових випромінювань. Виконуються вони найчастіше у вигляді щитків висотою 1,7 м.

Конструкція та матеріал пристроїв, які обгороджують визначаються особливостями устаткування та технологічного процесу. Огородження виконують у вигляді зварених або литих кожухів, твердих суцільних щитів (щитків, екранів), ґратів, сіток на твердому каркасі. Як матеріал огорожень використовують метали і пластмаси. При необхідності спостереження за робочою зоною крім сіток і ґратів застосовують суцільні пристрої, що огороджують, із прозорих матеріалів.

Верстат SKODA W200G оснащений захисними засобами та пристроями:

- аварійною кнопкою “Стоп” з виступаючим грибоподібним штовхачем червоного кольору, що забезпечує вимикання електроустаткування незалежно від режиму роботи;

- блокуванням дверцят шаф (ніш) для електроапаратури з дією вимикача, щоб виключити можливість їхнього відкриття при включеній апараті;

- дистанційне керування верстатом робить зручним і безпечним роботу оператора, при знаходженні людини поблизу рухомих частин верстата та зони різання.

- поруччя, що обгороджують, забезпечують точку опори при ходьбі вздовж конструкції та запобігають падінню людини за периметр конструкції. Поруччя складаються зі стійок (є каркасом), поруччя (забезпечує точку опори).

Вимоги до технологічних процесів.

Розробка технологічної документації, організація та виконання технологічних процесів обробки різанням відповідають вимогам системи стандартів безпеки праці.

Для забезпечення безпеки роботи режими різання мають відповідати вимогам стандартів і технічних умов для відповідного матеріалу та інструменту.

Для охолодження зони різання допускається застосування

мінерального масла з температурою спалаху не нижче 15°, вільне від кислот і вологи МOТC подають у зону різання методом зрошування відповідно до гігієнічних вимог.

Стружку та інші відходи виробництва збирають за допомогою різних пристосувань (щіток) у спеціальну тару.

Контроль на верстатах розмірів оброблюваних заготовок і зняття деталей для контролю проводяться тільки при відключених механізмах обертання або переміщення заготовок, інструменту та пристосувань.

Особливу увагу потрібно приділяти безпеці при підйомно-транспортних роботах. Підйомно-транспортне обладнання необхідно забезпечити наступними засобами безпеки:

- обмежувачами підйому та пересування крана;
- огороженнями робочих площадок, які рухаються та обертаються, частин крана, струмопровідних деталей;
- блокуванням відкривання дверей;
- блокуванням вихідних люків на міст крана;
- звуковим сигналом.

Від правильної експлуатації кранів у значній мірі залежить безпека працюючих у механічних і складальних цехах.

При організації робочих місць керуються положеннями, які викладені в стандартах та мають відповідати:

- антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним даним людини;
- характеру роботи.

Конструкція робочого місця забезпечує:

- зручну робочу позу людини, що досягається регулюванням положення крісла, висоти та кута нахилу підставки для ніг при її застосуванні або висоти та розмірів робочої поверхні;
- стійке положення та вільність рухів робітник, безпека виконання робочих функцій; виключати або допускати в рідких випадках короточасну

роботу, що викликає підвищену втомлюваність;

- раціональне розміщення технологічного та організаційного оснащення на робочому місці.

Охорона навколишнього середовища.

На токарно-розточувальному верстаті SKODA W200G обробка виробів ведеться із застосуванням МОТС. Антимікробний захист МОТС проводять із додаванням бактерицидних присадок і періодичною пастеризацією рідини. Періодичність заміни МОТС встановлюється за результатами контролю її вмісту, але не рідше одного разу на шість місяців. Очищення ємностей для готування МОТС, трубопроводів і систем подачі проводяться один раз у шість місяців для масляних та один раз у три місяці для водних МОТС. МОТС зберігають у спеціальній тарі.

Стружка, що утвориться в процесі виробництва, збирається в спеціальну тару. Після заповнення тари стружкою її транспортують на ділянку сепарації виробничих відходів з механізованим відвантаженням сепарованих метало-відходів. Відпрацьовані МОТС збирають у спеціальну ємність. Водну та масляну фази використовують, як компонент для готування емульсії. Масляна фаза емульсії надходить на регенерацію або спалюється. Концентрація нафтопродуктів у стічних водах при скиданні їх у каналізацію повинна відповідати вимогам. Водну фазу МОТС очищають із гранично допустимою концентрацією або розбавляють до допустимого вмісту нафтопродуктів і зливають у каналізацію. Далі стружка попадає на переплавлення у відповідний цех.

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Розробити заходи, скеровані на підвищення стійкості проектного об'єкта, на випадок вибуху 105 тонн рідкого пропану на відстані 415 метрів.

Фрезерно-розточувальної верстат моделі SKODA W200G призначений для обробки деталей масою до 2 т., розташований у масивному

промислового будинку з металевим каркасом і крановим устаткуванням вантажопідйомністю 50-100 т. У цеху так само розташовані: стрічкові конвеєри на залізобетонних естакадах. На верстатах встановлена контрольна-вимірювальна апаратура. Комунально-енергетичні мережі та транспорт: кабельні наземні лінії, наземні сталеві трубопроводи діаметром до 350 мм, мостовий кран 35 м.

Визначаємо величину надлишкового тиску ΔP_{ϕ} у місці розташування проєктованого об'єкта.

Радіус дії детонаційної хвилі визначаємо за формулою:

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q},$$

де Q - кількість вибухонебезпечних речовин, Q=105 тонн.

r_1 - радіус дії детонаційної хвилі, м.

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q} = 17,5 \cdot \sqrt[3]{105} = 82,55 \text{ м}$$

Радіус дії продуктів вибуху визначаємо за формулою:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1,$$

де r_2 - радіус дії продуктів вибуху, м.

$$r_2 = 1,7 \cdot 82,55 = 140,3 \text{ м}$$

Порівнюючи величини r_1 та r_2 з відстанню від центра вибуху до об'єкта, робимо заключення, що, об'єкт перебуває в третій зоні – зоні дії ударної хвилі.

Для визначення величини надлишкового тиску розрахуємо допоміжну відносну величину:

$$\varphi = 0,24 \cdot \frac{r_3}{r_1},$$

де r_1 – радіус дії детонаційної хвилі, м;

r_3 – відстань від об'єкта, що перебуває в третій зоні, до центра вибуху,

м; $r_3 = 415$ м.

$$\varphi = 0,24 \cdot \frac{415}{82,55} = 1,2$$

При 1,3

$$\Delta P_{cp} = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8 \cdot \varphi^3} - 1)};$$

$$\Delta P_{cp} = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8 \cdot 1,2^3} - 1)} = 32,5 \text{ кПа}$$

Критерієм стійкості об'єкта до дії ударної хвилі є значення надлишкового тиску, при якому будинки, споруди, устаткування об'єкта зберігаються або отримують незначні руйнування.

Занесемо елементи об'єкта і їх характеристики у зведену таблицю оцінки стійкості об'єкта до дії ударної хвилі (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Оцінки стійкості об'єкта до дії ударної хвилі

Характеристики елементів об'єкта	Ступінь руйнування при ΔP_{ϕ} , кПа										Границя стійкості, кПа		
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Елемента	Об'єкта	
Масивний промисловий будинок з металевим каркасом і крановим устаткуванням 50...100 т												40	10
Фрезерно-розточувальної верстат моделі SKODA W200G												25	
Контрольно-вимірювальна апаратура												10	

Стрічкові конвеєри на залізобетонних естакадах		30
Кабельні наземні лінії		30
Наземні сталеві трубопроводи діаметром до 350 мм		40
Мостовий кран із прогоном 35 м		30

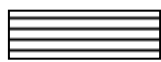
Умовні позначки:



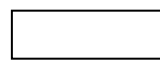
- слабе руйнування;



- сильне руйнування;



- середнє руйнування;



- повне руйнування.

Позаяк на об'єкті очікується максимальний надлишковий тиск 33,7 кПа, а границя стійкості об'єкта дорівнює 10 кПа, те об'єкт є нестійким до дії ударної хвилі. Нестійкими елементами є: верстат моделі SKODA W200G і контрольно-вимірювальна апаратури.

Необхідно підвищити стійкість об'єкта до 40 кПа.

Для підвищення стійкості об'єкта пропонуються наступні заходи:

- для контрольно-вимірювальної апаратури: встановлення над апаратурою спеціальних захисних конструкцій (навісів, кожухів, щитів, захисних дашків).

- для верстата SKODA W200: надійне кріплення верстата до фундаменту; пристрій контрфорсів, які підвищують стійкість верстата до перекидання.

ВИСНОВОКИ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Містить чотири частини (розділи), висновки, перелік посилань та додатки.

У роботі розглянуті основні технологічні аспекти процесу розточення отворів у великогабаритних корпусних деталях-заготовках на розточних верстатах; зроблено аналіз існуючих верстатів-аналогів; пророблені призначення та область застосування розточного верстата з горизонтальним шпинделем; визначені його основні технічні дані, технічна характеристика; описана принципи роботи основних частин верстатів, розраховані граничні режими різання, пропрацьовано кінематику верстата.

Пропрацьовані технологічні розрахунки.

Розроблений новий технологічний процес, що дозволив скоротити штучний час. Розраховано припуски на розміри, режими різання на задану деталь, граничні режими різання. Обрано засоби контролю, розраховане та спроектоване спеціальне верстатне та вимірювальне пристосування, що застосовується в технологічному процесі виготовлення деталі типу - зубчасте колесо.

Зроблено аналіз використовуваних гідростатичних напрямних для вузлів поступального переміщення важких верстатів, обрані засоби керування режимом роботи гідростатичних напрямних переміщення колони верстата. Розроблено конструкцію приводу переміщення колони (вісь X), зроблені необхідні проектні та перевірочні розрахунки.

У розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях пророблені основні вимоги до норм безпеки при роботі на верстаті. Розроблені заходи, спрямовані на підвищення стійкості проєктованого устаткування при дії техногенних катастроф.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Viktor D. Kovalev Evaluation of a level of quality of manufacturing process on heavy engineering enterprises / Viktor D. Kovalev, Yana V. Vasilchenko, Dejan T. Riznić // Annals of The University of Oradea Fascicle of Management and Technological Engineering ISSUE #2, August 2014, <http://www.imtuoradea.ro/auo.fmte/> p.1-7.
2. Kovalev V. Adaptive optimal control of a heavy lathe operation / Kovalev V., Vasilchenko Y. // 12th International Conference RaDMI 2012 from 13-17. September 2012, Sokobanja (Serbia). 2012. – p.210-215.
3. Kovalev V. Operation modeling of adaptive spindle blocks of heavy lathers / Kovalev V., Vasilchenko Y., Kosovskaya T. // 12th International Conference RaDMI 2012 from 13-17. September 2012, Sokobanja (Serbia). 2012. – p.221-229.
4. Kovalev V. Optimization of cutting parameters considering the actual process state in real time environment in heavy engineering / Kovalev V., Vasilchenko Y. // 12th International Conference RaDMI 2012 from 13-17. September 2012, Sokobanja (Serbia). 2012. – p.216-220.
5. Kovalov, V Development of the integral complex of optimal control of heavy machine tools adaptive technological system for wind-power engineering parts / Kovalov, V; Vasilchenko, Y; Dasic, P. // 8th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, Inter-Eng 2014 Серия книг: Procedia Technology Том: 19 Стр.: 145-152.
6. O. Soroka Characteristics of structural strength of tool materials under heavy machining / O. Soroka, I. Rodichev, O. Shabetia, V. Kovalov, Y. Vasilchenko // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції 31 травня — 3 червня 2016 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова, д-ра техн. наук — Краматорськ : ДДМА, 2016. С 5.

7. Substantiation of parameters for three-cutter boring head with allowance and feed distribution and asymmetric cutter position / Petro Kryvvi, Volodymyr Krupa, Volodymyr Kobelnyk, Yaroslav Kosiv. // Scientific Journal of TNTU. — Ternopil : TNTU, 2019. — Vol 96. — No 4. — P. 57–69.

8. Using and efficiency manufacturing of polymeric materials parts for gas transportation equipment / Ihor Lutsiv, Ihor Yarema, Volodymyr Kobelnyk, Valerij Buhovets // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 105. — No 1. — P. 80–94.

9. V. Krupa, N. Tymoshenko, V. Kobelnyk, I. Petrechko, Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 114/1 (2022) 22-31.

10. Васильченко Я.В. Визначення раціональних технічних та конструктивних параметрів верстатів для обробки крупногабаритних деталей / Васильченко Я.В., Сукова Т.О., Шаповалов М.В. // Збірник наукових праць III-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні» 2-6 лютого 2015р. С.26-28.

11. Васильченко Я.В. Оперативна оптимізація процесу різання для систем адаптивного управління важкими верстатами нового покоління / Васильченко Я.В. // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов X международной научно-технической конференции, г.Севастополь 16-21 сентября 2013г. – Донецк: ДонНТУ, 2013 Т.1 С. 113-116.

12. Васильченко Я.В. Підвищення ефективності важкого металорізального обладнання на основі визначення його раціональних технічних та конструктивних параметрів / Васильченко Я.В., Сукова Т.О., Григор'єв В.К. // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали дванадцятої Міжнародної науково-технічної конференції 23 — 24 вересня 2014 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2014.-С.23.

13. Васильченко Я.В. Розробка технологій модифікації інструментальних матеріалів для важкого машинобудування, оптимізованих за параметрами міцності і працездатності / Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Кирєєва А.Є. // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали дванадцятої Міжнародної науково-технічної конференції 23 — 24 вересня 2014 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. — Краматорськ: ДДМА, 2014.-С.24.

14. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні / [П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа] // Львів : Машинознавство. – 2013. – №9-10 (195-196). – С. 76-83.

15. Гагалюк А. Моделювання станини токарного верстата з використанням методу топологічної оптимізації / А. Гагалюк, В. Крупа // Вісник ТНТУ. — Т. : ТНТУ, 2023. — Том 111. — № 3. — С. 67–75.

16. Кобельник В.Р. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів/Кобельник В.Р, Крупа В.В., Тимошенко Н.М. // Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: тези допов. – Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-80.

17. Кобельник В.Р. Ефективність керованого процесу свердління наскрізних отворів шляхом забезпечення зміни подачі / В.Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2012. – Вип. № 31. – С. 47–56.

18. Кобельник В.Р. Жорсткість вертикально-свердильних верстатів / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – Вип. № 1 (40). – С. 34–40.

19. Кобельник В.Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – Вип. 8. – С. 99–108.

20. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.

21. Ковальов В.Д. Підвищення ефективності важкого металорізального обладнання на основі визначення його раціональних технічних та конструктивних параметрів / Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Сукова Т.А., Буренок К.К. // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції 30 травня — 1 червня 2017 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова, д-ра техн. наук — Краматорськ : ДДМА, 2017. С 47.

22. Ковальов В.Д. Технології високопродуктивної автоматизованої обробки деталей на важких багатоцільових верстатах / Ковальов В.Д., Васильченко Я.В. // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо и энергосбережении. Одесса – Киев АТН Украины, 2014 г. 63-65.

23. Кривий П.Д. Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні // П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник / Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ – Київ, 2006. – Вип. № 19. – С. 58–64.

24. Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення зменшення задирок при наскрізному свердлінні / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник // Всеукраїнська молодіжна конференція «Машинобудування України очима молодих : прогресивні ідеї – наука – виробництво, 22 – 25 жовтня 2012 р. : тези допов. – К. : КПІ, 2012. – Том 1. – С. 71–73.

25. Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення процесу свердління наскрізних отворів / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2011. – Вип. № 28. – С. 77–85.

26. Кривий П.Д. Метод оцінювання статичної точності кінематичних ланцюгів подач консольних фрезерних верстатів / П. Д. Кривий, В. Р.

Кобельник, В. В. Крупа, Н. М. Тимошенко // Прогресивні технології в машинобудуванні : збірник наукових праць, Львів-Плай. – Львів, 2020. – С. 103–105.

27. Кривий П.Д. Методи вимірювання головного заднього кута спірального свердла / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник, В.І. Продан, В.Г. Яковлєв // Науковий вісник ХДМА : Науковий журнал. – Херсон : ХДМА, 2012. – № 2 (7). – С. 145–155.

28. Кривий П.Д. Про характер зміни подачі при виході інструменту із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, М.І. Кузьмін // Вісник ТНТУ : Науковий журнал. – Тернопіль : ТНТУ, 2012. – № 4 (68). – С. 114–127.

29. Крупа В. В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів : дис. канд. техн. наук, спец. 05.03.01 / Крупа Володимир Васильович - Тернопіль, 2015. - 185 с.

30. Луців І.В. Динамічні характеристики підсистем верстатного оснащення адаптивного типу / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2009, Том 14, №4. С.144-149.

31. Луців І.В. Інтелектуальна власність. Частина 1. Система охорони інтелектуальної власності: навчальний посібник / І.В.Луців , Р.А.Склярів, В.В.Шанайда – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 112 с.

32. Математична модель впливу стохастичності подачі на величину сили різання в імовірнісному аспекті / Володимир Крупа, Володимир Кобельник, Надія Тимошенко, Ігор Петречко // МММТЕС, 22-23 листопада 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. — С. 41–42.

33. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

34. Склярів Р. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій / Склярів Р., Шанайда В., Савчук М. // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.117-125.

35. Склярів Р., Шанайда В. Використання багатофункціонального пакету MathCad при прогнозуванні параметрів металорізальних верстатів. Збірник тез доповідей Х VI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2012, С. 69.

36. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

37. Сукова Т.О. Розробка інформаційної системи прогнозування параметрів важких верстатів як засобу підвищення ефективності автоматизованого виробництва / Сукова Т.О., Васильченко Я.В. // Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: тези доповідей XIV Всеукраїнської молодіжної науковотехнічної конференції. 27-31 жовтня 2014 р., м. Суми 2014 р. С.91-92.

38. Технологія обробки на верстатах з ЧПК / Б. М. Гевко, А. В. Матвійчук, А. М.Артюхов, А. І. Пік, А. В. Гагалюк, Р. І. Лотоцький. Тернопіль : Крок, 2014. 131 с.

39. Уточнений метод апіорно-емпіричних функцій визначення закону розподілу та його характеристик на основі малої вибірки / П.Д. Кривий, Н.М. Тимошенко, В.О. Дзюра, В.Р. Кобельник // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — С. 132 – 133.