

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

«На правах рукопису»  
УДК 621.941.277

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
С.В. Струтинський  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 2018 р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
(код і назва спеціальності)

на тему: Багатофункціональний середній свердлильно-фрезерний верстат

Виконав: студент II курсу, групи МВ-71мп  
(шифр групи)

Фещак Іван Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доцент, к. т. н., Самойленко О. В.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Механіко-машинобудівний інститут**

**Кафедра конструювання верстатів та машин**

Освітній ступінь «магістр»

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність «133 Галузеве машинобудування»

Спеціалізація «Технології комп'ютерного проектування верстатів,  
роботів і машин»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

С. В. Струтинський  
(підпис) (ініціали, прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Фещака Івану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Багатофункціональний середній свердлильно-фрезерний верстат»

науковий керівник дисертації доцент, кандидат технічних наук,

Самойленко Олексій Васильович

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

затверджені наказом по університету від «15» листопада 2018р №934-с

2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2018 року \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження: універсальний радіально-свердлильний верстат \_\_\_\_\_

4. Предмет дослідження \_\_\_\_\_

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Обґрунтування класифікаційних індексів для патентно-інформаційних досліджень. 2.

Патентно-інформаційні дослідження стосовно шляхів модернізації верстату.

3. Аналіз державних стандартів. 4. Розробка технологічного процесу обробки

типової деталі. 5. Розрахунок режимів різання. 6. Конструювання приводу

обертання інструменту. 7. Конструювання револьверної голівки. 8. Конструювання механізму переміщень інструменту. 9. Конструювання затискного механізму. 10. Конструювання різцетримача.\_\_\_\_\_

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу 1. Приклади модернізації аналогічного верстатного обладнання. 2. Кінематична схема верстату. 3. Шпиндельна бабка. 4. Револьверна голівка. 5. Механізм обертання інструменту. 6. Приводи поздовжнього та поперечного переміщення інструменту. 7. Різцетримач. 8. Затискний патрон. 9. Схема системи ЧПК.

7. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

8. Консультанти розділів дисертації

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

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка

Студент \_\_\_\_\_  
 (підпис)

Фещак І.М.  
 (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації \_\_\_\_\_  
 (підпис)

Самойленко О. В.  
 (ініціали, прізвище)

## **Анотація**

Метою дипломного проекту є модернізація багатофункціонального середнього радіально-свердлильного верстату для використання його переважно в ремонтному, дрібно- та середньосерійному виробництві. Головними завданнями було обґрунтування класифікаційних індексів для патентно-інформаційних досліджень, патентно-інформаційні дослідження стосовно шляхів модернізації верстату та аналіз державних стандартів. А також максимальне розширення можливостей верстата, кількості операцій які можна на ньому виконувати. В результаті проведеної роботи було сконструйовано шпиндельний вузол та коробку швидкостей. Був перероблений механізм поворотного столу та планшайба. Також була проведена робота по конструюванні нової гідравлічної схеми.

Це дозволило здійснювати високошвидкісну обробку на максимально високій точності, з дотриманням сучасних стандартів, що актуально в теперішніх виробничих умовах.

## **The Abstract**

The purpose of the diploma project is the modernization of a multifunctional medium radial drilling machine for its use mainly in repair, small and medium-scale production. The main tasks were the substantiation of classification indices for patent information research, patent information research on ways to modernize the machine and analysis of state standards. As well as maximizing the capabilities of the machine, the number of operations that can be performed on it. As a result of the work, a spindle unit and speed box were constructed. The mechanism of the turntable and the faceplate was reworked. Work was also carried out on the construction of a new hydraulic circuit.

This allowed to carry out high-speed processing at the highest possible accuracy, keeping to modern standards, which is actual in the present production conditions.

## **Аннотация**

Целью дипломного проекта является модернизация многофункционального среднего радиально-сверлильного станка для использования его в основном в ремонтном, мелко и среднесерийном производстве. Главными задачами было обоснование классификационных индексов для патентно-информационных исследований, патентно-информационные исследования относительно путей модернизации станка и анализ государственных стандартов. А также максимальное расширение возможностей станка, количества операций которые можно на нем выполнять. В результате проведенной работы было сконструировано шпиндельный узел и коробку скоростей. Был переработан механизм поворотного стола и планшайба. Также была проведена работа по конструированию новой гидравлической схемы.

Это позволило осуществлять высокоскоростную обработку на максимально высокой точности, с соблюдением современных стандартов, что актуально в нынешних производственных условиях.

## ЗМІСТ

Завдання.....	3
Анотація.....	4
Вступ.....	5
1.Технологічне обґрунтування проекту.....	6
2.Аналіз та огляд конструкцій верстатів аналогічного призначення.....	9
2.1 Верстат моделі ТХК160 Fanuc.....	10
2.2 Верстат моделі ТК611С / IV.....	12
2.3 Верстат моделі 2А622Ф4.....	14
2.4 Верстат зразка IP500ПМФ4.....	16
2.5 Верстат моделі 2254ВМФ4.....	17
2.6 Верстат моделі 2А620Ф1-1.....	18
2.7 Верстат моделі 2А459АФ4.....	20
2.7.1 Основні технічні характеристики.....	20
2.8 Патентно-інформаційний пошук.....	27
2.9 Визначення індексів рубрик Міжнародної патентної класифікації.....	30
2.10 Визначення індексу рубрики УДК. ....	32
3. ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕРСТАТА.....	33
3.1 Визначення габаритних розмірів оброблюваних заготовок.....	33
3.2 Вибір глибини різання.....	34
3.3 Вибір граничних значень подач.....	35
3.3 Вибір граничних значень подач.....	37
3.5 Визначення граничних частот обертання шпинделя.....	38
4. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА.....	40
5. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ.....	42
5.1 Розрахунок числа ступенів коробки швидкостей.....	42
5.2 Розрахунок кінематичної схеми коробки швидкостей.....	43

					<i>МВ7128МП.МД0000.000 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Багатофункціональний середній свердлильно- фрезерний</b>	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		<i>Фещак І.М.</i>				2	102	
Перевір.		<i>Самойленко О.В.</i>						
Н. Контр.						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ММІ, МВ-71</i>		
Затверд.								

5.3 Будування графіка частот обертання шпинделя.....	44
5.4 Розрахунок числа зубів в передачах.....	46
6. ОПИС КОМПОНУВАННЯ І КІНЕМАТИЧНА СХЕМА ВЕРСТАТА.....	51
7.РОЗРАХУНКИ МІЦНОСТІ ПРИВОДІВ І ВУЗЛІВ ВЕРСТАТА.....	57
7.1 Розрахунок міцності зубчатих передач.....	57
7.2 Розрахунок клинопасової передачі (Ремінь Б-1120Т ГОСТ1284 - 68) ...	61
7.3. Розрахунок шпинделя на жорсткість.....	65
7.4.Розрахунок вала на міцність.....	68
7.5 Розрахунок довговічності опор.....	75
7.6 Розрахунок на міцність болтового з'єднання шестерні $Z = 88$ з шестернею $Z = 62$ .....	77
8. ОПИС ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ СТАНКА.....	79
8.1 Станина.....	79
8.2 Стійка.....	80
8.3 Стіл.....	81
8.4 Шпиндельна бабка.....	82
8.5 Коробка швидкостей.....	83
8.6 Вузол шпинделя.....	84
8.7 Пристрій затиску інструменту.....	84
8.8 Стіл поворотний,ділильний.....	85
8.8.1 Технічні характеристики.....	86
9. ОПИС ГІДРАВЛІЧНОЇ СХЕМИ.....	89
9.1 Гідравлічна схема.....	89
9.1.1 Робота гідросистеми.....	92
9.2 Система централізованої періодичної мастила.....	96
9.2.1 Опис роботи системи централізованого періодичного змащування.....	96
Висновки.....	97
Література.....	98

## ВСТУП

Верстати координатно-розточного типу призначені для обробки корпусних деталей з високою точністю. Отримання високої точності залежить від безлічі параметрів. Динамічна точність верстата робить вагомий вплив на точність обробки.

Теперішній ринок вимагає від виробника верстатів збільшення кількості номенклатури оброблюваних виробів на верстаті, підвищення швидкості обробки, а так само збільшення числа одночасно керованих координат від ЧПУ верстата в процесі обробки виробів. Під час роботи був розроблений свердлильно-фрезерний координатно-розточний верстат з підвищенням частоти обертання приводу головного руху, а також збільшення одночасно керованих координат від ЧПУ верстата.

					<i>MR7128MP MLOOO OOO P3</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

# 1. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

В сучасному машинобудуванні, для досягнення високого рівня якості виробництва, перед виробником існує безліч питань, за рішенням яких він стикається з низкою проблем. Вибір номенклатури виробів, способи отримання заготовок, вибір оптимального технологічного процесу, верстатного обладнання, вибір засобів контролю готових виробів, рішення з питання реалізації виробів, ряд питань з визнаних з екологією і багатьох інших. Безперечно, не повинна залишитися без уваги і економічна сторона на всіх стадіях виробництва. При виборі обладнання для верстата, в першу чергу, повинна оцінюватися ступінь завантаженості того чи іншого верстата в цеху. Для цього проводиться аналіз всіх можливих варіантів обробки того чи іншого виробу.

В даному дипломному проекті проводиться обробка корпусної деталі основи люнета з матеріалу Сч 20 ГОСТ1412-85, в ній обробляються два отвори  $\varnothing 45^{+0,025}$  мм і два отвори  $\varnothing 52^{+0,03}$  мм, розташованих під кутом  $120^{\oplus \pm 30'}$ . Обробка цієї деталі має певного роду складність по досягненню заданого кута між осями даних отворів і точності самої обробки. Обробка на універсальному обладнанні принесла б не мало клопоту щодо вирішення даного питання. Швидше за все, треба було б проектувати спеціальне пристосування, що безумовно внесло б свій економічний внесок, а також наявність необхідного типу верстатів на підприємстві, з відповідним ступенем точності.

Сильно полегшило б завдання присутність верстата з ЧПУ і вбудованим поворотним столом із числовою індикацією, що несказанно б відбилося на часі і точності позиціонування деталі під час обробки. На сьогоднішній момент промисловість добре оснащена такими верстатами, з можливістю чотирьох координатної обробки і навіть більше, з відповідним ступенем точності починаючи від класу В і аж до С.

					<i>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6



Безумовно виробництво таких верстатів не є дешевим, набагато легше і дешевше модернізувати вже наявне обладнання, за рахунок впровадження нових технологій, сучасних пристроїв, систем і т.д. ..

В даному дипломному проєкті обробка деталі проводиться на координатному свердлильно-фрезерному розточувальному верстаті з ЧПУ моделі 2A459AF4, який в свою чергу має всі можливості для досягнення всіх вимог по обробці даної деталі. У верстаті наявний поворотний стіл з ціною поділки 0,001 градусів і відповідним рядом чисел оборотів шпинделя для обробки деталей даного типу, маси та розміру. Решту технічних характеристик верстата представлені нижче в розділі огляду і аналізу конструкцій верстатів схожого призначення.

Заготовка повинна мати мінімальні деформації від дії сил різання, затиску і власної ваги. Схема базування показана на рис 1.1. При обробці отвору за сьомим квалітетом точності першим технологічним переходом є чорнове розточування, а після нього чистове розточування. Схема обробки представлена на рис 1.2.

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K$$

При чорновому розточуванні отворів  $\varnothing 45$  и  $\varnothing 52$  мм:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 1,5^{0,2}} \cdot 0,6 = 52,8(\text{м/хв}).$$

При чистовому розточуванні отворів  $\varnothing 45$  и  $\varnothing 52$  мм:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 1,0^{0,2}} \cdot 0,6 = 72,9(\text{м/хв}),$$

Де  $C_v$  - коефіцієнт;  $T^m$  – стійкість різця;  $t$  - глибина різання;  $S$  - подача;  $K$  - поправочний коефіцієнт.

					<b>МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

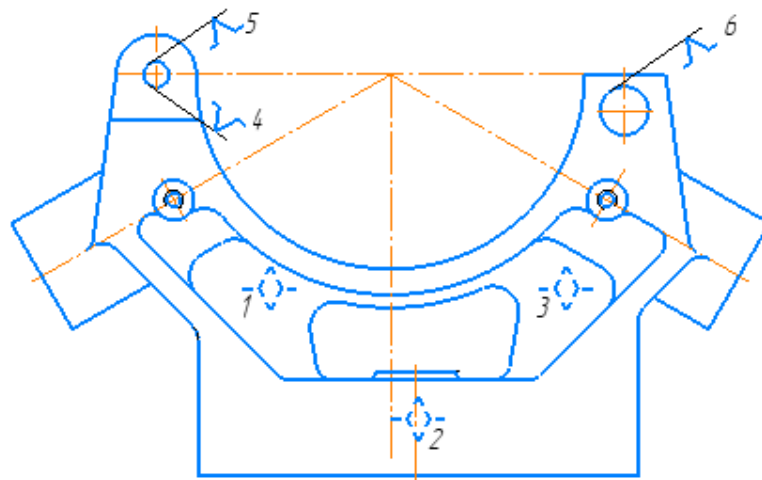


Рис 1.1 Схема базування

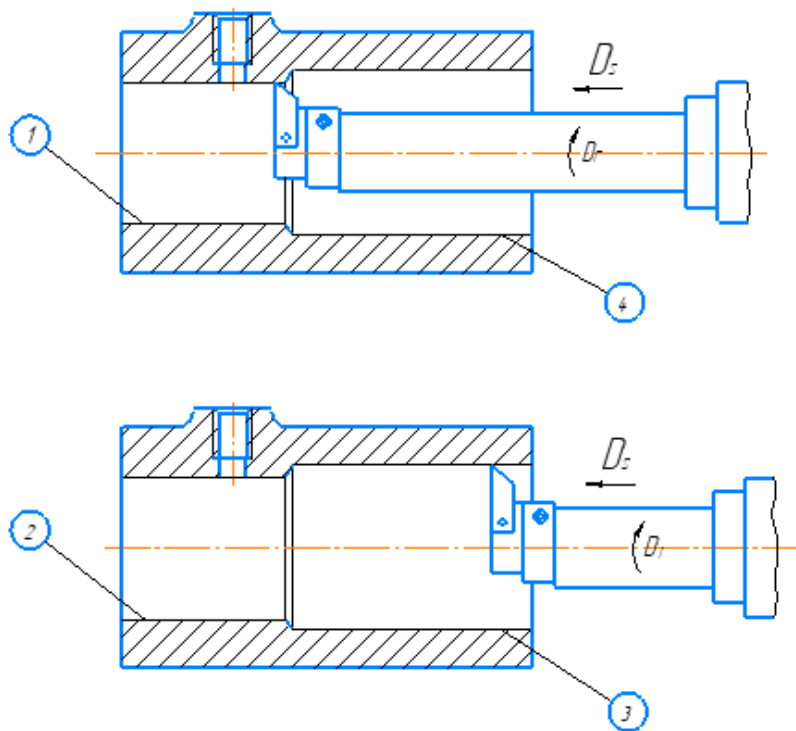


Рис 1.2Схема обробки деталі

## 2. АНАЛІЗ ТА ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ВЕРСТАТІВ АНАЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Координатно-розточувальні верстати створені для обробки отворів з високою точністю відносно базових поверхонь в корпусних деталях, кондукторних плитах, штампах в дрібносерійному та одиничному виробництві. На них проводяться майже всі операції, що виконуються на розточувальних верстатах. Також, на них можна виробляти розмічальні операції. Для точного вимірювання координатних переміщень дані верстати мають різні механічні, оптико-механічні, індуктивні і електронні пристрої відліку.

По компонованню верстати виконуються одностійкові і двохстійкові. Головний рух - це обертання шпинделя, а рух подачі - вертикальне переміщення шпинделя, поздовжнє і поперечне переміщення столу або стійки (поперечний). Установчі рухи в одностійкових верстатах - поздовжнє і поперечне переміщення столу по заданих координатах і переміщення по вертикалі шпиндельної бабки в залежності від висоти деталі; в двохстійкових верстатах - переміщення столу повздовж, поперечне переміщення шпиндельної бабки по траверсі і вертикальне переміщення траверси разом зі шпиндельною бабкою. Точність лінійних переміщень 2 - 8 мкм, та кутових - до 5 '. Верстати потрібно встановлювати на спеціальних віброізованих фундаментах в приміщеннях з температурою повітря  $20 + 0,2$  ° С. Для отримання високої точності обробки до найважливіших елементів верстатів пред'являють високі вимоги, до конструкції, якості виготовлення, монтажу та збору, а також точності систем відліку координат.

Аналіз обробки корпусних деталей, найбільш трудомістких за характером виконання, виявив, що на свердління отворів і нарізання різьби витрачається 70% часу обробки, на фрезерування - 20% а на розточування - 10%. Тому найважливішим шляхом підвищення продуктивності обробки на верстатах свердлильно-розточної групи є скорочення часу установки заготовки в робочу

					<i>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

позицію, зміни та кріплення інструменту, запровадження комплексної обробки різними інструментами. Це може бути досягнуто використанням пристроїв попереднього набору координат, системами знакової індикації, ЧПУ, попередньої розмірного налаштування інструменту поза верстатом, автоматичною заміною інструменту, розширенням можливостей верстатів через зміни конструкції верстатів з револьверними інструментальними головками або інструментальними магазинами з швидкою заміною інструменту. Ефективність багатоопераційних верстатів в 3 - 8 разів вище в порівнянні з універсальними верстатами

Нижче представлений огляд верстатів подібного призначення, включаючи модернізований верстат моделі 2A459AФ4.

### 2.1 Верстат моделі ТХК160 Fanuc

Горизонтально-розточний верстат моделі ТХК160 з ЧПУ Fanuc (забезпечує контроль за чотирма осями). На верстатах можна проводити свердління, зенкування, розгортання отворів, розточування отворів консольними і двохопорними оправками, фрезерування площин (в тому числі по прямокутному контуру), нарізання різьби, обточування торців і циліндричних поверхонь за допомогою радіального супорта планшайби. Збільшена площа координатного столу і горизонтальне переміщення. На осях X / Y / Z використовуються прямолінійні напрямляючі, що забезпечує високу точність позиціонування.

					<b>MR7128MP M0000 000 P3</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Таблиця 2.1.1

## Основні технічні характеристики верстата

Розмір робочого столу, мм	1300 X 600
Ширина Т подібного паза, мм / кількість пазів	18/5
Переміщення по осі X, мм	1050
Переміщення по осі Y, мм	800
Переміщення по осі Z, мм	500
Максимальна швидкість обертання шпинделя, об / хв	3000
Конус шпинделя BT	50
Потужність електродвигуна основного вала, кВт	5.5/7.5
Швидкість подачі X, Y, Z, мм / хв	3000
Точність позиціонування по осях X, Y,	± 0.015
Прискорення вільного переміщення X, Y, Z, мм / хв	18000
Сумарна потужність, кВт	20
Маса, кг	6000

## 2.2 Верстат моделі ТК611С / IV

ТК611С / IV горизонтально-розточувальний верстат з системою ЧПУ. Довільний контроль осей X, Y, Z і паралельно контроль всіх трьох осей, з ЧПУ Fanuc / Siemens. Верстат може бути доукомплектований четвертою віссю. Обертання стола дає можливість проводити обробку складних фігурних деталей та штампів.

Таблиця 2.2.1

Основні технічні дані верстата

Розмір робочого столу, мм	320X1010
Діаметр шпинделя, мм	110
Кількість Т-подібних пазів / ширина, мм	7/22
Максимальна вага завантаження столу, кг	5000
Відстань між двома отворами, мм	125
Відстань від кришки столу до центру шпинделя, мм	5-1205
Поперечний та повздовжній хід столу, мм	1300X1800
Повздовжній хід шпинделя, мм	550
Вертикальний хід шпиндельної бабки, мм	1200
Найбільший діаметр при розточуванні, мм	240
Внутрішній конус шпинделя	BT50
Найбільший діаметр розсвердлювання, мм	50

Максимальний, допустимий крутний момент на підрізній голівці, мм	1100
Радіальний хід державки підрізної головки, мм	160
Максимальний робочий діаметр державки підрізної головки, мм	630
Максимально допустима сила поздовжньої подачі на шпинделі, Н	13000
Підвищення швидкості шпинделя	Безступінчасте
Підвищення швидкості підрізної головки	Безступінчасте
Діапазон регулювання швидкостей шпинделя, об / хв	12-1100
Обсяг швидкостей підрізної головки, об / хв	4-130
Потужність основного двигуна, кВт	11/15
Загальні габарити (ДхШхВ), мм	5347X3420X3190
Вага брутто / нетто верстата, кг	14500/16000
Швидкий хід осей X, Y, W, мм / хв	5000
Швидкий хід шпинделя, мм / хв	3600
Точність покрокового позиціонування (x, y, z)	X: 0.015 мм
Точність позиціонування (x, y, z)	X: 0.04, Y: 0.05 Z: 0.06 мм
Номінальний діапазон цифрових показників, мм	0.001

### 2.3 Верстат моделі 2А622Ф4

2А622Ф4 - горизонтально-розточний з ЧПУ застосовується для обробки великих деталей для індивідуального і серійного виробництва. Оброблювану деталь закріплюють на столі верстата або на плиті. Також можна здійснювати чорнове і чистове розточування отворів, фрезерування площин, зенкування та свердління розгортання отворів, нарізання зовнішньої і внутрішньої різьби та безліч інших технологічних операцій.

Горизонтально - розточний верстат працює так: на верстаті при виконанні всіх основних видів робіт здійснюється обертання шпинделя і обертання планшайби при обточуванні торців радіальним супортом. При свердлінні, зенкуванні, розгортанні і розточуванні висувному шпинделю подачі (або столу) повідомляють рух в поздовжньому напрямку. Під час розточування отвору різець встановлюють в борштангу, один кінець якої закріплений в шпинделі, а інший обертається в підшипнику люнета стійки. Під час фрезерування площин здійснюється подача висувного шпинделя, що несе фрезу, чи переміщення отримує стіл в поперечному напрямку.

У Горизонтально - розточному верстаті присутня нерухома передня стійка, прикріплена до станини. По вертикальних напрямних стійки переміщується шпиндельна бабка, в неї прилаштований висувний шпиндель, що має крім обертального руху і переміщення уздовж своєї осі. Поворотний стіл верстата з нерухомою передньою стійкою має поздовжнє і поперечне переміщення. Призначений для токарної обробки за програмою циліндричних, торцевих, конічних, східчастих і криволінійних поверхонь деталей з різних металів і сплавів, а також для свердління й розточування центральних отворів, нарізання зовнішньої різьби.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

MR7128MP MЛЛЛЛЛ ЛЛЛЛ ПЗ

.рк.



Таблиця 2.3.1

## Основні технічні дані верстата

Розміри робочої поверхні столу, мм	250x1250
Найбільша маса виробу, кг	5000
Найбільше поздовжнє переміщення висувного шпинделя, мм	710
Найбільше поздовжнє переміщення поворотного столу, мм	1 000
Найбільше верхнє переміщення висувного шпинделя, мм	1000
Номінальна,сумарна потужність яка споживається при повному навантаженні одночасно працюючих електродвигунів, кВт	40,6
Вага верстата, кг	20500

					<b>MR7128MP MЛ000 000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

## 2.4 Верстат зразка IP500ПМФ4

Горизонтальний свердлильно-фрезерно-розточний верстат, IP500ПМФ4 з системою ЧПУ, автоматичною заміною інструменту призначений для продуктивної обробки корпусних деталей з різних матеріалів. Великі діапазони частоти обертання шпинделя і швидкостей подач, присутність поворотного столу, високий ступінь автоматизації допоміжних робіт значно розширюють технологічні можливості верстатів і дозволяють використовувати їх в складі різних продуктивних систем.

Таблиця 2.4.1 Основні технічні дані

Розміри робочої поверхні стола, мм	630x630; 500x500
Відстань між кріпильними отворами, мм	100
Діаметр отворів для кріплення, мм	M20
Кількість кріпильних отворів на поверхні столу	25
Найбільші програмовані переміщення по координатній осі X, мм	800
Найбільші програмовані переміщення по координатній осі Y, мм	500
Найбільші програмовані переміщення по координатній осі Z, мм	500
Конус для кріплення інструменту в шпинделі	50
Частота обертання шпинделя, хв-1	20-4500
Потужність головного приводу, кВт	18
Межі подач по осях X, Y, Z, мм / хв	1-3600

Обсяг інструментів в магазині;	60
Найбільший діаметр використовуваного інструменту, мм	160
Найбільший діаметр суміжних інструментів, мм	125
Кількість позицій пристрою зміни столів-супутників	2
Вага верстата, кг	12785
Габарити верстата, мм	4450x4635x3205

## 2.5 Верстат моделі 2254ВМФ4

Свердлильно-фрезерно-розточний верстат з числовим програмним управлінням моделі 2254ВМФ4 призначений для здійснення свердлильних, фрезерних та розточувальних операцій при обробленні плоских сторін деталей середніх розмірів. На верстаті можуть оброблятися вироби з сталі, легких сплавів, чавуну, кольорових металів, пластмас і ін. Верстат може виконувати чорнове і чистове фрезерування площин і криволінійних поверхонь, а також свердління, розточування, розсортування та зенкування точних отворів, нарізання різьби мітчиками і різцями.

Таблиця 2.5.1 Основні технічні дані верстата

Розміри робочої поверхні стола, мм	500x630
Конус шпинделя з конусністю 7:24	N50AT5
Межі частот обертання шпинделя, 1 / хв.	2-3150

Максимальні координатні переміщення по осях X, Y, Z, мм	500
Регулювання поздовжніх, поперечних і вертикальних подач	Безступінчасте
Регулювання швидкостей шпинделя	Безступінчасте
Межі поздовжніх, поперечних і вертикальних подач, мм / хв	0,1-10000
Потужність двигуна приводу головного руху, кВт	10
Ємність інструментального магазину, шт	30
Габарити верстата, мм	4610x4510x3235
Тип системи ЧПУ	CNC
Точність позиціонування (лінійного), мм	0,016
Маса верстата, кг	7000

## 2.6 Верстат моделі 2А620Ф1-1

Горизонтально-розточний верстат, моделі 2А620Ф1-1 використовується для виконання наступних технологічних операцій:

- свердління, розсвердлювання, зенкування та центрування отворів;
- фрезерування площин, пазів, уступів;
- розточування та розгортання отворів;
- нарізання різі мітчиками;

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Верстат оснащений пристроєм цифрової ідентифікації з попереднім набором по осях X, Y, Z, і В з використанням високоточних датчиків, що забезпечують точне координатне переміщення рухомих вузлів верстата.

Таблиця 2.6.1 Основні технічні дані

Розміри робочої поверхні столу, мм	120x1 250
Вантажопідйомність, кг	4 000
Розточувальний шпиндель: діаметр, мм	90
Діаметр планшайби, мм	630
Конус шпинделя ISO 45;	40
Найбільші поперечні переміщення стола, X, мм	1 250
Найбільші переміщення шпиндельної бабки вертикально, Y, мм	1 000
Найбільші переміщення стійки поздовжньо, Z, мм	1 000
Найбільші переміщення шпинделя, W, мм	710
Швидкість обертання шпинделя, об / хв	10-1600
Поворот столу, В, град	необмежено
Швидкість обертання планшайби, об / хв	6.4-165
Межі робочих подач X, Y, Z, мм / хв	25 - 1 250
Межі робочих подач W, мм / хв	2 - 200
Межі робочих подач U, мм / хв	0,8-800
Установчі габаритні розміри: довжина, ширина, висота, мм	600x3 730x3 200
Потужність головного приводу, кВт	11

## 2.7 Верстат моделі 2А459АФ4

Координатний свердлильно-фрезерний верстат з ЧПУ моделі 2А459АФ4 використовується для виконання різних операцій з обробки поверхонь і отворів, до розмірів, геометричної форми і положенням яких пред'являються вимоги високої точності в корпусних деталях верстатів, машин, штамсів і пристосувань: розточування, свердління, розгортання, підрізування торців, фрезерування, нарізання різьби, точна розмітка і вимір в умовах індивідуального, дрібносерійного і великосерійного виробництва. Верстат найбільше застосовується для обробки отворів, розташованих на одній осі, паралельних, перпендикулярних або розміщених під довільними кутами з високою точністю, як по геометрії, так і по їх взаємному розташуванню.

Специфічною особливістю верстата є наявність вбудованого поворотного столу, що робить можливою обробку співвісних отворів. А також, на верстаті можна робити обробку криволінійних контурів та контурну обробку фрезою круглих отворів.

Клас точності верстата - А (особливо точні) по ГОСТ 8-82.

### 2.7.1 Основні технічні характеристики

Основні технічні характеристики наведені в таблиці 2.1. Основні розміри по ГОСТ 2Н62-1-80

					<i>МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таблиця 2.1

## Основні технічні характеристики

Найменування параметрів	Дані
Розмір робочого стола по ГОСТ 2Н62-1-78, мм  ширина  довжина	   1000h14  1000h14
Кількість пазів Т-подібної форми	7
Відстань між пазами по ГОСТ 6569-75, мм	125±0,4
ГОСТ 6569-75 ширина пазів, мм  направляючого  інші	  22Н8  22Н12
Найбільша маса заготовки, яка встановлюється на столі, кг	2000
Найбільше робоче переміщення по координаті яке можна запрограмувати:  Х, мм  У, мм  Z, мм  В, градусів	  1250  1100*1  900*2  360+1/1000





Межі подач по координаті: X; Y; Z, мм/хв В, град/хв	2...2500±10% 0,72...1000±10%
Кількість ступенів подачі в автоматичному режимі в режимі ручного введення даних	безступінчатє с дискретой 1мм/хв
Швидкість швидкого переміщення в автоматичному режимі/ в режимі ручного вводу даних: X; Y; Z, мм/хв В град/хв.	8100±10%/5000±10% 2000±10%/1100±10%
Найбільше зусилля подачі при різанні по координаті Z, Н	10000

Продовження таблиці 2.1

Найменування параметрів	Дані
Габаритні розміри верстата без додаткового обладнання не більше, мм	4415
Довжина	4275
Ширина	3800
Висота	
Габаритні розміри верстата з додатковим обладнанням не більше, мм	
Довжина	

					<b>МВ7128МП МЛООО ООО ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Ширина	5870
висота	5355
	3800
Площа яку займає верстат з прикладним обладнанням, м <sup>2</sup>	34,4
Маса верстата без прикладного обладнання не більше, кг	14600
Маса верстата з прикладним обладнанням не більше	17900
Тип системи ЧПК	2С42 (Фанук)
Число одночасно керуючих координат:	
при лінійній інтерполяції	4
при круговій інтерполяції	2+1
Вид ЧПК	Комбінована позиційна і контурна
Введення інформації	Вручну з перфоленти

Продовження таблиці 2.1

Найменування параметрів	Дані
Код представлення інформації по ГОСТ 13052-74	7-бітний
Спосіб задання розмірів	абсолютний і по зростанню

					<b>МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Межі зміщення нуля відліку	по всій траєкторії переміщення
Вимірювальний перетворювач за координатами X, Y, Z, B	оптико – електронний растровий
Ціна поділки відлікових приладів переміщень по координаті:  X; Y; Z, мм B градусах	  0,001 0,001
Точність одностороннього позиціювання по координаті:  X; Y, мм Z, мм B, кутових сек.в положеннях 0°,90°,180°,270° в інших	  0,01 0,02 4 8
Точність міжосьових відстаней розточних отворів, мм	0,018
Вид струму живильної мережі	перемінний трьохфазний
Частота струму, Гц	55
Напруга, В	380 (+11%/-15%)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MB7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ

Арк.

25

Вид струму електроприводів головного руху, переміщення стола, стійки, шпиндельної бабки, повороту стола	Постійний
---	-----------

Закінчення таблиці.2.1

Найменування параметрів	Дані
Вид струму електроприводів гідроагрегата, холодильного агрегата, насоса станції охолодження	Перемінний
Станція гідроприводу з насосними установками	СВ-М3А-45-3Н-1,4-3/6 УЧХЛ
продуктивність, л/хв	3/6
номінальний тиск, МПа	6,5
Ємність баку, л	40
Найбільший робочий тиск в гідросистемі, МПа	5,5
Гідроаккумулятор	
тип	АГП-Б-10/200
тах робочий тиск, МПа	20
ємність. л	10

Насос установки очистки ЗОР	БХ14-44
тип	100
продуктивність, л/хв	
Бренд масла для гідросистеми и системи змащування	ИГП-18

## 2.8 Патентно-інформаційний пошук

1)Свердлильно-розточний верстат. «Нескородяний Володимир Іванович, Оленич Микола Миколайович.№ 64275.опубл. 10.11.2011 бюл.№21».

Свердлильно-розточний верстат для свердління, розточування отворів, що складається з корпусу, обладнаного приводом і шпинделем, який рухається у вертикальному напрямку, який відрізняється тим, що додатково обладнаний нижньою 3 нерухомі платформи 1, 3; 4, 5; 8, 9, а також поворотний механізм 6 забезпечує обробку поверхонь в трьох координатах і нахил інструменту під заданим кутом. Запропонований авторами СРВ додатково дозволяє вирішувати задачі, а саме: - простота в управлінні, налагодженні, обслуговуванні; - робота у всіх просторових положеннях; - переміщення верстата і встановлення на ро 64275 4 боче місце в зібраному вигляді або вузлами вручну чи за допомогою ручного таля; - застосування розточної головки; - значне скорочення ремонтної кампанії, а отже зниження виробничих затрат і зменшення опромінення оперативного персоналу АЕС, враховуючи можливість установки на будь-яку криволінійну поверхню та мобільність верстата.

					<b>MR7128MP MLOOO OOO PZ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

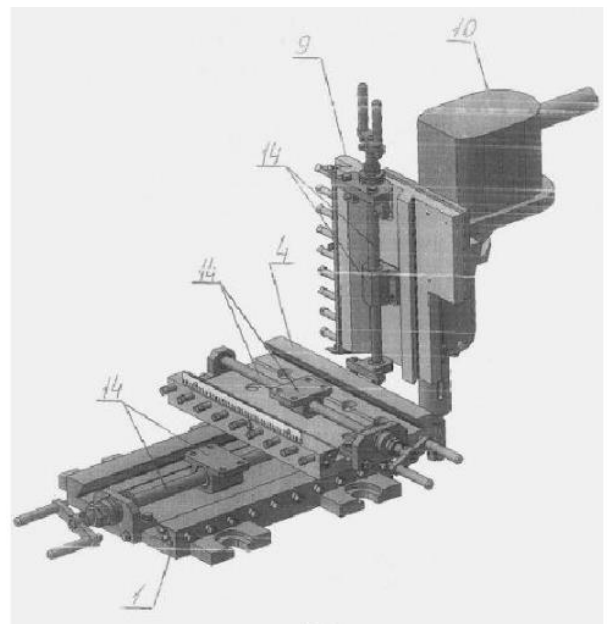
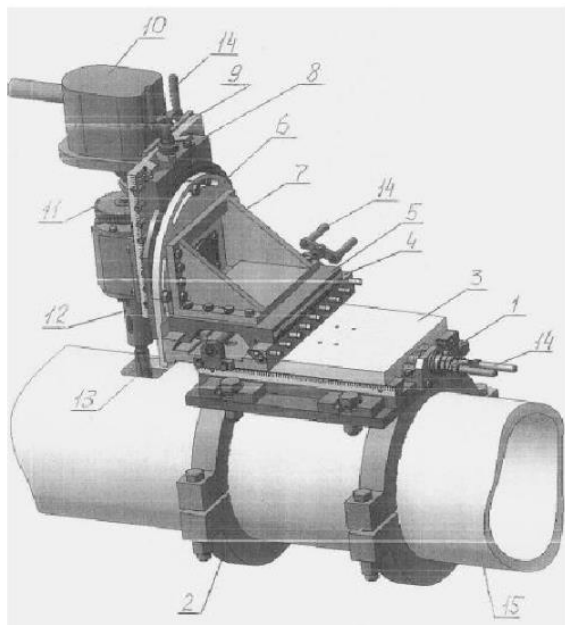


Рис 2.8.1 Патент .№ 64275

2) Багатокоординатний свердлильно-фрезерний верстат. «Кузнецов Юрій Миколайович, Діневич Григорій Юхимович, Дмитрієв Дмитро Олексійович. №86533, опубл. 27.04.2009р. Бюл.№8»

Багатокоординатний свердлильно-фрезерний верстат, що містить верхню і нижню основи, жорстко зв'язані між собою через механізми поступового руху однакової довжини з опорами, три штанги постійної довжини, одні кінці яких з'єднані через шарніри з повзунами механізмів поступового руху, а другі з платформою, на якій розташований інструментальний виконавчий орган з приводом обертання інструменту, який відрізняється тим, що осі механізмів поступового руху мають одну точку перетинання, розташовану над платформою з інструментальним виконавчим органом, і розташовані по бічних ребрах правильної трикутної піраміди.

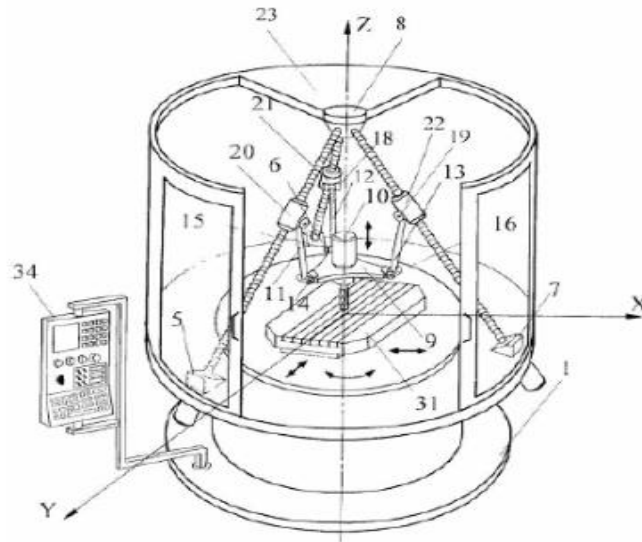


Рис 2.8.2 Багатокоординатний свердлильно-фрезерний верстат

3) Багатокоординатний свердлильно-фрезерний верстат. « Кузнецов Юрій Миколайович, Шинкаренко Василь Федорович, Гайдаєнко Юрій Васильович, Степаненко Олександр Олександрович, Неделчева Пенка Мілкова, Хамуйєла Жоаким Аугушто Герра. №101447,опубл.25.03.2013,Бюл.№6».

Багатокоординатний свердлильно-фрезерний верстат, що містить несучу систему, виконану у вигляді каркасної або оболонкової просторової фігури правильної форми з основою у вигляді багатогранника або круга, розташованою на нерухомій підлозі, робочі органи, що включають шпиндельний вузол пінольного типу з інструментальною системою з приводом головного руху і осьової подачі і двокоординатний стіл, на якому розташована заготовка, що обробляється, який відрізняється тим, що несуча система і основа виконані рухомими одна відносно іншої або відносно нерухомої підлоги, а приводи рухів робочих органів виконані як електромеханічні системи без механічних передач.

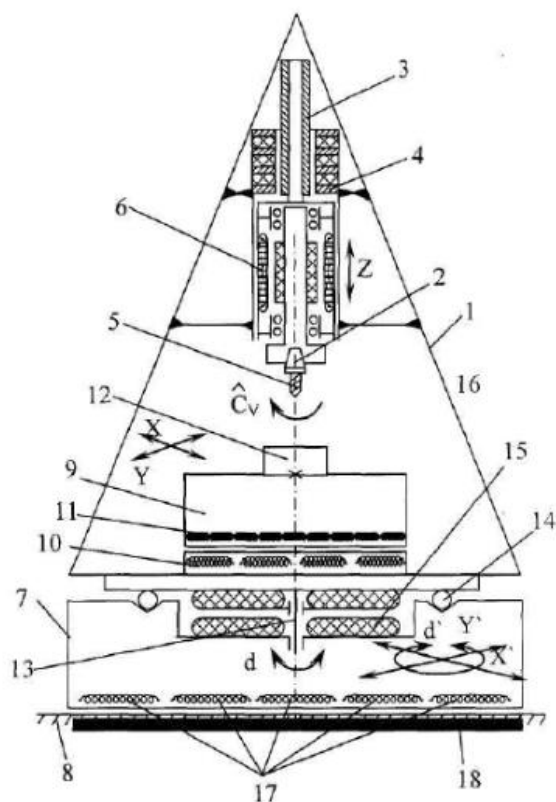


Рис 2.8.3 Патент №101447

## 2.9 Визначення індексів рубрик Міжнародної патентної класифікації.

Предметом патентного пошуку являється свердлильно фрезерний координатно-розточний верстат. Оскільки даний винахід відноситься до техніки і на ньому виконуються оброблювальні операції, вибираємо розділ **В** (Виконання операцій; транспортування). Верстат відноситься до метало-оброблення отже знаходиться в класі **В23** (Металорізальні верстати; оброблення металів). Цей клас охоплює :

- оброблення металевих матеріалів;
- оброблення неметалевих матеріалів, за умови, що застосовувані способи аналогічні тим, що використані в оброблянні металів і не покласифіковані в інших місцях;



- особливості металорізальних верстатів, пов'язані з вимогами або проблемами, які не є притаманими лише окремим видам металорізальних верстатів, наприклад з подаванням виробів на оброблення, що охоплене підкласом В23Q, незважаючи на те, що в різних видах металорізальних верстатів ці особливості можуть бути реалізовані по-різному. Зазначений підклас охоплює такі особливості взагалі, навіть тоді, коли певна особливість або функція, у конкретному випадку, є притаманною металорізальним верстатам, призначеним для однієї конкретної операції, або визначена як така; такі особливості класифікують у підкласі, що охоплює такі металорізальні верстати, лише у виняткових випадках. Однак, деякі особливості загального характеру віднесені до підкласів, що стосуються певних металообробних операцій, особливо В23В, у такому випадку в цих підкласах класифікують зазначені особливості, незалежно від виду металорізального верстата, з яким вони були пов'язані.

Так як даний верстат має широку область застосування та багато операцій які можна проводити то віднести його до якогось єдиного класу неможливо. Саме тому рубрики будуть розділені на три класи, за пріоритетністю. За першим пріоритетом, верстат варто віднести до підкласу **В23В** (токарне оброблення; свердління), адже у дипломному проекті оброблюються два отвори і характерною особливістю даного верстата є обробка отворів, розміщених на одній осі, перпендикулярних чи паралельних або на розміщених під довільними кутами. Винахід відноситься до групи **В23В 39/04** (координатно-розточувальні або свердлильні верстати; верстати для свердління отворів без попереднього розмічання).

За другим пріоритетом верстат відноситься до групи **В23В 39/02** (розточувальні верстати; верстати для комбінованого горизонтального розточування і фрезерування).

					<b>MR7128MP MLOOO OOO PZ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

I група третього пріоритет це **B23C**(Фрезерування),так як можливості верстата дозволяють проводити даний вид робіт на дуже високому рівні.Група **B23C 1/00**(Фрезерувальні верстати загального призначення).

### 2.10 Визначення індексу рубрики УДК.

Продукт класифікації відноситься до інженерної справи та техніки в цілому тому відноситься до коду УДК 62.Наступним пунктом являється код УДК 621(загальне машинобудування.Ядерна техніка.Електротехніка.Технологія машинобудування в цілому)

Більш детально характеризує свердлильно-фрезерний координатно-розточний верстат УДК 621.9 (Обробка різанням (зняттям стружки) Різання(операції без утворення стружки) .Дроблення ти подрібнення.Обробка листового матеріала. Виготовлення різьби і т.д. ).І так як верстат частково свердлильний то кінцевим результатом буде УДК 621.952.

					<i>MR7128MP MLOOO OOO P3</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

### 3. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕРСТАТА

#### 3.1 Визначення габаритних розмірів оброблюваних заготовок

За заданим в завданні даними:

Матеріалу який оброблюється - кол. сплави, чавун, сталі;

матеріалу різального інструменту: швидкорізальні сталі, тверді сплави;

типом виробництва - серійне.

При фрезеруванні:

За заданим  $B$  і  $L$  визначаються їх граничні значення.

$B$  - ширина поворотного столу;  $B = 1000$  мм;

$L$  – довжина поворотного столу;  $L = 1000$  мм.

$$B_{\max} = (0,3 - 0,4) \cdot B = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ мм}; \quad (3.1)$$

$$B_{\min} = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ мм}; \quad (3.2)$$

$$L_{\max} = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 1000 = 500 \text{ мм}; \quad (3.3)$$

$$L_{\min} = 0,5 \cdot L_{\max} = 0,5 \cdot 500 = 250 \text{ мм}. \quad (3.4)$$

Обчислюємо середні розміри максимальних і мінімальних діаметрів фрез.

Для торцевих фрез:

$$D_{\max} = (1,25 - 1,6) \cdot B_{\max} = 1,5 \cdot 300 = 450 \text{ мм}; \quad (3.5)$$

$$D_{\min} = (0,2 - 0,25) \cdot D_{\max} = 0,2 \cdot 450 = 90 \text{ мм}. \quad (3.6)$$

Розраховані діаметри фрез  $D_{\max}$  і  $D_{\min}$  звіряються з рядом переважних чисел, а вже після чого вибирається кінцевий результат.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При свердлінні:

По заданому максимальному діаметру свердління  $D = 50$  мм визначають мінімальний діаметр свердління  $D_{\min}$ :

$$D_{\min} = (0,15 - 0,25) \cdot D; \quad (3.7)$$

$$D_{\min} = 0,15 \cdot 50 = 7,5 \text{ мм.}$$

При розточуванні:

По заданому найбільшому діаметру растачивання  $D = 500$  мм визначають найменший діаметр  $D_{\min}$ :

$$D_{\min} = 0,25 \cdot D; \quad (3.8)$$

$$D_{\min} = 0,25 \cdot 500 = 125 \text{ мм.}$$

### 3.2 Вибір глибини різання

При чорновому фрезеруванні найбільша глибина різання при обробці в один прохід дорівнює:

$$t_{\max} = P_{\max} - P_{\text{чист}}, \quad (3.9)$$

де  $P_{\max}$  - максимальний припуск на сторону (вибирається по таблиці в залежності від оброблюваного матеріалу і розмірів оброблюваної заготовки);  $P_{\text{чист}}$  - чистової припуск. Для всіх розмірів оброблюваних деталей дорівнює  $P_{\text{чист}} = 0,5$  мм.

Для сталі:  $P_{\max} = 6$  мм.

Для міді  $P_{\max} = 3$  мм.

Для чавуну  $P_{\max} = 5$  мм.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тоді:

Для сталі  $t_{\max} = 6 - 0,5 = 5,5 \text{ мм};$

Для чавуну  $t_{\max} = 5 - 0,5 = 4,5 \text{ мм};$

Для міді  $t_{\max} = 3 - 0,5 = 3,5 \text{ мм}.$

Глибина різання при чистовій обробці рівна чистовому припуску:

Для сталі  $t_{\min} = 0,5 \text{ мм};$

Для чавуну  $t_{\min} = 0,5 \text{ мм};$

Для міді  $t_{\min} = 0,5 \text{ мм}.$

### 3.3 Вибір граничних значень подач

Крайні значення подач  $S_{\max}$  і  $S_{\min}$  визначаються для всіх оброблюваних матеріалів і для всіх матеріалів інструменту.

Формула для визначення подачі при фрезеруванні:

$$S = S_T \cdot K_{SU} \cdot K_{SR} \cdot K_{S\Phi}, \quad (3.10)$$

де  $S_T$  - табличне значення подачі на зуб, мм;  $K_{SU}$  - коефіцієнт, що враховує матеріал фрези;  $K_{SR}$  - коефіцієнт, що враховує шорсткість оброблюваної поверхні;  $K_{S\Phi}$  - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні.

Для сталі  $S_{\max} = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,09 \text{ мм / об};$   
 $S_{\min} = 0,14 \cdot 0,85 \cdot 0,25 \cdot 0,57 = 0,017 \text{ мм / об}.$

Для чавуну  $S_{\max} = 0,3 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,15 \text{ мм / об};$   
 $S_{\min} = 0,25 \cdot 0,85 \cdot 0,25 \cdot 0,57 = 0,03 \text{ мм / об}.$

Для міді

$$S_{\max} = 0,33 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,165 \text{ мм / об};$$

$$S_{\min} = 0,26 \cdot 0,85 \cdot 0,25 \cdot 0,57 = 0,031 \text{ мм / об}.$$

Формула для визначення значень подач під час свердління:

$$S = S_T \cdot K_{SI} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SU} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SM}, \quad (3.11)$$

де  $S_T$  - табличне значення подачі, мм / об;  $K_{SI}$  - коефіцієнт, що враховує глибину свердління;  $K_{SЖ}$  - коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи ( $K_{SЖ} = 0,75$ );  $K_{SU}$  - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;  $K_{Sd}$  - коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору;  $K_{SM}$  - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу.

Для сталі

$$S_{\max} = 0,38 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,285 \text{ мм / об};$$

$$S_{\min} = 0,07 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,008 \text{ мм / об}.$$

Для чавуну

$$S_{\max} = 0,38 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,57 \text{ мм / об};$$

$$S_{\min} = 0,07 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 2 = 0,016 \text{ мм / об}.$$

Для міді

$$S_{\max} = 0,38 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 0,57 \text{ мм / об};$$

$$S_{\min} = 0,07 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 2 = 0,016 \text{ мм / об}.$$

Формула для визначення значень подач при розточування:

$$S = S_T \cdot K_{СП} \cdot K_{SU} \cdot K_{SФ} \cdot K_{SЗ} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SM}, \quad (3.12)$$

де  $S_T$  - табличне значення подачі, мм / об;  $K_{СП}$  - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;  $K_{SU}$  - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;  $K_{SФ}$  - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;  $K_{SЗ}$  - коефіцієнт, що враховує вплив загартування;  $K_{SЖ}$  - коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи;  $K_{SM}$  - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу.

Для сталі  $S_{\max} = 0,68 \cdot 0,13 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,07 = 0,06 \text{ мм / об};$   
 $S_{\min} = 0,55 \cdot 0,08 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,45 \cdot 1,07 = 0,006 \text{ мм / об}.$

Для чавуну  $S_{\max} = 0,68 \cdot 0,13 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,25 = 0,075 \text{ мм / об};$   
 $S_{\min} = 0,55 \cdot 0,08 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,45 \cdot 1,25 = 0,007 \text{ мм / об}.$

Для міді  $S_{\max} = 0,68 \cdot 0,13 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1,25 = 0,075 \text{ мм / об};$   
 $S_{\min} = 0,55 \cdot 0,08 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,45 \cdot 1,25 = 0,007 \text{ мм / об}.$

### 3.4 Вибір граничних швидкостей різання

Граничні значення швидкостей різання визначаються за довідковими даними .

Швидкості різання при торцевому фрезеруванні вибираємо по таблиці:

Для сталі  $V_{\max} = 164 \text{ м / мин};$   
 $V_{\min} = 147 \text{ м / мин}.$

Для чавуну  $V_{\max} = 141 \text{ м / мин};$   
 $V_{\min} = 112 \text{ м / мин}.$

Для міді  $V_{\max} = 450 \text{ м / мин};$   
 $V_{\min} = 415 \text{ м / мин}.$

Швидкості різання під час свердління, розраховані на обробку одним інструментом з заданим періодом стійкості при нормальному його затупленні і роботі з охолодженням, вибираємо по таблиці:

Для сталі  $V_{\max} = 38 \text{ м / мин};$   
 $V_{\min} = 20 \text{ м / мин}.$

Для чавуну  $V_{\max} = 48 \text{ м / мин};$   
 $V_{\min} = 25 \text{ м / мин}.$

Для міді  $V_{\max} = 96 \text{ м / мин};$   
 $V_{\min} = 46 \text{ м / мин}.$

При розточуванні швидкість різання може бути визначена за формулою:

$$V = V_T \cdot K_{VU} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{V\Pi} \cdot K_{VO} \quad (3.13)$$

де  $V_T$  - значення з таблиці швидкості різання, м / хв;

$K_{VU}$  - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту;

$K_{V\phi}$  - коефіцієнт, що враховує впливу кута в плані ( $K_{V\phi} = 0,9$ );

$K_{VЖ}$  - коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи;

$K_{V\Pi}$  - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{VO}$  - коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР.

Для сталі

$$V_{\max} = 340 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 306 \text{ м / мин};$$

$$V_{\min} = 239 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 0,85 \cdot 0,8 = 35 \text{ м / мин}.$$

Для чавуну

$$V_{\max} = 200 \cdot 0,83 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 179 \text{ м / мин};$$

$$V_{\min} = 141 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1 = 21 \text{ м / мин}.$$

Для міді

$$V_{\max} = 555 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 599 \text{ м / мин};$$

$$V_{\min} = 362 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 1 = 54 \text{ м / мин}.$$

Також необхідно враховувати швидкість нарізання різьби на даному верстаті, вона при нарізанні мітчиком буде дорівнює:  $V_{\min} = 3 - 4$  м / хв.

### 3.5 Визначення граничних частот обертання шпинделя

Отримані за таблицями і зазначеними вище формулами граничні швидкості різання дають можливість визначити граничні частоти обертання шпинделя верстата. Вони визначаються за такими формулами:

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot V_{\max}}{\pi \cdot D_{\min}}; \quad (3.14)$$



$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot V_{\min}}{\pi \cdot D_{\max}} \quad (3.15)$$

Для фрезерування:

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 450}{3,14 \cdot 90} = 1592 \text{ об/хв}; \quad n_{\min} = \frac{1000 \cdot 112}{3,14 \cdot 450} = 79 \text{ об/хв}$$

Для свердління:

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 96}{3,14 \cdot 7,5} = 3076 \text{ об/хв}; \quad n_{\min} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 50} = 127 \text{ об/хв.}$$

Для розточування:

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 599}{3,14 \cdot 125} = 1526 \text{ об/хв}; \quad n_{\min} = \frac{1000 \cdot 21}{3,14 \cdot 500} = 13,4 \text{ об/хв.}$$

З усіх вище знайдених граничних частот обертання шпинделя верстата вибираємо найбільшу і найменшу частоти.

$$n_{\max} = 3076 \text{ об/хв};$$

$$n_{\min} = 13,4 \text{ об/хв.}$$

#### 4. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Під час вибору нормативної потужності електродвигуна необхідно взяти до уваги наступне:

- режими при чорновій обробці  $t_{\max}$  і  $S_{\max}$ ;
- матеріал з якого зроблена заготовка;
- матеріал ріжучого інструменту - сплав з мінімальною стійкістю.

Потужність електродвигуна приводу головного руху отримується з формули:

$$N_{\text{эл.дв.}} = \frac{N_{\text{норм.}}}{\eta \cdot K}, \quad (4.1)$$

де  $\eta$  - ККД ланцюга головного руху, який для даного верстата приймається  $\eta = 0,7-0,85$ ;  $K$ -коефіцієнт перенавантаження двигуна, який для універсальних верстатів дорівнює  $K = 1,25$ ;  $N_{\text{норм}}$  - нормативна потужність електродвигуна вибирається по таблиці:

при фрезеруванні:  $N_{\text{норм}} = 12,1$  кВт;

при свердлінні:  $N_{\text{норм}} = 8,3$  кВт;

при розточування:  $N_{\text{норм}} = 6,4$  кВт.

З вище зазначених потужностей вибираємо максимальну номінальну потужність. Отримані дані вставляємо в формулу (4.1).

$$N_{\text{эл.дв.}} = \frac{12,1}{0,7 \cdot 1,25} = 13,8 \text{ кВт.}$$

					MR7128MP MЛЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність електродвигуна приводу який проектується доцільно порівняти з потужністю електродвигунів, встановлених на теперішніх верстатах даного типорозміру і дозволяють забезпечити виконання основного обсягу робіт на верстаті.

Відповідно вибираємо двигун 2ПН160ЛУХ4:

$$N = 14 \text{ (кВт)}; n_{\min} = 800 \text{ об/хв.}; n_{\max} = 4000 \text{ об/хв.}$$

					MR7128MP MLOOO OOO P3	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

## 5. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ

### 5.1 Розрахунок числа ступенів коробки швидкостей

Початкові дані:

$$n_{ш. \max} = 3150 \text{ об/хв};$$

$$n_{ш. \min} = 20 \text{ об/хв}.$$

Двигун серії 2ПН160ЛУХ4:

$$N_{дв} = 14 \text{ кВт};$$

$$n_n = 800 \text{ об/хв};$$

$$n_{\max} = 4000 \text{ об/хв}.$$

Потрібний діапазон регулювання частоти обертання приводу:

$$R_n = \frac{n_{ш. \max}}{n_{ш. \min}} = \frac{3150}{20} = 157,5. \quad (5.1)$$

Розрахункова частота обертів шпинделя:

$$n_{ш.р} = n_{ш. \min} \sqrt[4]{R_n} \dots n_{ш. \min} \sqrt[3]{R_n} = 20 \sqrt[4]{157,5} \dots 20 \sqrt[3]{157,5} = 70,85 \dots 108 \text{ об/хв}. \quad (5.2)$$

Приймаємо  $n_{ш.р} = 100 \text{ об/хв}$  при  $\varphi = 1,12$ .

Діапазон регулювання (при постійній потужності) на шпинделі:

$$R_N = \frac{n_{ш. \max}}{n_{ш.р}} = \frac{3150}{80} = 39,375. \quad (5.3)$$

					МВ7128МП МЛООО ООО ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Діапазон регулювання двигуна:

$$R_{\partial.N} = \frac{n_{\max}}{n_n} = \frac{4000}{800} = 5. \quad (5.4)$$

Так як  $R_{\partial.N} < R_N$ , значить необхідна коробка швидкостей.

Кількість ступенів коробки швидкостей визначаємо за формулою

$$z = \frac{\lg R_N}{\lg R_{\partial.N}} = \frac{\lg 39,375}{\lg 5} \approx 2,28. \quad (5.5)$$

Округляючи отримане значення  $z$  в більшу сторону, вибираємо  $z = 3$ .

Розглянемо можливість зменшення числа ступенів приводу за рахунок утворення розривів в характеристиках:

$$z = \frac{\lg(R_N \cdot \Delta R)}{\lg(R_{\partial.N} \cdot \Delta R)} = \frac{\lg(39,375 \cdot 1,25)}{\lg(5 \cdot 1,25)} \approx 2,13.$$

Таким чином спростити привід не можна, тому що в цьому випадку втрати потужності в розривах характеристики будуть перевищувати 20%. Тому потрібно приймати  $z = 3$ .

## 5.2 Розрахунок кінематичної схеми коробки швидкостей

Розроблена кінематична схема коробки швидкостей представлена на рис.5.1.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛЛ ЛЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

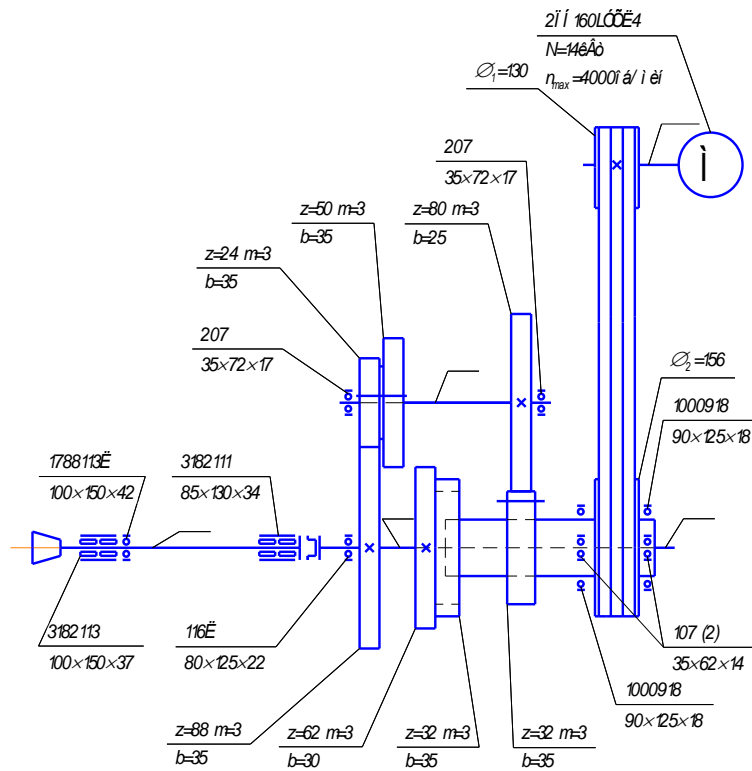


Рис. 5.1 Кінематичне схема коробки швидкостей

### 5.3 Будовання графіка частот обертання шпинделя

Будуємо графік частот обертання шпинделя (рис.5.2), спираючись на обґрунтування технічних характеристик верстата представлених вище:

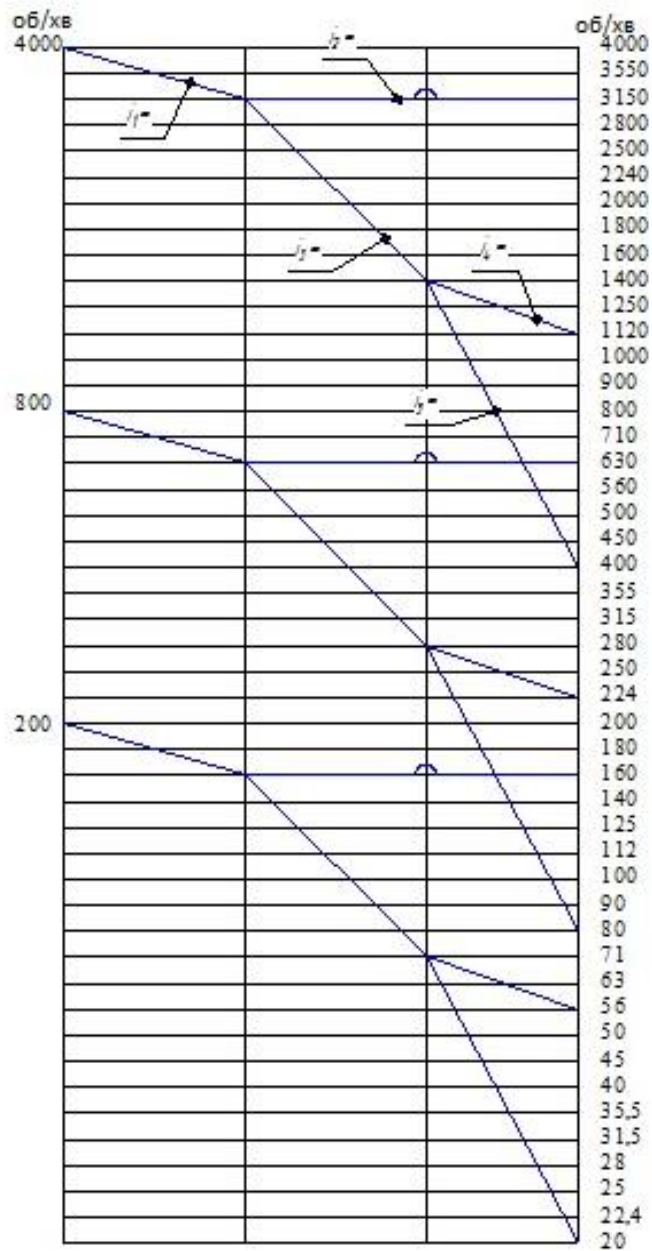


Рис. 5.2 Графік частот обертання шпинделя

## 5.4 Розрахунок числа зубів в передачах

З побудованого графіка частот обертання ми маємо величини передавальних відношень, робимо розрахунок чисел зубів [4]:

Між валами I и II:

$$i_1 = \varphi^{-2} = \frac{130}{156}.$$

Між валами II и III:

$$i_3 = \frac{1}{\varphi^7} = \frac{1}{1,12^7} = \frac{1}{2,21};$$

$$\sum Z = 112; \quad Z_A = 32; \quad Z_B = 80.$$

Між валами III и 4:

$$i_4 = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,12^2} = \frac{1}{1,25};$$

$$\sum Z = 112; \quad Z_A = 50; \quad Z_B = 62;$$

$$i_5 = \frac{1}{\varphi^{11}} = \frac{1}{1,12^{11}} = \frac{1}{3,47};$$

$$\sum Z = 112; \quad Z_A = 24; \quad Z_B = 88.$$

Між валами II и 4:

$$i_2 = \varphi^0 = 1;$$

$$Z_A = 32; \quad Z_B = 32.$$

					MR7128MP MЛOOO OOO ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46



Проводимо перевірку відхилень отриманих значень частот обертання шпинделя від табличних, взятих по нормалі Н11 - 1. Відхилення не має перевищувати величини допуску на відхилення  $\Delta = \pm 10(\varphi - 1) \%$ .

При  $\varphi = 1,12$  отримаємо:

$$\Delta = \pm 10(\varphi - 1) = \pm 10(1,12 - 1) = \pm 1,2\% \quad (5.7)$$

$$4000 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 3136; \quad \Delta = \frac{3150 - 3136}{3150} \cdot 100\% = -0,44\% .$$

$$3550 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 2812; \quad \Delta = \frac{2800 - 2812}{2800} \cdot 100\% = -0,42\% .$$

$$3150 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 2514; \quad \Delta = \frac{2500 - 2514}{2500} \cdot 100\% = -0,56\% .$$

$$2800 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 2246; \quad \Delta = \frac{2240 - 2246}{2240} \cdot 100\% = -0,26\% .$$

$$2500 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 2008; \quad \Delta = \frac{2000 - 2008}{2000} \cdot 100\% = -0,4\% .$$

$$2240 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 1816; \quad \Delta = \frac{1800 - 1816}{1800} \cdot 100\% = -0,88\% .$$

$$2000 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 1609; \quad \Delta = \frac{1600 - 1609}{1600} \cdot 100\% = -0,56\% .$$

$$1800 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 1415; \quad \Delta = \frac{1400 - 1415}{1400} \cdot 100\% = -1,07\% .$$

$$1600 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 1256; \quad \Delta = \frac{1250 - 1256}{1250} \cdot 100\% = -0,48\% .$$

$$4000 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{50}{62} = 1117; \quad \Delta = \frac{1120 - 1117}{1120} \cdot 100\% = 0,26\% .$$

					<b>МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$3550 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{50}{62} = 998; \quad \Delta = \frac{1000 - 998}{1000} \cdot 100\% = 0,2\% .$$

$$3150 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{50}{62} = 897; \quad \Delta = \frac{900 - 897}{900} \cdot 100\% = 0,33\% .$$

$$2800 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{50}{62} = 799; \quad \Delta = \frac{800 - 799}{800} \cdot 100\% = 0,13\% .$$

$$2500 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{50}{62} = 709; \quad \Delta = \frac{710 - 709}{710} \cdot 100\% = 0,14\% .$$

$$800 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 632; \quad \Delta = \frac{630 - 632}{630} \cdot 100\% = -0,32\% .$$

$$710 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 564; \quad \Delta = \frac{560 - 564}{560} \cdot 100\% = -0,71\% .$$

$$630 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 503; \quad \Delta = \frac{500 - 503}{500} \cdot 100\% = -0,6\% .$$

$$560 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{32} = 450; \quad \Delta = \frac{450 - 450}{450} \cdot 100\% = 0\% .$$

$$4000 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 404; \quad \Delta = \frac{400 - 404}{400} \cdot 100\% = -1\% .$$

$$3550 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 358; \quad \Delta = \frac{355 - 358}{355} \cdot 100\% = -0,84\% .$$

$$3150 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 317; \quad \Delta = \frac{315 - 317}{315} \cdot 100\% = -0,64\% .$$

$$2800 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 281; \quad \Delta = \frac{280 - 281}{280} \cdot 100\% = -0,35\% .$$

$$2500 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 253; \quad \Delta = \frac{250 - 253}{250} \cdot 100\% = -1,2\% .$$

$$2240 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 222; \quad \Delta = \frac{224 - 222}{224} \cdot 100\% = 0,89\% .$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ

Арк.

48

$$2000 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 199; \quad \Delta = \frac{200 - 199}{200} \cdot 100\% = 0,5\% .$$

$$1800 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 178; \quad \Delta = \frac{180 - 178}{180} \cdot 100\% = 1,11\% .$$

$$1600 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 159; \quad \Delta = \frac{160 - 159}{160} \cdot 100\% = 0,63\% .$$

$$1400 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 140; \quad \Delta = \frac{140 - 140}{140} \cdot 100\% = 0\% .$$

$$1250 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 124; \quad \Delta = \frac{125 - 124}{125} \cdot 100\% = 0,8\% .$$

$$1120 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 111; \quad \Delta = \frac{112 - 111}{112} \cdot 100\% = 0,89\% .$$

$$1000 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 100; \quad \Delta = \frac{100 - 100}{100} \cdot 100\% = 0\% .$$

$$900 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 89; \quad \Delta = \frac{90 - 89}{90} \cdot 100\% = 1,11\% .$$

$$800 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 79; \quad \Delta = \frac{80 - 79}{80} \cdot 100\% = 1,2\% .$$

$$710 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 71; \quad \Delta = \frac{71 - 71}{71} \cdot 100\% = 0\% .$$

$$630 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 63; \quad \Delta = \frac{63 - 63}{63} \cdot 100\% = 0\% .$$

$$560 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 56,5; \quad \Delta = \frac{56 - 56,5}{56} \cdot 100\% = -0,89\% .$$

$$500 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 50,3; \quad \Delta = \frac{50 - 50,3}{50} \cdot 100\% = -0,6\% .$$

$$450 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 45,4; \quad \Delta = \frac{45 - 45,4}{45} \cdot 100\% = -0,88\% .$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ

Арк.

49

$$400 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 40,1 \quad ; \quad \Delta = \frac{40 - 40,1}{40} \cdot 100\% = -0,25\% .$$

$$355 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 35,5 \quad ; \quad \Delta = \frac{35,5 - 35,5}{35,5} \cdot 100\% = 0\% .$$

$$315 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 31,48 \quad ; \quad \Delta = \frac{31,5 - 31,48}{31,5} \cdot 100\% = 0,63\% .$$

$$280 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 27,88 \quad ; \quad \Delta = \frac{28 - 27,88}{28} \cdot 100\% = 0,43\% .$$

$$250 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 24,96 \quad ; \quad \Delta = \frac{25 - 24,96}{25} \cdot 100\% = 0,16\% .$$

$$224 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 22,38 \quad ; \quad \Delta = \frac{22,4 - 22,38}{22,4} \cdot 100\% = 0,56\% .$$

$$200 \cdot \frac{130}{156} \cdot \frac{32}{80} \cdot \frac{24}{88} = 19,87 \quad ; \quad \Delta = \frac{20 - 19,87}{20} \cdot 100\% = 0,65\% .$$

					<b>МВ7128МП МЛООО ООО ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

## 6. ОПИС КОМПОНУВАННЯ І КІНЕМАТИЧНА СХЕМА ВЕРСТАТА

Найголовніша вимога до основних деталей верстата з ЧПУ, - забезпечити протягом тривалого часу правильне спільне розташування і переміщення виконавчих органів, які знаходяться на них. Основним вузлом верстата є станина, на неї монтуються вузли, механізми та деталі. Для збільшення жорсткості станини, вона має спеціальну коробчату форму а також ребра жорсткості. Станина є вібростійкою, забезпечує зручне відведення стружки і ЗОР. Аналогічні вимоги пред'являються до шпиндельної бабки, столу, направляючих. Базові деталі зварні (зі сталі). Зварні конструкції легші литих.

Напрямні базових частин верстата, забезпечують заданий рух виконавчих органів; вони мають високу і малу силу тертя. В даному верстаті використовуються напрямні ковзання.

Свою роботу привод головного руху здійснює від двигуна постійного струму. Потім, через вал I і пасово-клинову передачу рух передається на вал II. З валу II він передається через коробку швидкостей на вал IV. Вал IV з'єднується зі шпинделем за допомогою муфти.

Електродвигун постійного струму дає змогу безступінчато регулювати частоту обертання, вона змінюється електронним блоком управління. Двигун з'єднаний з трьохступеневою коробкою швидкостей. Такий привод дає свої переваги: простота конструкції і легкість управління. Шпиндель верстата зроблений точним, жорстким, з підвищеною зносостійкістю посадочних і базу вальних поверхонь. Кінець шпинделя стандартизований. Шпиндель має отвір для установки інструменту з конусом 7:24, і конусом Морзе.

Привід подач здійснює переміщення виконавчих органів верстата в необхідну позицію. До приводу висуваються високі вимоги. Він повинен мати дуже малі зазори та високу жорсткість; забезпечити плавність переміщень при невеликих швидкостях а також високу швидкість при допоміжних переміщеннях; повинен бути малий час розгону і гальмування, невеликі сили тертя, великий

					<i>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

діапазон регулювання. Зазначені вимоги забезпечуються за допомогою кульково-гвинтової передачі, напрямних ковзання.

Загальний вигляд з позначенням складових частин верстата показаний на рис.6.1 і рис.6.2.

Перелік складових частин верстата вказано в таблиці 6.1.

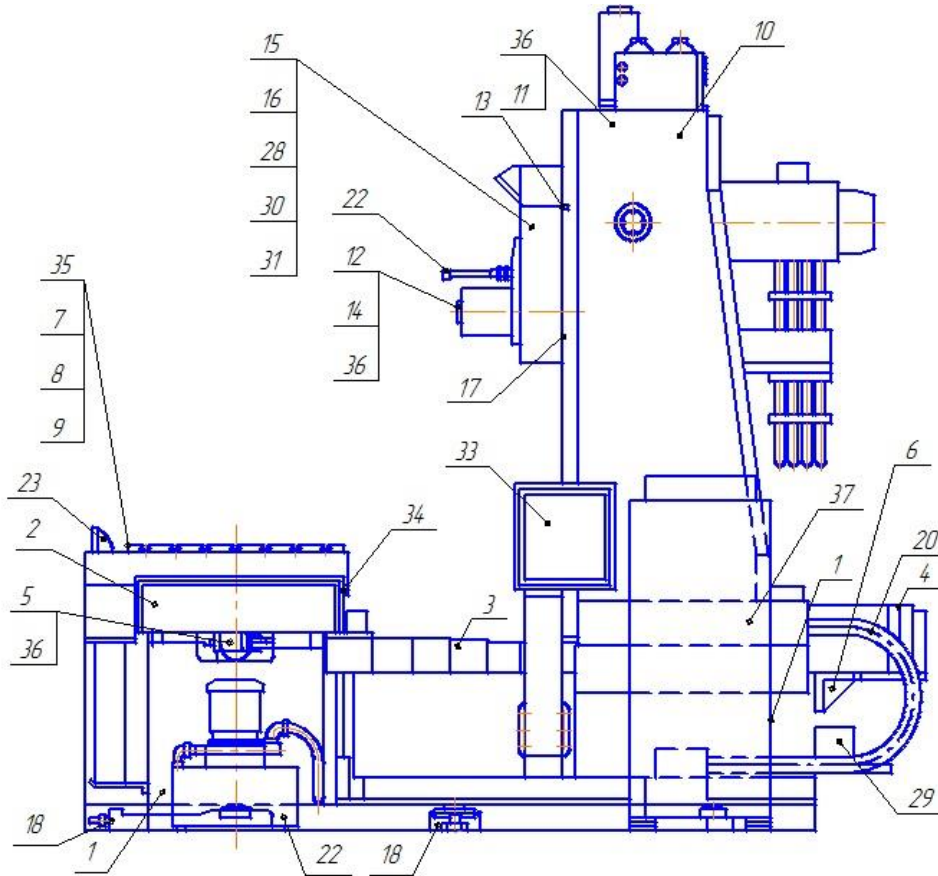


Рис.6.1 Складові частини верстата

					<b>МР7128МП МЛООО ООО ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

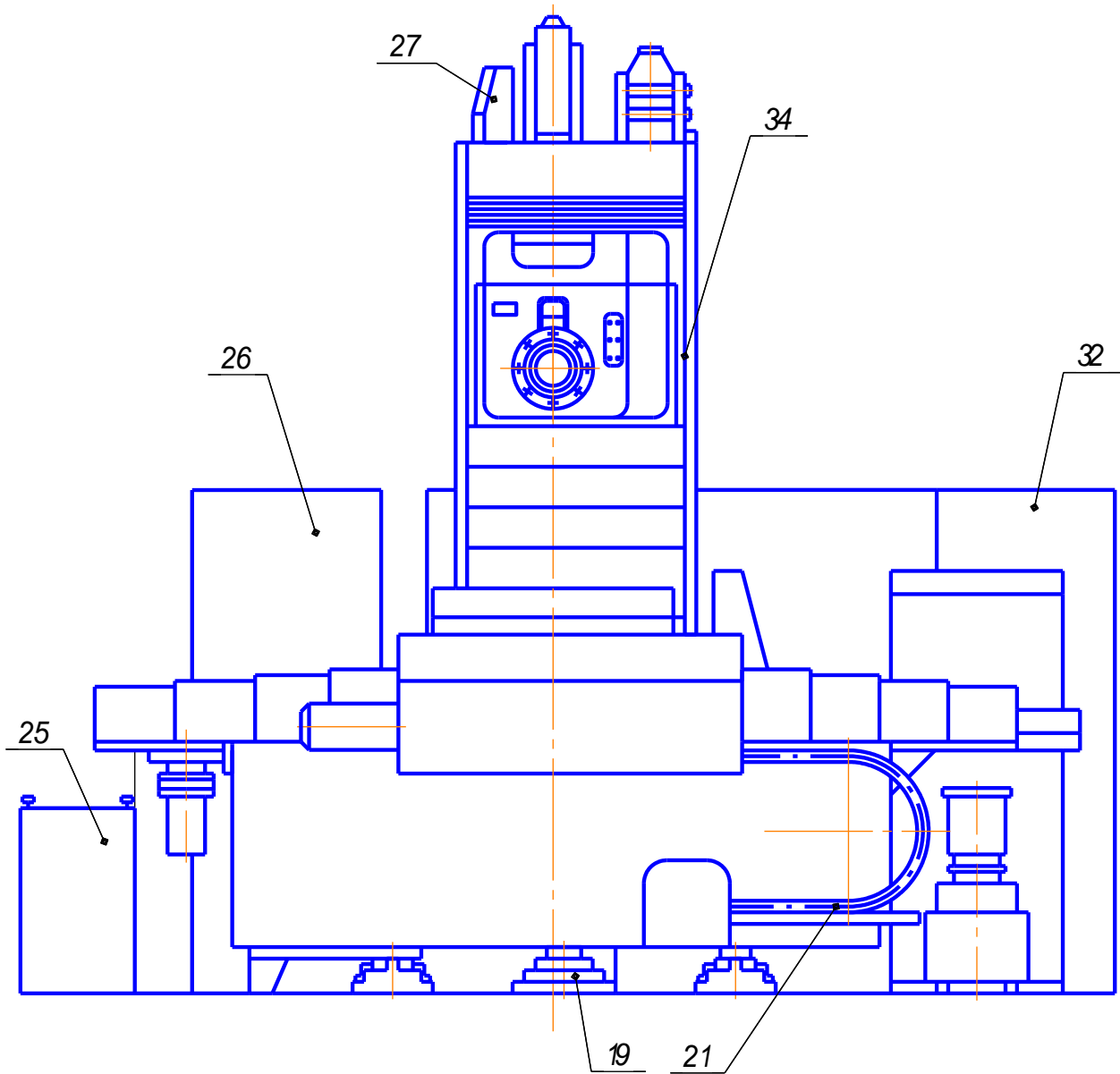


Рис.6.2 Складові частини верстата

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛЛ ЛЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Таблиця 6.1

## Основні складові верстата

Позиція	Найменування	Примітки
1	Станина	
2	Телескопічний захист направляючих станини (стола)	
3	Телескопічний захист направляючих станини (стійки)	
4	Телескопічний захист направляючих станини (стійки)	
5	Передача гвинт-гайка кочення що переміщує стіл	
6	Передача гвинт-гайка кочення яка переміщує стійку	
7	Стіл	
8	Редуктор	
10	Стійка	
11	Передача гвинт-гайка кочення яка забезпечує переміщення шпindelної бабки	
12	Зажим інструмента	
13	Пристрій попереднього натягу	



14	Шпиндельний пристрій	
15	Шпиндельна бабка	
16	КШ(коробка швидкостей)	
17	Пристрій попереднього натягу	
18	Регульована опора	
19	Нерегульована опора	
20	Пристрій для транспортування гідро і електрокомунікацій (до стійки)	

Закінчення табл.6.1

Позиція	Найменування	Примітки
21	Пристрій для транспортування гідро і електрокомунікацій (до стола)	
22	Охолодження зони різання и змив стружки	
23	Охолодження зони різання	
25	Розводка гідравліки	
26	Гідроагрегат	
27	Гідроциліндр призначений для врівноваження шпиндельної бабки	
28	Циліндр віджиму інструмента	

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

29	Гідробак	
30	Циліндр перемикання шестерні	
31	Циліндр перемикання блока	
32	Електрошафи	
33	Пульт керування	
34	Вимірювальний перетворювач за координатою X, Y, Z (оптико – електронні растрові перетворювачі ЛІР 8)	можл. Застосування імпорتنих перетворювачів
35	Вимірювальний перетворювач по координаті В (оптико – електронні растрові перетворювачі ЛІР 1170 А)	можл. Застосування імпорتنих перетворювачів
36	Датчик орієнтації шпинделя (оптико – електронні перетворювачі ЛІР 158 Д)	
37	Прилад ЧПУ	

## 7. РОЗРАХУНКИ МІЦНОСТІ ПРИВОДІВ І ВУЗЛІВ ВЕРСТАТА

### 7.1 Розрахунок міцності зубчатих передач

Передача 32/80:  $m = 3$  мм;  $b_1 = 30$  мм;  $b_2 = 25$  мм.

Номінальний крутний момент, переданий передачею [4]:

$$M_{кр.} = 9554 \cdot \frac{N \cdot \eta}{n} = 9554 \cdot \frac{14 \cdot 0,961}{630} \approx 204 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (7.1)$$

Розрахунковий крутний момент:

$$M_p = k \cdot M_{кр} = 1,5 \cdot 204 = 310 \text{ Нм}. \quad (7.2)$$

Розрахункове число обертів  $n_p = 630$  об/хв.

Швидкість ковзання:

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{1000 \times 60} = \frac{3,14 \times 32 \times 3 \times 630}{1000 \times 60} = 3,17 \text{ м/с}. \quad (7.3)$$

Швидкісний коефіцієнт:  $k_v = 0,5$ .

Коефіцієнт форми зуба:  $y_1 = 0,116$  для  $Z = 32$ ;  $y_2 = 0,139$  для  $Z = 80$ .

Коефіцієнт тиску:  $C = 680$ .

Напруга згину:

$$\sigma_{U1} = \frac{6,35}{m^2 \times b_1 \times z_1 \times y_1} \times M_p \times \frac{1}{k_v}; \quad (7.4)$$

$$\sigma_{U1} = \frac{6,35}{3^2 \times 30 \times 32 \times 0,116} \times 306 \times \frac{1}{0,5} = 9 \text{ Н/м}^2;$$

$$\sigma_{U2} = \sigma_{U1} \times \frac{y_1 \times b_1}{y_2 \times b_2} = 9 \times \frac{0,116 \times 30}{0,139 \times 25} = 9,01 \text{ Н/м}^2. \quad (7.5)$$

					MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Питомий тиск на робочих поверхнях зубів:

$$\sigma_K = \frac{C}{z_1 \times m} \times \sqrt{\frac{i+1}{i \times b_{\min}}} \times M_p \times \frac{1}{k_v} = \frac{680}{32 \times 3} \times \sqrt{\frac{\frac{80}{32} + 1}{\frac{80}{32} \times 25}} \times 306 \times \frac{1}{0,5} = 62 H / m^2. (7.6)$$

Для даного матеріалу– Сталь 40Х ГОСТ 4543–71 НRс 24..28 зуби НRс 45..50

$$[\sigma]_U = 38 H / m^2;$$

$$[\sigma]_K = 135 H / m^2.$$

Висновок: міцність зубчатої передачі задовільняє умови.

Зубчата передача 24/88:  $m = 2$  мм;  $b_1 = 34$  мм;  $b_2 = 30$  мм.

Зубчаті колеса с кутовою корекцією:

$$Z = 24 - \text{зміщення вихідного контура } x = 0,4648;$$

$$Z = 88 - \text{зміщення вихідного контура } x = 0,6.$$

Номінальний крутний момент, який передається передачею:

$$M_{кр.} = 99554 \cdot \frac{14 \cdot 0,941}{280} \approx 450 H \cdot m.$$

Розрахунковий крутний момент:

$$M_p = 1,5 \cdot 450 = 675 H \cdot m.$$

Розраховане число обертів:  $n_p = 280 \text{ об} / \text{мин}.$

Швидкість ковзання:

$$V = \frac{3,14 \times 24 \times 3 \times 280}{1000 \times 60} = 1,06 \text{ м} / \text{с}.$$

					MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Швидкісний коефіцієнт:  $k_v = 0,8$ .

Коефіцієнт форми зуба:  $y_1 = 0,105$ ;  $y_2 = 0,14$ .

Коефіцієнт тиску:  $C = 670$ .

Напруга згину:

$$\sigma_{U1} = \frac{6,35}{m^2 \times b_1 \times z_1 \times y_1} \times M_p \times \frac{1}{k_v};$$

$$\sigma_{U1} = \frac{6,35}{3^2 \times 34 \times 24 \times 0,105} \times 675 \times \frac{1}{0,8} = 22 \text{ Н / м}^2;$$

$$\sigma_{U2} = \sigma_{U1} \times \frac{y_1 \times b_1}{y_2 \times b_2} = 22 \times \frac{0,105 \times 34}{0,14 \times 30} = 18,7 \text{ Н / м}^2.$$

Питомий тиск на робочих поверхнях зубів:

$$\sigma_K = \frac{C}{z_1 \times m} \times \sqrt{\frac{i+1}{i \times b_{\min}}} \times M_p \times \frac{1}{k_v} = \frac{670}{24 \times 3} \times \sqrt{\frac{\frac{88}{24} + 1}{\frac{88}{24} \times 30}} \times 675 \times \frac{1}{0,8} = 101,5 \text{ Н / м}^2.$$

Для сталі 40Х ГОСТ 4543–71 НRс 24..29 зуби НRс 44..50

$$[\sigma]_U = 38 \text{ Н / м}^2;$$

$$[\sigma]_K = 135 \text{ Н / м}^2.$$

Висновок: міцність зубчатої передачі задовільняє умови.

Зубчата передача 50/62:  $m = 3$  мм;  $b_1 = 40$  мм;  $b_2 = 35$  мм.

Номінальний крутний момент, переданий передачею:

$$M_{кр.} = 9554 \cdot \frac{14 \cdot 0,941}{280} \approx 450 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					<b>МВ7128МП МЛООО ООО ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Розрахунковий крутний момент:

$$M_p = 1,5 \cdot 450 = 665 \text{ Нм.}$$

Розрахункове число обертів:  $n_p = 280 \text{ об/мин.}$

Швидкість ковзання:

$$V = \frac{3,14 \times 50 \times 3 \times 280}{1000 \times 60} = 2,2 \text{ м/с.}$$

Швидкісний коефіцієнт:  $k_v = 0,6.$

Коефіцієнт форми зуба:  $y_1 = 0,13; \quad y_2 = 0,134.$

Коефіцієнт тиску:  $C = 670.$

Напруга згину:

$$\sigma_{U1} = \frac{6,35}{m^2 \times b_1 \times z_1 \times y_1} \times M_p \times \frac{1}{k_v};$$

$$\sigma_{U1} = \frac{6,35}{3^2 \times 50 \times 35 \times 0,13} \times 675 \times \frac{1}{0,6} = 10 \text{ Н/м}^2;$$

$$\sigma_{U2} = \sigma_{U1} \times \frac{y_1 \times b_1}{y_2 \times b_2} = 10 \times \frac{0,13 \times 35}{0,134 \times 30} = 11,4 \text{ Н/м}^2.$$

Питомий тиск на робочих поверхнях зубів:

$$\sigma_K = \frac{C}{z_1 \times m} \times \sqrt{\frac{i+1}{i \times b_{\min}}} \times M_p \times \frac{1}{k_v} = \frac{670}{50 \times 3} \times \sqrt{\frac{\frac{62}{50} + 1}{\frac{62}{50} \times 35}} \times 675 \times \frac{1}{0,6} = 57,6 \text{ Н/м}^2.$$

					<b>МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Для сталі 40Х ГОСТ 4543–71 НRс 24..29 зуби НRс 45..50

$$[\sigma]_U = 38H / \text{м}^2;$$

$$[\sigma]_K = 135H / \text{м}^2.$$

Висновок: міцність зубчатої передачі задовільняє умови.

## 7.2 Розрахунок клинопасової передачі (Ремінь Б-1120Т ГОСТ1284 - 68)

$D_1 = 130\text{мм}$  - діаметр малого шківa;

$D_2 = 156\text{мм}$  - діаметр великого шківa;

$Z = 4$  - кількість ременів (профіль "Б");

$F_{\text{сеч}} = 1,38\text{см}^2$  - площа поперечного перерізу ременя;

$A = 335\text{мм}$  - міжосьова відстань;

$L = 1120\text{мм}$  - довжина ременів.

Потрібна кількість ременів:

$$Z = \frac{N}{N_0 \times k_1 \times k_2}, \quad (7.6)$$

де  $N$  - потужність, яку потрібно передати;  $N_0$  - потужність, яка передається одним ременем;  $k_1 = 0,99$ ;  $k_2 = 0,8$  - коефіцієнти (при  $\alpha = 175^\circ$ ).

Визначаємо яка кількість ременів потрібна для різних режимів роботи (таблиця 7.1).

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 7.1

Потрібна кількість ременів

Режим роботи	Передавана потужність і потрібна кількість ременів
$n_{\text{шп}} = 1600 \text{ об/хв}; \quad n_{\text{дв}} = 1600 \text{ об/хв};$ $V_p = \frac{\pi \times D_1 \times n}{1000 \times 60} = \frac{3,14 \times 130 \times 1600}{1000 \times 60} = 10,8 \text{ м/с};$ $N_o = 2,11 \text{ кВт}.$	$N = 6,7 \text{ кВт}$ $Z = \frac{6,7}{2,11 \times 0,8 \times 0,99} = 3,8$
$n_{\text{шп}} = 2000 \text{ об/хв}; \quad n_{\text{дв}} = 2000 \text{ об/хв};$ $V_p = \frac{\pi \times D_1 \times n}{1000 \times 60} = \frac{3,14 \times 130 \times 2000}{1000 \times 60} = 13,6 \text{ м/с};$ $N_o = 2,7 \text{ кВт}.$	$N = 8,6 \text{ кВт}$ $Z = \frac{8,6}{2,7 \times 0,8 \times 0,99} = 4,02$
$n_{\text{шп}} = 4000 \text{ об/хв}; \quad n_{\text{дв}} = 4000 \text{ об/хв};$ $V_p = \frac{\pi \times D_1 \times n}{1000 \times 60} = \frac{3,14 \times 130 \times 4000}{1000 \times 60} = 27,2 \text{ м/с};$ $N_o = 4,14 \text{ кВт}.$	$N = 13,3 \text{ кВт}$ $Z = \frac{13,3}{4,14 \times 0,8 \times 0,99} = 4,05$
$n_{\text{шп}} = 1250 \text{ об/хв}; \quad n_{\text{дв}} = 1250 \text{ об/хв};$ $V_p = \frac{\pi \times D_1 \times n}{1000 \times 60} = \frac{3,14 \times 130 \times 1250}{1000 \times 60} = 8,5 \text{ м/с};$ $N_o = 1,74 \text{ кВт}.$	$N = 5,3 \text{ кВт}$ $Z = \frac{5,3}{1,74 \times 0,8 \times 0,99} = 3,84$



$n_{шт} = 800 об / хв;$ $n_{дв} = 800 об / хв;$  $V_P = \frac{\pi \times D_1 \times n}{1000 \times 60} = \frac{3,14 \times 130 \times 800}{1000 \times 60} = 5,3 м / с;$  $N_o = 1 кВт.$	$N = 2,7 кВт$  $Z = \frac{2,7}{1 \times 0,8 \times 0,99} = 3,4$
$n_{шт} = 1800 об / хв;$ $n_{дв} = 1800 об / хв;$  $V_P = \frac{\pi \times D_1 \times n}{1000 \times 60} = \frac{3,14 \times 130 \times 1800}{1000 \times 60} = 12,3 м / с;$  $N_o = 2,7 кВт.$	$N = 8,6 кВт$  $Z = \frac{8,6}{2,7 \times 0,8 \times 0,99} = 4,02$

Висновок: для того щоб двигун забезпечував свою номінальну потужність потрібно ременів  $Z = 4$ .

Потрібний натяг однієї гілки ременя:

$$S_o = \frac{k_U \times N}{V_1 \times k_1 \times k_2 \times k_3} + 2 \times \theta \times V^2, \quad (7.7)$$

де  $N$  - потужність, що передається ременем;  $k_1 = 0,99$ ;  $k_2 = 0,8$ ;

$k_3$  - коефіцієнт, що враховує швидкість ременя;  $k_U = 85$  - чисельний коефіцієнт;  $\theta = 0,008$  - для профілю "Б".

Для випадку навантаження - 5:

$$S_o = \frac{85 \times 1}{5,3 \times 0,8 \times 0,99 \times 1} + 2 \times 0,008 \times 5,3^2 = 261,2H .$$

Для випадку навантаження - 6:

$$S_o = \frac{84 \times 2,7}{12,3 \times 0,8 \times 0,99 \times 0,97} + 2 \times 0,008 \times 12,3^2 = 254H .$$

Загальний натяг ременя профілю "Б":

$$2S_o = 250...500H \text{ (ГОСТ1284-68); } 2S_o = 500H .$$

Натяг ременя забезпечують, визначаючи зусилля  $Q$ , яке в свою чергу необхідне для відтягування гілки ременя на величину, рівну 1,55 мм на кожні 100 мм міжцентрової відстані рис.7.1.

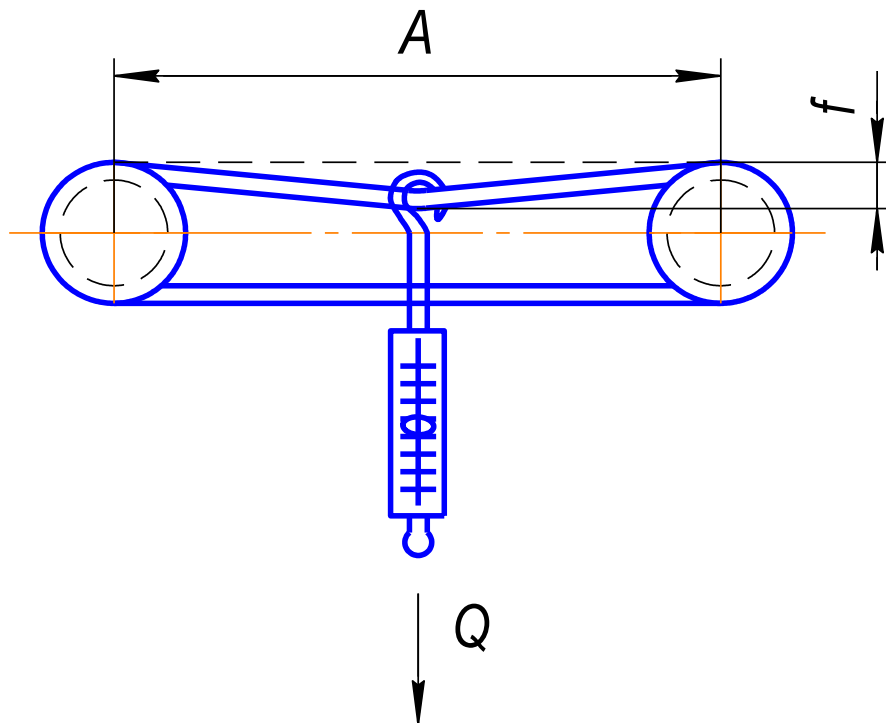


Рис. 7.1 Натяг ременя

Для нового ременя “Б”,  $C_o = 6$  кгс:

$$Q = \frac{1,4 \times S_o + C_o}{16} = \frac{1,4 \times 250 + 60}{16} = 25H. \quad (7.8)$$

Для використовуваного ременя:

$$Q = \frac{S_o + C_o}{16} = \frac{250 + 60}{16} = 20H; \quad (7.9)$$

$$f = 1,55 \times \frac{A}{100} = 1,55 \times \frac{335}{100} = 5,2\text{мм}.$$

### 7.3. Розрахунок шпинделя на жорсткість

Розрахунки здійснюються для шпинделя на жорстких опорах.

Розрахункова схема представлена консоллю, так як в передній опорі встановлений дворядний підшипник кочення. При розрахунку не буде враховуватися дія затискного моменту в підшипнику передньої опори, вона має кілька рядів тіл кочення. Розрахуємо силу різання, яка виникає при роботі зі споживанням найбільшої потужності на різання при фрезеруванні сталі фрезою зі сталі Р18. Далі визначимо силу різання, яка утворюється при роботі зі споживанням найбільшої потужності на різання при фрезеруванні сталі фрезою зі сталі Р18. Значення  $C_p$  і показників ступенів взяті з довідника. Для фрези зі сталі Р18 діаметром  $\varnothing 50$  мм і числом зубів  $Z = 8$  при глибині різання  $t = 6$  мм маємо  $S_z = 0,15$  мм / зуб. Ширина фрезерування  $B = 35$  мм. Робочі обороти:  $n = 200$  об / хв показники ступенів взяті з довідника.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Для фрези зі сталі P18 діаметром  $\varnothing 50$  мм і числом зубів  $Z = 6$  при глибині різання  $t = 6$  мм маємо  $S_z = 0,15$  мм / зуб. Ширина фрезерування  $B = 35$  мм. Робочі обороти:  $n = 200$ об / хв [4].

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 35^1 \cdot 8}{50^{0,86} \cdot 200^0} = 5620,68H; \quad (7.10)$$

$$P_y = 0,4 \cdot 5620,68 = 2248,27H; \quad (7.11)$$

$$P_{рез} = \sqrt{P_z^2 + P_y^2} = \sqrt{5620,68^2 + 2248,27^2} = 6053,66H. \quad (7.12)$$

Для того щоб визначити середній зовнішній діаметр на консолі використовується залежність:

$$d_{cp} = \frac{\sum d_i l_i}{\sum l_i}, \quad (7.13)$$

де  $d$  - діаметр ділянки вала;  $l$  - довжина ділянки вала з одним діаметром.

$$d_{cp} = (27 \cdot 75 + 90 \cdot 56) / (27 + 56) = 85 \text{ мм}.$$

Приймаємо внутрішній діаметр  $d = 40$  мм.

Далі моменти інерції перетинів розраховуються для кільцевого перетину.

$$I = \frac{\pi \cdot d^4 (1 - k^4)}{64}; \quad k = \frac{D_i}{d_i}; \quad (7.14)$$

$$I = \frac{\pi \cdot 85^4 \cdot \left(1 - \left(\frac{40}{85}\right)^4\right)}{64} = 2,45 \cdot 10^6 \text{ мм}^4.$$

На кінці шпинделя прогин та поворот в передній опорі визначається для варіанту схеми яка має вигляд консолі рис.7.2.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

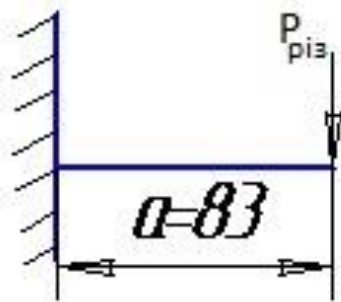


Рис. 7.2 Розрахункова схема

Здійснимо розрахунок прогину і кута повороту кінця шпинделя.

Прогин

$$\delta = \frac{P_{PEЗ} \cdot a^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{6053,66 \cdot 83^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2,45 \cdot 10^6} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ мм.} \quad (7.15)$$

Кут повороту переднього кінця шпинделя:

$$\theta = \frac{P_{PEЗ} \cdot a^2}{2 \cdot E \cdot I} = \frac{6053,66 \cdot 83^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2,45 \cdot 10^6} = 4,26 \cdot 10^{-5} \text{ рад.} \quad (7.16)$$

Максимальний допустимий прогин кінця шпинделя і потенційний поворот перетину шпинделя в передній опорі:

$$[\delta] = 0,0002 \cdot a = 0,0002 \cdot 83 = 0,0166 \text{ мм;} \quad (7.17)$$

$$[\theta] = 0,001 \text{ рад.}$$

Висновок: даний варіант шпинделя задовольняє вимоги жорсткості, так як прогини і кути повороту його кінця не перевищують максимальних значень.

## 7.4. Розрахунок вала на міцність

Вал III

(1 варіант навантаження)

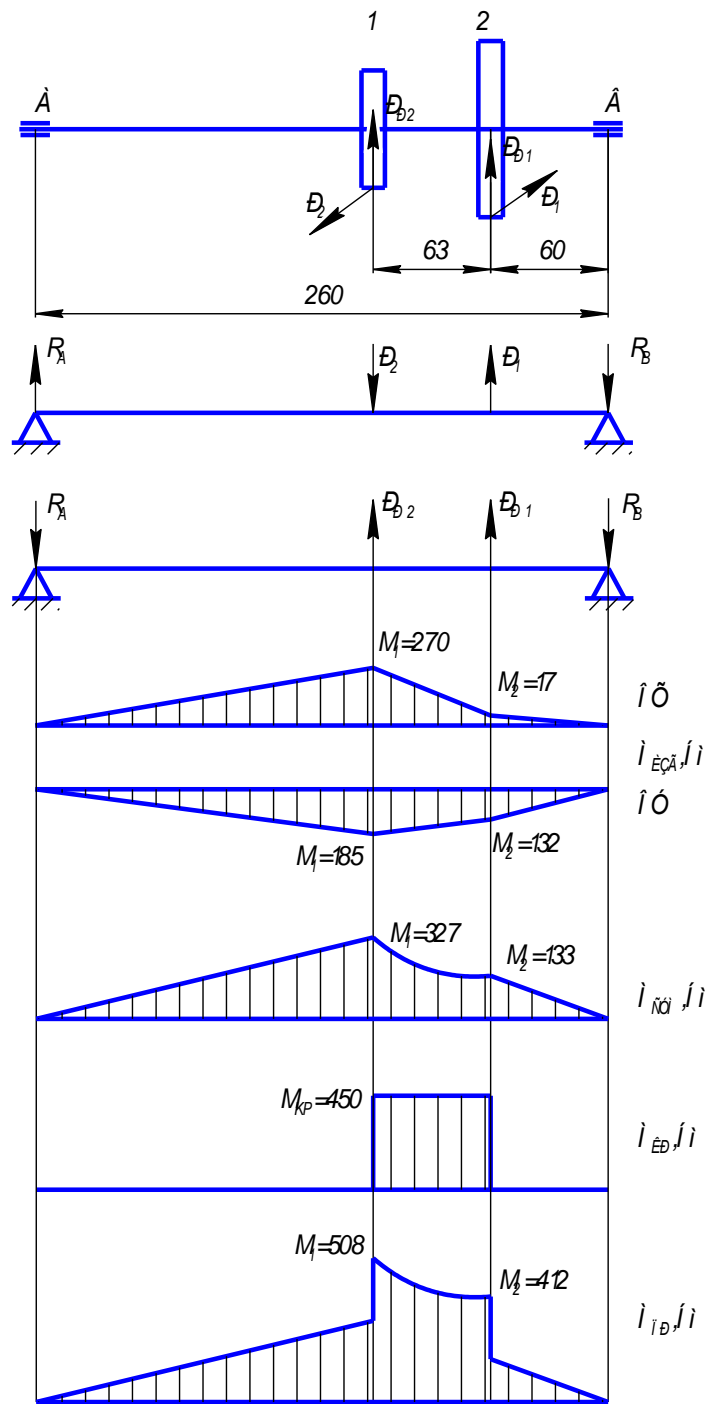


Рис. 7.3 Розрахункова схема вала III

Зусилля, діючі на вал:

$$P_1 = \frac{2000 \times M_{KP}}{m \times z_1} = \frac{2000 \times 450}{3 \times 80} = 3750H; \quad (7.18)$$

$$P_{P1} = P_1 \times \operatorname{tg}20^\circ = 3750 \times 0,364 = 1365H; \quad (7.19)$$

$$P_2 = \frac{2000 \times M_{KP}}{m \times z_2} = \frac{2000 \times 450}{3 \times 50} = 6000H; \quad (7.20)$$

$$P_{P2} = P_2 \times \operatorname{tg}20^\circ = 6000 \times 0,364 = 2184H. \quad (7.21)$$

Опорні реакції і згинальний момент в площині дії окружних сил:

$$R_A^I = \frac{P_2 \times 123 - P_1 \times 60}{260} = \frac{6000 \times 123 - 3750 \times 60}{260} = 1973H; \quad (7.22)$$

$$R_B^I = -\frac{P_1 \times 200 + P_2 \times 137}{260} = -\frac{3750 \times 200 + 6000 \times 137}{260} = -278H; \quad (7.23)$$

$$M_1^I = R_A^I \times 0,137 = 1973 \times 0,137 = 270Hm; \quad (7.24)$$

$$M_2^I = R_B^I \times 0,06 = -278 \times 0,06 = -17Hm. \quad (7.25)$$

Опорні реакції і згинальний момент в площині дії радіальних сил:

$$R_A^{II} = \frac{P_{P2} \times 123 + P_{P1} \times 60}{260} = \frac{2184 \times 123 + 1365 \times 60}{260} = 1348H; \quad (7.26)$$

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$R_B^{\parallel} = P_{P2} + P_{P1} - R_A^{\parallel} = 2184 + 1365 - 1348 = 2201H; (7.27)$$

$$M_1^{\parallel} = R_A^{\parallel} \times 0,137 = 1348 \times 0,137 = 185Hm; (7.28)$$

$$M_2^{\parallel} = R_B^{\parallel} \times 0,06 = 2201 \times 0,06 = 132Hm. (7.29)$$

Сумарні опорні реакції:

$$R_{AA} = \sqrt{R_A^{\perp 2} + R_A^{\parallel 2}} = \sqrt{1973^2 + 1348^2} = 2390H; (7.30)$$

$$R_{BB} = \sqrt{R_B^{\perp 2} + R_B^{\parallel 2}} = \sqrt{278^2 + 2201^2} = 2218H; (7.31)$$

Сумарний момент згину в перерізах:

$$M_1 = \sqrt{M_1^{\perp 2} + M_1^{\parallel 2}} = \sqrt{270^2 + 185^2} = 327Hm; (7.32)$$

$$M_2 = \sqrt{M_2^{\perp 2} + M_2^{\parallel 2}} = \sqrt{17^2 + 132^2} = 133Hm.$$

Приведений момент в перерізах:

$$M_{PP1} = \sqrt{M_{\Sigma 1}^2 + 0,75 \cdot M_{KP}^2} = \sqrt{327^2 + 0,75 \cdot 450^2} = 508H \cdot m; (7.33)$$

$$M_{PP2} = \sqrt{M_{\Sigma 2}^2 + 0,75 \cdot M_{KP}^2} = \sqrt{133^2 + 0,75 \cdot 450^2} = 412H \cdot m.$$

Вал III

(2 варіант навантаження)

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛЛ ЛЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70



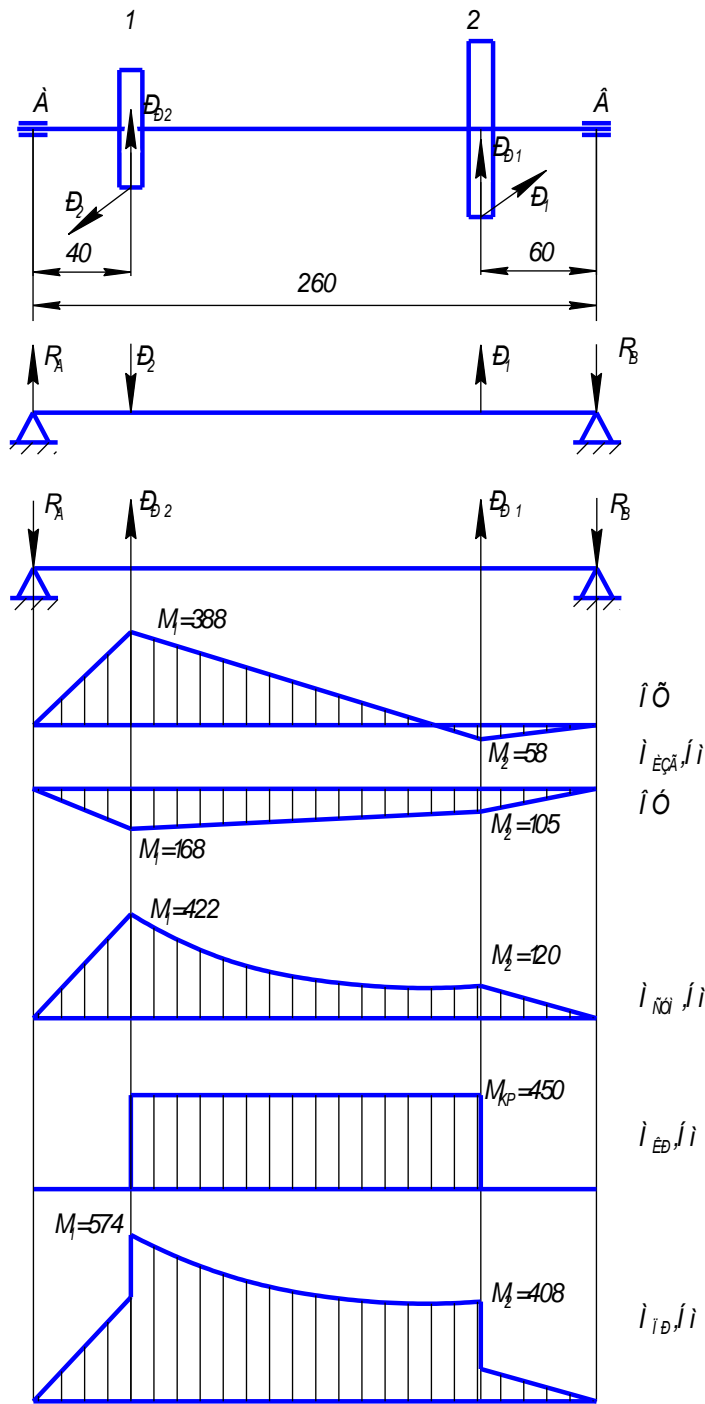


Рис. 7.4 розрахункова схема вала III

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ

Арк.

71

Зусилля діючі на вал:

$$P_1 = \frac{2000 \times M_{KP}}{m \times z_1} = \frac{2000 \times 450}{3 \times 80} = 3750H ; \quad (7.34)$$

$$P_{P1} = P_1 \times \operatorname{tg} 20^\circ = 3750 \times 0,364 = 1365H ; \quad (7.35)$$

$$P_2 = \frac{2000 \times M_{KP}}{m \times z_2} = \frac{2000 \times 450}{3 \times 24} = 12500H ; \quad (7.36)$$

$$P_{P2} = P_2 \times \operatorname{tg} 20^\circ = 12500 \times 0,364 = 4550H . \quad (7.37)$$

Опорні реакції і згинальний момент в площині дії окружних сил:

$$R_A^I = \frac{P_2 \times 220 - P_1 \times 60}{260} = \frac{12500 \times 220 - 3750 \times 60}{260} = 9712H ; \quad (7.38)$$

$$R_B^I = -\frac{P_1 \times 200 - P_2 \times 40}{260} = -\frac{3750 \times 200 - 12500 \times 40}{260} = 961H ; \quad (7.39)$$

$$M_1^I = R_A^I \times 0,04 = 9712 \times 0,04 = 388Hm ; \quad (7.40)$$

$$M_2^I = R_B^I \times 0,06 = 961 \times 0,06 = 58Hm . \quad (7.41)$$

Опорні реакції і згинальний момент в площині дії радіальних сил

$$R_A^II = \frac{P_{P2} \times 220 + P_{P1} \times 60}{260} = \frac{4550 \times 220 + 1365 \times 60}{260} = 4165H ; \quad (7.42)$$

$$R_B^II = \frac{P_{P1} \times 200 + P_{P2} \times 40}{260} = \frac{1365 \times 200 + 4550 \times 40}{260} = 1750H ; \quad (7.43)$$

$$M_1^II = R_A^II \times 0,04 = 4165 \times 0,04 = 167Hm ; \quad (7.44)$$

$$M_2^II = R_B^II \times 0,06 = 1750 \times 0,06 = 105Hm . \quad (7.45)$$

					<b>MR7128MP MЛOOO OOO ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Сумарні опорні реакції:

$$R_{AA} = \sqrt{R_A^{\perp 2} + R_A^{\parallel 2}} = \sqrt{9712^2 + 4165^2} = 10567H; \quad (7.46)$$

$$R_{BB} = \sqrt{R_B^{\perp 2} + R_B^{\parallel 2}} = \sqrt{961^2 + 1750^2} = 1997H; \quad (7.47)$$

Сумарний момент згину в перерізах:

$$M_1 = \sqrt{M_1^{\perp 2} + M_1^{\parallel 2}} = \sqrt{388^2 + 167^2} = 422Hm; \quad (7.48)$$

$$M_2 = \sqrt{M_2^{\perp 2} + M_2^{\parallel 2}} = \sqrt{58^2 + 105^2} = 120Hm.$$

Приведений момент в перерізах:

$$M_{\text{пр1}} = \sqrt{M_{\Sigma 1}^2 + 0,75 \cdot M_{\text{кр}}^2} = \sqrt{422^2 + 0,75 \cdot 450^2} = 574H \cdot m; \quad (7.49)$$

$$M_{\text{пр2}} = \sqrt{M_{\Sigma 2}^2 + 0,75 \cdot M_{\text{кр}}^2} = \sqrt{120^2 + 0,75 \cdot 450^2} = 408H \cdot m.$$

Другий варіант навантаження вала III володіє великими приведеними моментами, тому розрахунок прогинів в перетинах проводиться для другого варіанта навантаження.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Момент інерції перерізу вала знаходимо за формулою:

$$J = \frac{\pi \times d_{CP}^4}{64} = \frac{3,14 \times 3,85^4}{64} = 11,35 \text{ см}^4. \quad (7.50)$$

Прогин вала в перерізі 1 - 1 і 2 - 2 в площині дії окружних сил:

$$\begin{aligned} y_{1-1} &= \frac{P_2 \times 4^2 \times 22^2}{3 \times E \times J \times 26} - \frac{P_1 \times 6 \times 4}{6 \times E \times J \times 26} \times (26^2 - 6^2 - 4^2) = \\ &= \frac{12500 \times 4^2 \times 22^2}{3 \times 2,1 \times 10^6 \times 11,35 \times 26} - \frac{3750 \times 6 \times 4}{6 \times 2,1 \times 10^6 \times 11,35 \times 26} \times (26^2 - 6^2 - 4^2) = 937 \times 10^{-6} \text{ см}; \end{aligned} \quad (7.51)$$

$$\begin{aligned} y_{2-2} &= -\frac{P_1 \times 20^2 \times 6^2}{3 \times E \times J \times 25} + \frac{P_2 \times 6 \times 4}{6 \times E \times J \times 25} \times (26^2 - 6^2 - 4^2) = \\ &= -\frac{3750 \times 20^2 \times 6^2}{3 \times 2,1 \times 10^6 \times 11,35 \times 25} + \frac{12500 \times 6 \times 4}{6 \times 2,1 \times 10^6 \times 11,35 \times 25} \times (26^2 - 6^2 - 4^2) = 529,34 \times 10^{-6} \text{ см}. \end{aligned} \quad (7.52)$$

Прогин вала в перерізі 1 - 1 і 2 - 2 площині дії радіальних сил:

$$y_{1-1} = \frac{4550 \times 4^2 \times 22^2}{3 \times 2,1 \times 10^6 \times 11,35 \times 26} + \frac{1365 \times 6 \times 4}{6 \times 2,1 \times 10^6 \times 11,35 \times 26} \times (26^2 - 6^2 - 4^2) = 567,59 \times 10^{-6} \text{ см};$$

$$y_{2-2} = \frac{1365 \times 20^2 \times 6^2}{3 \times 2,1 \times 10^6 \times 11,35 \times 26} + \frac{4550 \times 6 \times 4}{6 \times 2,1 \times 10^6 \times 11,35 \times 26} \times (26^2 - 6^2 - 4^2) = 632,94 \times 10^{-6} \text{ см}.$$

Сумарний прогин в перерізах:

$$y_1 = \sqrt{9,37^2 + 5,67^2} = 10,95 \text{ мкм}; \quad (7.53)$$

$$y_2 = \sqrt{5,29^2 + 6,32^2} = 8,24 \text{ мкм}. \quad (7.54)$$

					<b>МВ7128МП МЛООО ООО ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

## 7.5 Розрахунок довговічності опор

Підшипник № 208 35 × 72 × 17; C = 20200 Н.

Довговічність підшипника в годинах:

$$Lh = \frac{10^6}{60 \times n} \times \left( \frac{C}{P} \right)^p; \quad (7.55)$$

$$P = (V \times X \times F_r + Y \times F_a) \times k_\delta \times k_T, \quad (7.56)$$

Де  $n$  - розрахункове число обертів;  $p = 3$  - степеневий показник для кулькових підшипників;  $V = 1$  - коефіцієнт який характеризує обертання щодо вектора навантаження внутрішнього кільця радіального підшипника;  $k_\delta = 1,2$  - динамічний коефіцієнт, що враховує вплив динамічних умов;  $X = 1$  для однорядних підшипників;  $k_T = 1$  - температурний коефіцієнт;  $F_a = 0$  - осьове навантаження;  $F_r$  - еквівалентна динамічна радіального навантаження.

$$F_r = \sqrt[3]{\frac{R_1^3 \times n_1 \times t_1 + R_2^3 \times n_2 \times t_2}{n_1 \times t_1 + n_2 \times t_2}}; \quad (7.57)$$

$$F_r = \sqrt[3]{\frac{2390^3 \times 280 \times 0,6 + 2218^3 \times 630 \times 0,3}{280 \times 0,6 + 630 \times 0,3}} = 2750H,$$

де  $n_1 = 280 \text{об/хв}$  - (середній режим в 1 діапазоні, 60% часу працює привод);  $n_2 = 630 \text{об/хв}$  - (середній режим в 2 діапазоні, 30% часу працює привод);  
 $R_1 = 2390H$ ;  $R_2 = 2218H$ ,

тоді  $P = 2750 \times 1 \times 1 \times 1,2 \times 1 = 3300 \text{кгс}$  ;

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

$$n = 280 \times 0,6 + 630 \times 0,3 = 357 \text{ об/хв};$$

$$Lh = \frac{10^6}{60 \times 357} \times \left( \frac{20100}{3300} \right)^3 = 1,05 \times 10^4 \text{ ч.}$$

Висновок: підшипники задовольняють умови довговічності.

Підшипник 116 80×125×22;  $C=37400 \text{ Н}$ .

$$k_K = k_T = 1;$$

$$k_\delta = 1,2.$$

$$n = 80 \text{ об/хв};$$

$$F_r = 3026 \text{ Н}$$

$$P = 3026 \times 1,2 \times 1 \times 1 = 3631 \text{ Н};$$

$$Lh = \frac{10^6}{60 \times 80} \times \left( \frac{37400}{3631} \right)^3 = 0,22 \times 10^6 \text{ ч.}$$

Підшипник №107 35×62×14;  $C=12500 \text{ Н}$ .

$$k_K = k_T = 1;$$

$$k_\delta = 1,2.$$

$$n = 630 \text{ об/хв};$$

$$P_A = 1160 \text{ Н};$$

$$P_B = 410 \text{ Н};$$

$$Lh_A = \frac{10^6}{60 \times 630} \times \left( \frac{12500}{1160 \times 1,2 \times 1 \times 1} \right)^3 = 0,019 \times 10^6 \text{ ч};$$

					<b>МВ7128МП МЛООО ООО ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

$$Lh_B = \frac{10^6}{60 \times 630} \times \left( \frac{12500}{410 \times 1,2 \times 1 \times 1} \right)^3 = 0,433 \times 10^6 \text{ ч.}$$

Підшипник 1000918 90×125×18;  $C=25800 \text{ Н}$ .

$$k_K = k_T = 1;$$

$$k_\delta = 1,2;$$

$$n = 630 \text{ об/хв};$$

$$F_r = 608 \text{ Н};$$

$$P = 729,6 \text{ Н}.$$

$$Lh_A = \frac{10^6}{60 \times 630} \times \left( \frac{25800}{729,6} \right)^3 = 0,545 \times 10^6 \text{ ч.}$$

Висновок: підшипники задовольняють умови довговічності.

### 7.6 Розрахунок на міцність болтового з'єднання шестерні $Z = 88$ з шестернею $Z = 62$

Максимальний крутний момент, який передає шестерня:

$$M_{кр} = 450 \text{ Нм.}$$

Розрахунковий крутний момент:

$$M_p = 1,5 \times 450 = 675 \text{ Нм.}$$

Даний момент має бути переданий за рахунок тертя по торцях шестерень. Сила тертя утворюється при затягуванні болтів М16, розташованих по колу радіусом  $R = 65 \text{ мм}$ , встановлених з зазором.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Для кільцевого стику з зовнішнім діаметром  $D_1 = 163$  мм і внутрішнім  $D_2 = 90$  мм отримуємо:

$$P_{зат} \geq \frac{4 \times M_p \times D_1}{Z \times f \times (D_1^2 + D_2^2)}, \quad (7.58)$$

де  $Z = 6$  – кількість болтів ;  $F = 0,2$  – коефіцієнт тертя в стику.

$$P_{зат} = \frac{4 \times 675 \times 0,163}{6 \times 0,2 \times (0,162^2 + 0,09^2)} = 1085 \text{ Н}.$$

Наближена геометрична подібність різьби дозволяє для орієнтовних розрахунків користуватися співвідношенням:

$$M_{зат} = 0,2 \times P_{зат} \times d; \quad (7.59)$$

$$M_{зат} = 0,2 \times 1085 \times 0,162 = 35 \text{ Нм}.$$

Допустимий момент затяжки для болтів М16 из Сталі 45 :

$$[M_{зат}] = 48 \text{ Нм}.$$

Висновок: міцність болтів М16 (6 шт.) из Сталі 45 ГОСТ 4543–71 достатня для передачі крутного момента  $M_p = 675 \text{ Нм}$ .

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78



## 8. ОПИС ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ СТАНКА

### 8.1 Станина

Це базова деталь яка має коробчату форму з внутрішніми ребрами жорсткості. У верхній її частині розміщені дві напрямні ковзання. На V-подібній і плоскій напрямній розміщений стіл, це дає йому плавність переміщення санчат столу по направляючих станини. Направляючі станини захищені від попадання бруду та стружки спеціальним телескопічним захистом. На передньому торці станини, стрічки захисту прикріплені жорстко гвинтами. Між напрямними станини встановлений привід переміщення санчат столу.

Привід складається з пари гвинт-гайка кочення, з'єднаної безлюфтовою муфтою з електродвигуном. Через це забезпечується весь діапазон подач рухомих вузлів без розміщення редукторів. Ходовий гвинт встановлений на підшипниках кочення та на двох опорах. Злив відпрацьованого масла (орієнтовно один раз в тиждень) з напрямних стійки, опор ходового гвинта, напрямних санчат і столу здійснюється через вікно в станині і збирається в висувний лоток. Для здійснення відліку переміщення санчат столу (координата X) використовується перетворювач лінійних переміщень ЛПР-8. Лінійка перетворювача кріпиться на столі, головка для зчитування на станині. Координата фактичного положення рухомого органу відображається на екрані пристрою ЧПУ.

Станина монтується на фундамент на три опори: одна не регульована і дві регульовані.

Для того щоб відключити переміщення санчат на станині встановлені:

- два мікроперемикача, які забезпечують відключення переміщення в крайніх положеннях санчат;

					<i>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

- два мікроперемикача для аварійного відключення;
- мікрореле, для виходу на нульову точку відліку руху даного органу.

Відключення переміщення ходу в крайніх положеннях задано в пам'яті пристрою ЧПУ. У корпусі станини містяться два наскрізних отвори для транспортування верстата ці отвори закриті кришками.

## 8.2 Стійка

Стійка являє собою коробчатий вилівок з вертикальними V-подібними і плоскими напрямними ковзання для переміщення каретки шпиндельної бабки. Для запобігання потрапляння бруду на напрямні ковзання передбачений телескопічний захист. Захисні щитки ковзають по пазах планок. У верхній частині стійки встановлений електродвигун, з'єднаний безлюфтовою муфтою з ходовим гвинтом, за допомогою якого переміщується шпиндельна бабка. Опори гвинта прикріплені до стійки. Гайка закріплена на шпиндельній бабці.

Електродвигун з вмонтованим гальмом, забезпечує гальмування ходового гвинта при відключенні електроживлення. Є два кронштейна з блоками, до яких кріпиться противага, призначена для врівноваження ваги шпиндельної бабки вона переміщується всередині стійки.

Для того щоб відключити переміщення шпиндельної бабки на стійці встановлено:

- два мікроперемикача, для відключення переміщення шпиндельної бабки в крайніх положеннях;
- два мікроперемикача які забезпечують аварійне відключення переміщення шпиндельної бабки;
- мікроперемикач - для виходу на нульову точку відліку руху даного органу.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Робота цих перемикачів здійснюється від кулачків, встановлених на шпindelної бабці.

В основі станини вмонтовані направляючі ковзання, V-подібна і плоска вони забезпечують поперечне переміщення стійки по напрямних ковзання станини (координата Z). Для контролювання переміщення стійки застосовується перетворювач лінійних переміщень ЛІР-8.

Привід складається з пари гвинт-гайка кочення, з'єднаної безлюфтовою муфтою з електродвигуном. Це забезпечує весь діапазон подач рухомих вузлів без застосування редукторів. Ходовий гвинт встановлюється в двох опорах на підшипники кочення.

Фактичне положення рухомого органу по координатах висвічується на екрані пристрою ЧПУ.

### 8.3 Стіл

Стіл виконаний у формі кола, на робочій поверхні столу прорізані Т-образні пази для закріплення деталей.

Стіл монтується на санчатах подовжнього переміщення.

Кругове обертання столу (координата В) складається з черв'ячно - гвинтової пари(рис 8.3.1), з'єднаної безлюфтовою муфтою з електродвигуном. Саме це забезпечує весь діапазон кругових подач столу.

Для контролю кругових переміщень столу використовується перетворювач кругових переміщень ЛІР 1170А.

Координата фактичного положення столу відображається на екрані пристрою ЧПУ.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

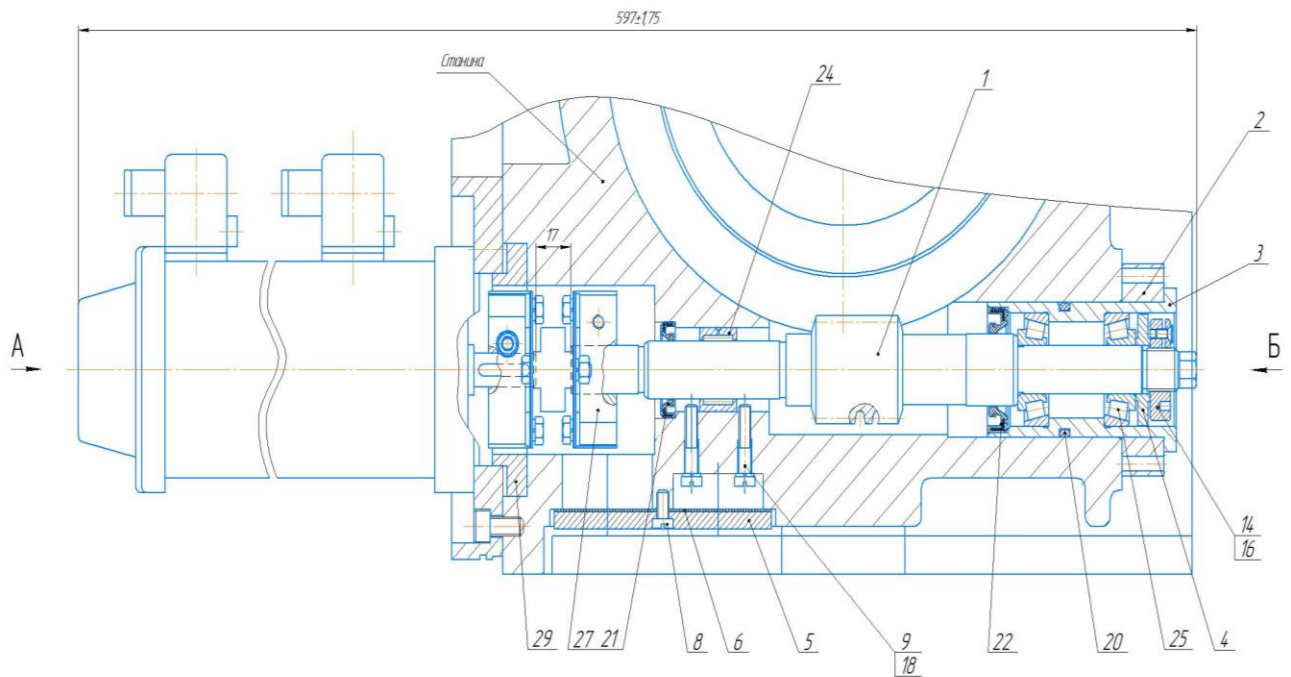


Рис.8.3.1 Черв'ячно-гвинтова пара приводу кругового обертання столу

#### 8.4 Шпиндельна бабка

Шпиндельна бабка здійснює своє переміщення у вертикальному напрямку по напрямних стійки: однією V-подібною іншою плоскою. Переміщення проводиться за допомогою передачі гвинт-гайка кочення. Гвинт в опорах закріплений на стійці, а на корпусі шпиндельної бабки гайка. Пара тертя ковзання фторопласт - чавун. На шпиндельній бабці розташований пристрій освітлення робочої зони.

У шпиндельну бабку входять наступні основні вузли: шпиндельний пристрій, затиск інструменту, коробка передач. За роликам переміщуються троси, на яких висить вантаж який врівноважує шпиндельну бабку. Відключення переміщення шпиндельної бабки в крайніх положеннях здійснюється кулачком, який взаємодіє з мікрвимикачами, встановленими на кронштейні, який закріплений на стійці. Мікрвимикачі призначені для подачі сигналу при віджатому або затиснутому

інструменті. На профільній стороні шпindelної бабки розміщена панель, на якій встановлені сигнальні лампи затиску і віджимання інструменту. Для забезпечення необхідного мінімального тиску на напрямних і унеможливлення відриву шпindelної бабки від напрямних стійки, на ній закріплені чотири пристрої попереднього натягу. Силове замикання здійснюється роликами, вони котяться по певних планках стійки при переміщенні бабки.

Необхідне зусилля притиску шпindelної бабки до напрямних стійки забезпечується підтисканням пакета тарілчастих пружин. Для здійснення відліку переміщень шпindelної бабки (координата У) використовується перетворювач лінійних переміщень ЛПР-8. Лінійка перетворювача закріплена на стійці, а головка яка зчитує на шпindelної бабці.

### 8.5 Коробка швидкостей

Коробка швидкостей зв'язана зі шпindelом муфтою. Привід коробки швидкостей здійснюється через електродвигун постійного струму. Мається три діапазони чисел оборотів вихідного вала коробки швидкостей. Перемикання між ними здійснюється одним трьохпозиційним і одним двохпозиційним гідроциліндрами.

Верхній діапазон чисел оборотів досягається введенням в зачеплення зубчастої муфти. У даному діапазоні обертання від електродвигуна передається через клинопасову передачу безпосередньо на шпindel, минаючи зубчасті передачі.

Змащування шестерень і підшипників коробки швидкостей відбувається централізовано, поливом масла від станції мастила. Його злив відбувається через телескопічний пристрій на станину а потім через магістраль зливу в станцію мастила.

Для орієнтування шпинделя під час автоматичної зміни інструменту служить датчик ЛПР 158Д, який з'єднаний зі шпindelом зубчастої передачею.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Орієнтація шпинделя відбувається при його повільному повороті доти, доки неузгодженість між заданим сигналом і сигналом який передає датчик не досягне мінімуму.

На одній вісі з вихідним валом з боку клинопасової передачі встановлений гідроциліндр віджиму інструменту.Змащування зубчатих коліс коробки швидкостей - циркуляційне.

Масло - ВНДІ-НП-40.

Мастило підшипників кочення - ЦИАТ-ИМ-201 ГОСТ 6261-59.

### 8.6 Вузол шпинделя

Вузол шпинделя (див. лист МВ-7128мп.МДЗ10.860 СК.) кріпиться в корпус шпиндельної бабки гвинтами. Він складається з нерухомої гільзи і шпинделя. В якості передньої і задньої опор шпинделя використані прецизійні дуплексовані радіально-упорні шарикові підшипники. Натяг підшипників здійснюється за допомогою гайки.

Фіксація гайки від ненавмисного відкручування здійснюється штифтом.

Мастило в підшипниках шпинделя потрібно змінювати з періодичністю 6 ... 8 тис. годин роботи верстата.

### 8.7 Пристрій затиску інструменту

Він змонтовано всередині шпинделя.Затиск інструменту здійснюється спеціальними тарілчастими пружинами.

При затиску, вони передають осьове зусилля через штовхач, цанзі, пелюстки якої заходять у втулку стискаються і замикають грибок, вкручений в інструментальну оправку. Остання притягається до конічної поверхні шпинделя. Для запобігання від провороту інструменту в шпинделі, під час обробки деталі, на торці є два виступи. Віджимання інструменту здійснюється вручну при зупинці всіх можливих переміщень, натисканням на кнопку на пульті управління

"Віджимання інструменту".					Арк.
МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ					84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

При віджиманні інструменту шток гідроциліндра здійснює тягу. Пакет тарілчастих пружин стискається. Через 1 мм ходу тяги, цанга починає переміщуватися і при подальшому переміщенні вона виходить з втулки. Під час цього штовхач, пов'язаний жорстко з тягою, виштовхує інструмент з конуса шпинделя.

Вставляємо грибок з інструментом в цангу, яка знаходиться у вільному стані. Натискаємо кнопку «Зажим інструмента», позначену на пульті управління. Подається сигнал для скидання тиску у верхній порожнині гідроциліндра. Тоді стискаються тарілчасті пружини - інструмент затиснутий. Контролюють положення "інструмент затиснутий" і "інструмент віджятий" мікровимикачі та кулачок, жорстко пов'язаний з штоком гідроциліндра віджиму і зажиму інструменту. Мікровимикач з'єднаний з двигуном головного руху. Саме тому, якщо інструмент після натиску кнопки «Зажим інструмента" не затиснутий, то шпиндель не буде обертатися.

## 8.8 Стіл поворотний,ділильний

Стіл поворотний,ділильний ( ди. Лист МВ-7128мп.МД310.880 СК)керується від пристрою числового управління верстата з діаметром планшайби 360 мм, це прецизійне оснащення, експлуатується спільно з координатно – розточувальними або координатно - шліфувальними верстатами, оснащеними пристроями ЧПУ які мають резервний канал управління і додатковий електропривід управління. Стіл створений для розточки, свердління, розгортання, нарізання різьби, чистового фрезерування.

Присутність точної вимірювальної системи відліку столу дає змогу виконувати високоточні контрольні - вимірювальні операції. Дозволяє обробку корпусних деталей із максимально високими вимогами до точності розташування оброблюваних поверхонь.

					<b>МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Здійснювати обробку деталі можна при горизонтальному і вертикальному положенні планшайби стола. Стіл може використовуватися в разі обробки деталей з охолодженням. Клас точності обробки А.

### 8.8.1 Технічні характеристики

Стіл має задовольняти вимоги ГОСТ 16163, ГОСТ 12.2.009, ГОСТ 12.2.029 і ГОСТ 12.2.049.

Основні технічні характеристики і дані мають задовільняти вимоги, зазначені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Основні технічні характеристики

Найменування показників	Розмірність	Значення
Число Т – образних пазів	шт.	8
Діаметр робочої поверхні планшайби	мм	360
Ширина Т – образних пазів по ГОСТ 1563	мм	12Н11
Діаметр центрального отвору планшайби	мм	25Н8
Відстань від основи стола до робочої поверхні планшайби	мм	225
Відстань від основи стола до осі планшайби, при вертикальному положенню стола	мм	225



Найбільша маса заготовки для встановлення:		
- в горизонтальному положенні	кг	100
- в вертикальному положенні	кг	80
Максимальний кут повороту планшайби	-	необмежений
Дискретність задавання переміщень	градус(сек)	0,001(3.6)
Межі частот обертання планшайби	об/хв	0...10
Найбільше допустиме зусилля при свердлінні(при горизонтальному положенні планшайби)	Н	1870
Максимальний крутний момент на планшайбі	Нм	150
Споживана потужність,не перевищує	кВт	1,9

Закінчення таблиці 8.1

Назав показників	Розмірність	Значення
Вимірювальна система	-	оптоелектронна
Вид приводу повороту планшайби	-	електричний

Зажим планшайби	-	Гідравлічн і
Робочий тиск в гідроциліндрі зажиму стола	МПа	6,0
Габаритні розміри, не більше:		
- довжина	мм	648
- ширина	мм	400
- висота	мм	220
- висота при вертикальному положенні стола	мм	400
Вага, не більше	кг	200
Максимальний термін служби до першого кап. ремонту	років	10
Дозволений ресурс по точності до першого ремонту, не більше	тис. год	10
Клас точності стола	-	A

Примітка: дані норми надійності отримуються при дотриманні умов зберігання, , транспортування, монтажу і графіків планово - попереджувальних ремонтів.

## 9. ОПИС ГІДРАВЛІЧНОЇ СХЕМИ

### 9.1 Гідравлічна схема

Див. лист МВ-7128мп.МД310.910 ЗВ.

Перелік складових частин гідросистеми верстата таблиця 9.1.

Таблиця 9.1

Перелік складових частин гідросистеми

Позначення	Найменування	Кількість
А	Гідроагрегат в тому числі насос ЗБГ13-41А (N=3/6 л/хв, Рном=10 МПа )	1
АК	Пневмогідроакумулятор АПГ – Б – 10/20 ТУ2 – 053 – 1655 – 86	2
ДР1	Блок дросельний змащувальний БДИ2	1
ДР2	Блок дросельний змащувальний БДИ4	1
ДР3	Гідродросель	1
ДР6	ДКМ 6/3	1
КР2	Гідроклапан редукційний	1
КП1	Гідроклапан запобіжний КПМ 6/3 – В2	1
КР1	Гідроклапан редукційний КРМ 6/3 В2Р	1
КП2	Гідроклапан запобіжний КПМ 6/3 – В1	1

									Арк.
									89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ				

K01	Гідроклапан зворотній КОМ 6/3	1
KP3	KPM 6/3 B1P	2
MH1	Манометр ДМ 1001 – 07 МПа – 3	1
MH2	Манометр ДМ 101 – 3МПа – 3	1
MH3	Манометр ДМ 1001 – 10 МПа – 3	1
MX	Машина холодильна ХМЗОР – 4 ТУ26 – 03 – 332 - 76	1

Закінчення таблиці 9.1

Позначення	Найменування	Кількість
	Система центрального змащування №725	
П1	Живильник М6 (10Д–10Д–35Е–35ЕВ–35Е)УХЛ4.1	1
П2	Живильник МИ6 (5Д–15Д–15Д–15Д–15Е) УХЛ4.1	1
П3	Живильник М4 (10Д–15Д–35Е) УХЛ4.1	1
П4	Живильник МИ3 (15Д–15Е) УХЛ4.1	1
P1, P2, P4...P7	Гідророзподільник BE6574A 31/Г24М	6
P9, P10 P12, P14	Гідророзподільник BE34 31/Г24М	4
P15	Гідророзподільник ВММ644	1
P26	Гідророзподільник ВММ6574	1

									Арк.
									90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MR7128MP MЛЛЛЛЛ ЛЛЛЛ ПЗ				

РД1... РД6	Реле тиску 1 ГОСТ26005 - 83	6
Ф1...Ф2	Фільтр 1 Ф1М16 – 25	2
Ц1	Гідроциліндр перемикання блоків	1
Ц2	Гідроциліндр перемикання шестерень	1
Ц3	Гідроциліндр отжима інструмента	1
Ц4	Гідроциліндр гідроврівноваження шпинд. бабки	1
Ц5...Ц8	Гідроциліндри для забезпечення затиску поворотного стола	4
Ц9...Ц10	Гідроциліндр огороження	2
Ц11... Ц14	Гідроциліндр отжима палети	4
Ц15... Ц16	Гідроциліндри для забезпечення фіксації палети	2
1...31	Точки змащування	31

### 9.1.1 Робота гідросистеми

Гідросистема верстата здійснює наступні функції:

- 1) гідрозрівноваження шпиндельної бабки;
- 2) перемикання коробки швидкостей;
- 3) зажим - віджимання поворотного столу;
- 4) віджимання інструменту в шпинделі;
- 5) гідророзвантажування напрямних санчат стійки;
- 6) змащування коробки швидкостей і черв'ячної передачі поворотного столу;
- 7) подача масла в систему централізованого періодичного змащування;
- 8) відкриття і закриття дверей огорожі \*;
- 9) віджимання столу - супутника \*;
- 10) фіксація і розфіксація столу - супутника.

Гідросистема верстата складається з:

- гідроагрегата

- спеціальної холодильної машини

- гідроапаратури яка встановлена на верстаті

- виконавчих органів: гідроциліндра для перемикання блоку Ц1; гідроциліндра що перемикає шестереніЦ2; гідроциліндра що забезпечує віджимання інструменту Ц3;

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

гідроциліндра що здійснює врівноваження шпindelьної бабки Ц4; гідроциліндрів для постійно затиску поворотного столу Ц5-Ц8; гідроциліндрів огорожі Ц9, Ц10 ; гідроциліндрів віджиму і фіксації стола - супутника Ц11-Ц16 .

Для підтримання постійного тиску в гідросистемі встановлено два пневмоакумуляторів АПГ-Б-10/20. Коли тиск в системі досягає 5 МПа, реле тиску РД2 подає сигнал в пристрій ЧПУ і через 10 сек. (Час затримки) гідросистема готова до роботи. Коли тиск в гідросистемі підвищується до 7 МПа, спрацьовує реле тиску РД1, тоді відбувається аварійна зупинка верстата. Контроль тиску:

- 1) в гідросистемі і системі централізованого змащування;
- 2) в системі змащення і розвантаження напрямних -здійснюється за допомогою манометра МН1 і гідророзподільника Р15, ручку якого в першому випадку слід повернути від гідророзподільника (положення а), а по-другому до гідророзподільника (положення б).

Зниження тиску в гідросистемі здійснюється вмиканням гідророзподільника Р16.Зміна діапазону швидкостей приводу головного руху верстата: перемикання КШ(коробки швидкостей) здійснюється подачею мастила в трьохпозиційний гідроциліндр Ц1 який перемикає блок і двопозиційний гідроциліндр Ц2 перемикання шестерні при вмиканні електромагнітів Y12- Y15 гідророзподільників Р2, Р 9, Р10. Час переключання, регулюється за допомогою дроселів Др3, ДР4, ДР5і повинен бути в межах 3 ... 5 сек. При ввмиканні електромагнітів Y12 і Y13 масло поступає в ліву порожнину двохпозиційного гідроциліндра Ц2 - поршень здійснює рух вправо і в середню порожнину трипозиційного гідроциліндра Ц1 - поршень здійснює рух вліво - 1 ступінь.

					<i>МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

При включенні електромагніта Y12 масло поступає в ліву порожнину гідроциліндра Ц2 - поршень здійснює рух вправо, і в ліву порожнину гідроциліндра Ц2 - поршень здійснює рух вправо - 2 ступінь. При включенні електромагнітів Y12, Y14, Y15 масло подається в праву порожнину гідроциліндра Ц2 - поршень здійснює рух вліво, і в праву і ліву порожнини гідроциліндра Ц1 - поршень здійснює рух в середнє положення - 3 ступінь.

При вмиканні електромагнітів Y12 і Y14 масло подається в ліву порожнину гідроциліндра Ц2 - поршень здійснює рух вправо, і в праву і ліву порожнини гідроциліндра Ц1 - поршень здійснює рух в середнє положення - нейтраль. Регулюванням дроселів Др3, ДР4, ДР5 забезпечується час перемикання шестерні і блоку шестерень в межах 3 ... 5сек. Віджимання інструменту: віджимання інструменту проводиться подачею масла в гідроциліндр Ц3, при включенні електромагніта Y11 гідророзподільник Р9. У вихідному положенні гідро розподільника Р9 масло надходить в штокову порожнину гідроциліндра Ц3, поршнева з'єднується з зливом – тепер інструмент затиснутий.

При включенні електромагніта Y11 масло надходить в поршневу порожнину гідроциліндра Ц3, штокова порожнина з'єднується зі зливом, поршень переміщається вліво - інструмент віджатиий.

Затиск і віджимання поворотного столу: затиск і віджимання поворотного столу здійснюється коли масло подається до гідроциліндрів затиску Ц5-Ц8 при включенні електромагнітів Y9, Y10 гідророзподільник Р14.

Гідрозрівноваження шпиндельної бабки: гідрозрівноваження шпиндельної бабки здійснюється гідроциліндром Ц4. З штоковою порожниною гідроциліндра додатково з основним підведенням приєднані рукавами два пневмогідроакумулятора, що дозволяють підтримувати постійний тиск в гідроциліндрі при прискороному переміщенні шпиндельної бабки вгору.

					<b>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94



Відкриття і закриття дверей огороження: відкриття і закриття дверей відбувається під дією гідроциліндрів Ц9, Ц10, при вмиканні електромагнітів Y38, Y39 гідророзподільник P12. При вмиканні електромагніта Y38 масло надходить в гідроциліндр Ц9, з гідроциліндра Ц10 подається на злив, поршень переміщається вправо - двері огороження починають відкриваються.

При вмиканні електромагніта Y39 масло подається в гідроциліндр Ц10, з гідроциліндра Ц9 попадає на злив, поршень переміщається вліво - двері огорожі починають закриватися. Швидкість руху дверей можна регулювати дроселем ДР6. Час відкриття дверей огорожі повинен бути 3 ... 5 сек. Регуляція тиску проводиться редуційним клапаном КР3.

Віджимання і фіксація столу - супутника: віджимання і фіксація столу - супутника здійснюється гідроциліндрами Ц11-Ц16 при включенні електромагнітів Y40 і Y41 гідророзподільників P5 і P6.

У вихідному положенні через електромагніти Y40 і Y41 не проходить струм, стіл - супутник затиснутий і зафіксований.

При включенні електромагніта Y40 масло надходить в поршневі порожнини гідроциліндрів Ц11-Ц14 і штокові порожнини гідроциліндрів Ц15 і Ц16. Поршні гідроциліндрів Ц11-Ц14 зміщуються вгору, а поршні гідроциліндрів Ц15, Ц16 рухаються вниз - відбувається віджимання і розфіксацію столу - супутника. Контроль віджиму і розфіксації здійснюється за допомогою реле тиску РД6.

При вмиканні електромагніта Y41 масло подається в поршневі порожнини гідроциліндрів Ц15 і Ц16 і за рахунок різниці площ поршня рухає його вгору - відбувається фіксація столу - супутника. Контроль фіксації проводиться через реле тиску РД5. При вимиканні електромагніту Y40 масло з гідроциліндрів Ц11, Ц12, Ц13, Ц14 подається на злив, поршні під дією пружин рухаються вниз - відбувається затиск столу - супутника. Контролювати затиск можна за допомогою реле тиску РД6. При вимиканні електромагніту Y41 поршні гідроциліндрів Ц15, Ц16 зупиняються у верхньому положенні.

					<i>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

## 9.2 Система централізованої періодичної мастила

Перелік елементів системи змащення вказано в таблиця 9.1.

### 9.2.1 Опис роботи системи централізованого періодичного змащування

Подачу мастила в систему централізованого періодичного змащування здійснюється при вмиканні електромагніта Y16 гідророзподільника P7. Система має в собі центральний живильник П1 (рис.6), в комплект якого додається вузол зі штоком індикатора, він дозволяє контролювати його роботу через мікроперемикач, вторинні живильники, розташовані: П2 - на санчатах столу, П3 - на стійці, П4 - на шпindelній бабці. Дана система працює так: вмикається електромагніт Y16 гідророзподільника P7, масло від насоса починає потрапляти до центрального живильника П1, секції якого здійснюють подачу масла до вторинних живильників. При цьому вмикається лічильник імпульсів. Після відліку певної кількості ходів штока - індикатора центрального живильника, а саме числа імпульсів, електромагніт Y16 вимикається і подача масла призупиняється. Через необхідний інтервал часу знову вмикається електромагніт Y16 і знову відбувається змащування.

Якщо шток - індикатора робить недостатнє або надмірне число ходів, то з'являється попереджувальний сигнал. Система змащення і розвантаження напрямних стійки: в систему змащення і розвантаження напрямних стійки масло потрапляє від насоса продуктивністю 6 л / хв через фільтр Ф2 (рис.6). Запобіжний клапан КП2 регулює тиск на виході з насоса. Тиск контролюється в системі змащування за допомогою манометра МН1 при включенні електромагніта Y21 гідророзподільника P15, ручку якого потрібно повернути до гідророзподільника (положення б).

					<i>MR7128MP MЛЛЛЛ ЛЛЛ ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

Змащування та охолодження коробки швидкостей: одночасно з вмиканням приводу головного руху верстата вмикається електромагніт Y17 гідророзподільника P1 і масло під тиском, що визначається настроюванням запобіжного клапана КП2, подається через мастильний блок ДР2 (рис.6) на змащування коробки швидкостей. Регулювання кількості мастила здійснюється мастильним блоком ДР2.

Змащування черв'ячної передачі поворотного столу: одночасно з віджиманням поворотного столу вмикає електромагніт Y18 гідророзподільника P4 і масло під тиском, що визначається настроюванням КП2 подається через блок змащування ДР1 (рис.6) на мастило черв'ячної передачі поворотного столу. Регулювання кількості мастила здійснюється блоком змащування ДР1. Гідророзгрузка напрямних стійки: гідророзгрузка напрямних стійки відбувається постійно при включеній гідростанції. Перелік застосовуваних масел і їх аналогів наведено в таблиці 9.2.

Карта настройки електромагнітів таблиця 9.3.

Таблиця 9.2

Перелік застосовуваних мастил

Країна, компанія	Марка застосовуваного мастила
UA	Масло ИГП – 18 ТУ38101413 – 78
Gulf	Harmony 32AW
Mobil	DTE 24
Elf	Olna 32
BP	Energol HLP32
Castrol	Hyspin AWS32
Caltex	Rando HD32
Shell	Tellus S32
Exxon	Nuto HP32

Таблиця 9.3

## Карта налаштування електромагнітів

Операція	Електромагніти Y													
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	38	39	40	41
Змащування коробки швидкостей										+				
Отжим інструмента			+											
Блок "пониження"				+	+									
Блок "підвищення"				+										
Блок "нейтраль"				+		+								
Шестерня "підвищення"				+			+							
Шестерня "пониження"														
Змащування черв'яка поворот. ст.											+			
Отжим поворотного столу		+												
Зажим поворотного столу	+													
Періодичне змащування								+						
Огородження закрито												+		
Огородження відкрито											+			
Отжим и розфіксація палети													+	
Фіксація палети														+
Зажим палети														

## Висновки

В даному дипломному проекті було проведено глибоку модернізацію багатofункціонального середнього свердлильно-фрезерного верстата, були обґрунтовані та класифіковані індекси до патентно-інформаційних досліджень, також була проведена робота з патентно-інформаційного дослідження стосовно шляхів модернізації верстату, та аналіз державних стандартів.

Був розроблений технологічний процес оброблення корпусної деталі основи люнета з матеріалу Сч 20 ГОСТ1412-85, в ній оброблялися два отвори  $\varnothing 45^{+0,025}$  мм і два отвори  $\varnothing 52^{+0,03}$  мм, розташованих під кутом  $120^{\oplus\pm 30'}$ .

Обробка цієї деталі має певного роду складність по досягненню заданого кута між осями даних отворів і точності самої обробки.

Був сконструйований привід обертання інструмента та сконструйована револьверна голівка. А також внеслися зміни до механізму переміщення інструмента та його затиску.

І на завершення було проведена робота по конструкції різцетримача.

					<i>MR7128MP MЛЛЛЛЛ ЛЛЛЛ ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

## Література

1.Проектування металоріжучих верстатів і верстатних систем: Довідник - підручник. У 3-х .: Проектування верстатних систем / Під загальною ред. А.С. Пронікова М .: Вид - МГТУ ім. Н. Е. Баумана.

2.Металоріжучі верстати і автомати. Підручник для ВНЗ. Під ред. А.С.Пронікова - М .: Машинобудування. 1981р.

3. Металоріжучі верстати. Навчальний посібник для ВНЗ. Колєв Н.С., Красніченко Н.В. і др М .: Машинобудування, 1980 р.

4.Художнє конструювання, проектування та моделювання промислових виробів. Биков Е.Н., Крюков Г.В. і ін. М. Вища школа, 1986р.

5.Анурьев В.І. Довідник конструктора-машинобудівника. Вид. 4-е., - М .: Машинобудування, 1973р.

6.Л.В. Сергієвський, В.В. Русланів. Посібник наладчика верстатів з ЧПУ. - М .: Машинобудування, 1991. - 176с., Мул.

7.Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т. / Під ред. А.Г. Косилової., Р.К. Мещерякової.- 4-е вид., Перероб. І доп.- М .: Машинобудування, 1985.- 656с.

8.Евгенов Г.Б Системологія інженерних знань: Посібник для вузов.-М .: Вид-во МГТУ ім. Н.е .Баумана, 2001.\_ 376 с .: іл. (Сер. Інформатика в технічному університеті).

9.Норенков І.П. Основи автоматизованого проектування: Пос. Для ВНЗ.- М .: Вид-во МГТУ ім. Н.е. Баумана, 2000. - 360 с. мул. (Сер. Інформатика в технічному університеті).

10.Васільєв Г.Н. Автоматизація проектування металорізальних верстатів. - М .: Машинобудування. 1987.- 280с., Іл.

11.Система автоматизованого проектування. Навчальний посібник для ВНЗ. У 9-ти кн. Під ред. І.П. Норенкова. - М .: Вища школа, 1986р.

					МВ7128МП МЛ000 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

12.Сергієнко А.Б. Цифрова обробка сигналів. - СПб .: Пітер, 2003.- 608 с .: іл.

13.Курс теоретичної механіки: Підручник для ВНЗ, В.І. Дронго, В.В. Дубінін, М.М. Ільїн і д.р .; За заг. Ред. К.С. Колесимкова. - 2-е изд., Стереотип. - М .: Изд-во МГТУ ім. Н.е. Баумана, 2002. - 736 с., Іл., / Сер. Механіка в технічному університеті: Т. 1 /.

14.Балакшін Б.С. Теорія і практика технології машинобудування. Книга 1., М .: Машинобудування, 1992, 240 с.

15.Автоматизація випробувань і дослідження металорізальних верстатів з ЧПУ. / Бібліотека верстатника, випуск 7 /, 1988 р.

16.Проніков А.С. Програмний метод випробування металорізальних верстатів 1985р.

17.Проніков А.С. Надійність машин - М .: Машинобудування, 1978.-598с.

18.Решетов Д.Н., Іванов А.С. і Фадєєв В.З. Надійність машин. Навчальний посібник для машинобудівних спеціальностей - М .: Вища школа, 1988. -238 с.

19.Технологическая надійність верстатів. Колектив авторів. За заг. Ред. А.С. Пронікова, - М .: Машинобудування, 1971. -344 с.

20.Кузнецов В.Т. приводи верстатів з програмним керуванням. - М .: Машинобудування, 1983, -217с.

21 Ресурси мережі Internet.

22.Кузнецов М.М., Усов Б.А., Стародубов В.С. Проектування автоматизованого виробничого обладнання. - М .: Машинобудування, 1987 288с .: іл.

23.Москаленко В.В. Електричний привід: Учеб. Для електротехн. Спец. Техн.-Висш.Шк., 1991.-430с .: іл.

24. Збірники ГОСТів, ОСТів і Сніпов.

25. Металорізальні верстати та верстатні системи: Навч. У 2 т. - Т. Верстати з числовим програмним управлінням. Гнучкі виробничі системи та автоматичні лінії / За заг. Ред. Ю.М. Світковського.- Іжевськ: Вид-во ІжГТУ, 2001.-260 с .: іл.

					<i>MR7128MP MLOOO OOO PZ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

26.Шаумян Г.А. Комплексна автоматизація виробничих процесів. М .: Машинобудування, 1973.-639с.

27.Технологія машинобудування: Підручник для вузів в 2 т /В.М. Бурцев, А.С. Васильєв, А.М. Дальський і д.р .: Під ред. А.М. Дальського М .: Изд-во МГТУ ім. А.Е. Баумана, 1997..

					MR7128MP MLOOO OOO P3	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102