

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ В.Б.Струтинський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки _____ 6.050503 «Машинобудування»
(код і назва)

на тему «Модернізація вертикально-свердлильного
верстата»

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-51

_____ Курочка Владислав Олександрович

_____ (прізвище ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Керівник проекту

_____ доц. к.т.н., Новік М.А.

_____ (вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

РЕЦЕНЗЕНТ:

_____ ст. викладач кафедри ТМ Бецко Ю.М.

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

_____ (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ - 2019 року

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

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Напрямок підготовки _____ **6.050503 «Машинобудування»** _____
(код і назва)

Назва програми професійного
спрямування _____ **«Металорізальні верстати та системи»** _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ **О.В.Шевченко**
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2018 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Куручки Владислава Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту _____ **Модернізація вертикально-свердлильного верстата** _____

керівник проекту: Новік Микола Андрійович, к.т.н, доц.

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

затверджені наказом по університету від **“22”травня 2019 року № 1326-с**

2. Термін подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту: дискретність ЕКД $\varphi = 1,8^\circ$, числа зубів зубчастих колес $z_1 = 15$; $z_2 = 30$; $t_{гв} = 2$ мм, тиск живлення, пневматичний: $P_n = 0,6$ МПа; максимальна величина переміщення шпинделя- $l = 200$ мм. Технічна характеристика гідромотора Г15-22М

4. Зміст пояснювальної записки: 1) Патентний огляд; 2) Базовий верстат для модернізації; 3)принципова схема модернізованого вертикально-свердлильного верстата; 4) Розрахункова схема приводу осьового переміщення і подачі; 5) Розробка технології виготовлення гвинта в середовищі Haidenhein.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Плакат «Патентний огляд» А1, плакат «Базовий верстат» А1, схема принципова А1 (МВ-5113.ДПБ301.000 С3), Деталювання А1 (МВ-5113.ДПБ300.101, МВ-5113.ДПБ300.235, МВ-5113.ДПБ300.211, МВ-5113.ДПБ300.225), плакат « Розрахункова схема» А1, плакат «Конструкційна схема» А1, плакат «Переміщення гайки» А16.

Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Новік М.А. доцент	15.04.19	15.04.19

7. Дата видачі завдання: 15.04.19

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Патентний огляд	20-27 трав.	
2	Аналіз відомих рішень	27-3 черв.	
3	Аналіз інформації стосовно існуючих верстатів	3-10 черв.	
4	Розробка принципової схеми	10-14 черв.	
5	Розрахунок приводу осьового переміщення	14-16 черв.	

Студент _____ Курочка В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту доц. Новік Микола Андрійович

Анотація

В бакалаврському проєкті на тему «Модернізація вертикально-свердлильного верстата» розглянуто оригінальний вертикально-свердлильний верстат, структура якого містить гідравлічний привод головного руху, привод подачі і осьового переміщення шпинделя. В роботі розглянуті процеси статичної і динамічної роботи розроблених приводів, приведений алгоритм і математична модель розрахунку основних характеристик.

Проект виконаний на 68 сторінках, рисунків 25 і 9 посилань.

Ключові слова: шпиндель, кроковий двигун, цифровий привод, подача, головний рух, регулятор потоку рідини.

Абревіатури:

ЕКД – електричний кроковий двигун;

РВР – регулятор витрати рідини;

КР – кран;

ЗК – зворотний клапан;

Abstract

In the bachelor project on "Modernization of the vertical drilling machine" the original vertical drilling machine, the structure of which contains a hydraulic drive of the main movement, the drive of the feed and the axial displacement of the spindle, are considered. The paper considers the processes of statics and dynamics of the developed drives, the algorithm and the mathematical model of the calculation of the main characteristics are given.

The project is executed on 68 pages, 25 and 9 drawings.

Keywords: spindle, stepper motor, digital drive, feed, main flow, fluid flow regulator.

Abbreviations:

ACE - electric stepper motor;

RGP - liquid flow regulator;

KR - crane;

ZK - check valve;

Аннотация

В бакалаврском проекте на тему «Модернизация вертикально-сверлильного станка» рассмотрен оригинальный вертикально-сверлильный станок, структура которого содержит гидравлический привод главного движения, привод подачи и осевого перемещения шпинделя. В работе рассмотрены процессы статики и динамики разработанных приводов, приведенный алгоритм и математическая модель расчета основных характеристик.

Проект выполнен на 68 страницах, рисунков 25 и 9 ссылок.

Ключевые слова: шпиндель, шаговый двигатель, цифровой привод, подача, главное движение, регулятор потока жидкости.

аббревиатуры:

ЭКД - электрический шаговый двигатель;

РВС - регулятор расхода жидкости;

КР - кран

ЗК - обратный клапан;

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: «Модернізація вертикально-свердильного верстата»

Київ – 2019 року

Зміст

Вступ	2
1. Патентний огляд	3
1.1 Розглянуті патенти	3
1.2 Результати патентного пошуку і аналізу відомих розробок в області створення вертикально-свердлильних верстатів	9
1.3 Розгляд представлених на плакаті патентів	11
1.4 Висновки	18
1.5 Список джерел, використаних при патентному пошуку	20
2. Базовий верстат для модернізації	21
2.1 Опис верстата 2Н135	22
2.2 Кінематична схема верстата та графік частот обертання	25
2.3 Механізм подачі	26
3 Принципова схема модернізованого вертикально-свердлильного верстата	31
4. Розрахункова схема приводу осьового переміщення і подачі	39
4.1 Вихідні значення для розрахунку	46
4.2 Розрахунок і вибір параметрів гідросистеми	46
5. Розробка технології виготовлення гвинта в програмному забезпеченні Haidenhein	52
6. Список використаних джерел	66

Вступ

За наявності в Україні великого верстатного парку, який залишився із часів Радянського Союзу, є доцільним, а також необхідним його модернізація та покращення у відповідності до сучасних потреб. Найбільш раціональним є застосування нових мехатронних систем та систем ЧПК на базі старих верстатів, що є вигіднішим у порівнянні із купівлею нових верстатів та дозволяє підвищити конкурентоспроможність виробів, що випускаються на старому обладнанні. До основних напрямів модернізації належать: підвищення точності оброблення, підвищення потужності та жорсткості верстата, механізація затиску деталі та інструменту. При цьому модернізації підлягають гідравлічна система, електродвигун, шпиндельні вузли, автоматичні системи верстата та його приводи.

Метою роботи є розробка приводу подачі, осьового переміщення шпинделя зі свердлом і модернізація коробки швидкостей свердлильного верстата. Ця модернізація дозволить спростити як саму конструкцію, так і систему керування подачею шпинделя, підвищити точність позиціонування і дозволить суттєво підвищити ступінь автоматизації.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- проведений патентний та літературний пошук по проблемі створення вертикально-свердлильних верстатів;
- на базі проведеного патентного пошуку розроблений оригінальний гідравлічний привод головного руху верстата;
- розроблений пневмогідравлічний привод осьового переміщення і подачі шпинделя верстата;
- запропонована система керування приводами верстата.

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Патентний огляд

1.1 Розглянуті патенти

№ п/п	Предмет пошуку	Країна видачі, вид і номер документа	Суть технічного рішення та його оцінка
1	Електрогідравлічний привод подачі [1]	Німеччина, DE 10162808 A1 Автори: Schwieger, Hartwig, Dr., 29227 Celle, DE Wichmann, Torsten, 29364 Langlingen, DE	Для досягнення швидких, а також повільних плавних рухів подачі (переважно для свердлильних верстатів), компактних розмірів приводу та легкого монтажу та застосування на верстатах застосовується контролюючий прилад для контролю тиску подачі в циліндрі, датчик для вимірювання потужності електродвигуна головного руху, дані з якого подаються до керуючого приладу, який в свою чергу регулює силу натиску (тиск в робочому циліндрі). Недоліком даного рішення є невелика область застосування, а саме для компактних свердлильних, а також для верстатів для обробки діамантів, тобто там, де не виникають великі сили різання та є можливість

			замірити дані мотор-шпинделя
2	Привод подачі [2]	Німеччина, DE 3125306 Автор: Habermann, Rudi, Kirchenstrasse 58, D-4006 Erkrath 1 DE	Виконаний окремим модулем привод головного руху та одночасно привод подачі вирізняється можливістю прикладання значних сил подач та здатністю витримувати значні сили різання попри простоти виконання деталей модуля. Основною перевагою даного винаходу є можливість його застосування як окремого модулю у будь-яких верстатах для обробки точінням. Також винахід вирізняється невеликою кількістю деталей, що входить до його складу та простотою їх виготовлення. Попри те величина подачі є відносно малою, так як вона залежить від довжини поршня (внутрішнього штока поршня) циліндра. Складним є регулювання частоти обертання та забезпечення радіальної жорсткості.
3	Привод подачі шпинделя [3]	Росія RU 2 280 543C2	Суть

		<p>Автори:</p> <p>Горшков Борис Михайлович (RU),</p> <p>Галицков Станіслав Яковлевич (RU),</p> <p>Денисенко Олександр Федорович (RU),</p> <p>Токарев Дмитро Геннадійович, (RU),</p> <p>Самохина Наталія Станіславівна (RU),</p> <p>Горшков Олександр Борисович (RU)</p>	<p>Винаходу полягає в тому, що пристрій керування рухомим вузлом станка, який складається із кулькового гвинтового механізму, пружного елементу, тянучих тросів, системи керування, регулюючого золотника та гідравлічного приводу, який додатково оснащений тросом, що зв'язаний пружним елементом з приводом гідравлічного типу та закріпленим діаметрально протилежно осі шпинделя. Ціллю винаходу є підвищення точності позиціонування та, відповідно, і точності обробки. Основним недоліком даного винаходу є значна складність конструкції та складність її монтажу.</p>
4		Україна	Привод подачі шпиндельної головки свердлильного

	Привод подачі [4]	Патент UA 6622 C1 Автори: Войцеховський Володимир Михайлович (UA); Петров Сергій Миколайович (UA); Гаркуша Анатолій Григорович (UA)	верстата, що містить розміщену на штоку гідроциліндра зубчасту рейку, встановлену з можливістю осьового переміщення щодо штока і взаємодії з шестернею, кінематично пов'язаної з пінолью, що несе шпindelь, відрізняється тим, що привод забезпечений додатковим гідроциліндром розміщеним співвісно до основного гідроциліндра, і жорстко пов'язаним з зубчастою рейкою кронштейном, в якому виконано отвір, призначений для розміщення штока додаткового гідроциліндра, причому порожнини останнього паралельно пов'язані з відповідними порожнінами основного гідроциліндра, а в лінію, що з'єднує штокові порожнини гідроциліндрів, паралельно підключені та введенні в привід дросель і зворотний клапан.
--	----------------------	---	--

5	Привод подачі шпинделя свердлильного верстата [5]	Україна UA 110916U Автори: Новік Микола Андрійович (UA) Дідовець Вячеслав Євгенійович (UA) Назаренко Євгеній Вікторович (UA)	Привод подачі шпинделя свердлильного верстата складається із корпусу та привода подачі гільзи зі шпинделем. Механізм подачі гільзи разом з шпинделем виконаний у вигляді прикріпленого до корпусу багатопоршневого з розрядними камерами і штоковою камерою зворотного руху поршнів пневмо- або гідроциліндра з цифровим кроком. Основним недоліком даного виконання є залежність величини подачі від кількості поршнів у багатопоршневому гідроциліндрі з цифровим керуванням та значні габаритні розміри даного пристрою
6	Привод подачі шпинделя свердлильного верстата [6]	Україна UA 124320U Новік Микола Андрійович (UA) Дідовець Вячеслав Євгенійович (UA) Назаренко Яна Олегівна (UA)	Привод подачі шпинделя свердлильного верстата, до якого входять корпус і механізм подачі шпинделя з гільзою, що сполучена з вихідним штоком виконавчого гідравлічного циліндра з поршневою і штоковою

			<p>камерою, яка через паралельно увімкнені вихідні канали приєднана до вхідного каналу двопозиційного гідравлічного розподільника, вихідний канал якого з'єднаний з гідравлічною камерою пневмогідравлічного акумулятора, пневматичного живлення, який відрізняється тим, що поршнева камера, що входить до виконавчого гідроциліндра, сполучена з вихідним каналом об'ємних гідравлічних дозаторів, які мають вигляд циліндрів з поршнями з утворенням пневматичних розрядних камер і гідравлічних об'ємних камер. Як і в попередньому варіанті недоліком є значні габаритні розміри</p>
--	--	--	---

1.2 Результати патентного пошуку і аналізу відомих розробок в області створення вертикально-свердлильних верстатів

На базі патентного аналізу відомих пристроїв зроблений висновок, що з метою покращення приводів головного руху, подачі і осьового переміщення шпинделя доцільно застосувати пневмогідравлічні приводи із цифровим керуванням.

Технічне рішення, які розглянуті в пункті 3, мають суттєві недоліки. До недоліків можна віднести те, що в процесі роботи втрачається частина рідини з робочих камер дозаторів і поршневої камери виконавчого циліндра, що обумовлює зниження точності позиціонування шпинделя (свердла). Крім того, в структуру такого приводу входять гідравлічний цифровий привод, виконаний у вигляді послідовно розміщених розрядних поршнів у виконавчому циліндрі, що обумовлює значний осьовий габаритний розмір приводу в цілому. Недоліком таких приводів є можливість виникнення в русі шпинделя (штока) незапрограмованих переміщень, що понижує динаміку приводу.

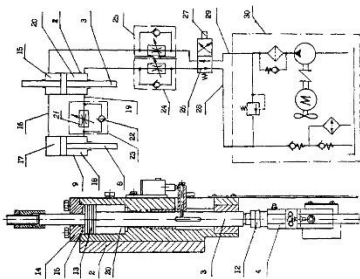
Коробка швидкостей базового верстата 2Н-135 не дозволяє в автоматичному режимі забезпечувати необхідну швидкість різання (оберти шпинделя), що теж обумовлює зменшення області застосування верстатів. У бакалаврському проекті запропонований оригінальний привод головного руху, який забезпечує в широкому діапазоні автоматично швидкості різання.

Розроблені привод осьового переміщення і подачі шпинделя, при цьому величина переміщення шпинделя зі свердлом лежить в діапазоні від 0,01 до 200 мм, а величина подачі може змінюватись у діапазоні від 2 до 360 см/хв. результатами огляду був розроблений плакат.

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Привод подачі шпинделя свердильного верстата

Україна
Патент UA 6622 C1
Автори:
Войцеховський Володимир Михайлович (UA);
Петров Сергій Миколайович (UA);
Гаркуша Анатолій Григорович (UA)



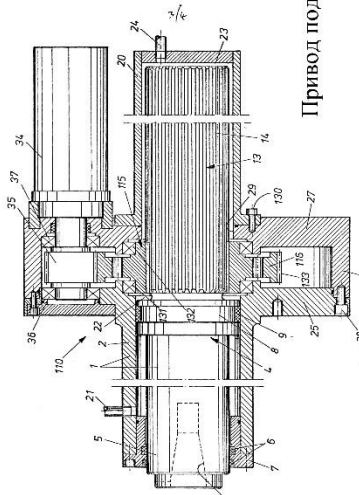
Привод подачі шпинделя головної шпиндельного верстата, що містить розміщену на штоку гідроциліндра зубчасту рейку, встановлену з можливістю осового переміщення щодо штока і взаємодію з пестеркою, кінематично пов'язаною з пінголем, що несе шпиндель, відрізняється тим, що привод забезпечений додатковим гідроциліндром розміщеним співвісно до основного гідроциліндра, і жорстко пов'язаним з зубчастою рейкою кронштейном, в якому виконано отвір, призначений для розміщення штока додаткового гідроциліндра, причому порожнина останнього паралельно пов'язані з відокремленими порожнинами основного гідроциліндра, а в цілому, що з'єднує штокові порожнини основного гідроциліндра, паралельно підключені та введєні в привід /фросель і зворотний клапан.

1

2

3

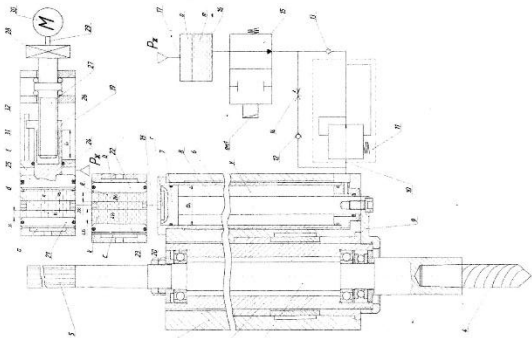
4



Привод подачі шпинделя свердильного верстата

Німеччина, DE 3125306
Автор: Habermann, Rudi, Kirchenstrasse 58, D-4006 Erkrath I DE

Виконаний окремим модулем привод головного руху та означено привод подачі вирізняється можливістю прикладання значних сил подачі та запобігання витримувати значні сили різання при простоті виконання деталей модуля. Основною перевагою даного винаходу є можливість його застосування як окремого модулю у будь-яких верстатах для обробки точінням. Також винахід вирізняється невеликою кількістю деталей, що входить до його складу та простотою їх виготовлення. Попри те величина подачі є відносно малою, так як вона залежить від довжини поршня (внутрішнього штока поршня) шпинделя. Складним є регулювання частоти обертання та забезпечення радіальної жорсткості.



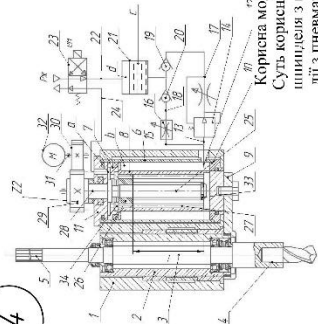
Привод подачі шпинделя свердильного верстата

Україна UA 124320U
Новік Микола Андрійович (UA)
Дідовей Вячеслав Євгенійович (UA)
Назаренко Яна Олегівна (UA)

Привод подачі шпинделя свердильного верстата, до якого входять корпус і механізм подачі шпинделя з гідрозом, що сполучена з вихідним штоком виконавчого гідральчного циліндра з поршневою і штоковою камерою, яка через паралельно з'єднані вихідні канали приєднана до вхідного каналу двопозиційного гідральчного розподільника, вихідний канал якого з'єднаний з гідральним камерою пневмогідрального актуатора, пневматичного живлення, який відрізняється тим, що поршнева камера, що входить до виконавчого гідроциліндра, сполучена з вихідним каналом об'ємних гідральних лозаторів, які мають вигляд циліндрів з поршнями з утворенням пневматичних роз'єднаних камер і гідральних об'ємних камер. Як і в попередньому варіанті, неоліком є значні габаритні розміри

Привод подачі шпинделя свердильного верстата

Рішення, яке розглядається в роботі



Корисна модель відноситься до пристроїв верстатобудування. Суть корисної моделі полягає в тому, що привод містить механізм подачі шпинделя з гідрозом, який виконаний у вигляді виконавчого циліндра, до якого діє з пневматичною поршневою і гідральним штоковою камерами, до яких підводиться тиск живлення від двопозиційного розподільника. В основній розточній штовка циліндра концентрично розміщений гвинт з налітською тайкою, яка шліфують спряжена з шліфами, виконаними на внутрішній поверхні осової розточної штовка, хвостовик гвинта з'єднаний з вихідним валом електричного крокового двигуна, при цьому позиціювання здійснюється постійною витратою рідини. упрор в тайку, а шліфувальність визначається регулятором витрати рідини. Технічний результат спрощення як конструкції, так і системи керування, підвищення точності позиціювання і розширення області застосування.

1.3 Розгляд представлених на плакаті патентів

Позиція 1. Патент України [4]

Патент UA 6622 C1

Автори: Войцеховський Володимир Михайлович (UA); Петров Сергій Миколайович (UA); Гаркуша Анатолій Григорович (UA)

Метою винаходу є розширення можливостей завдяки автоматизації робочого циклу при застосуванні верстата для нарізання нарізі. Вказана ціль досягається тим, що привод подачі шпиндельної головки свердлильного верстата, що містить поміщену на штоку гідроциліндра зубчасту рейку, закріплену з можливістю осьового переміщення відносно штока і взаємодії з зубчастим колесом та кінематично пов'язаною з пінолю, яка несе шпиндель, у відповідності до винаходу забезпечений додатковим гідроциліндром, закріпленим співвісно до основному гідроциліндру, і жорстко зв'язаним з зубчастою рейкою за допомогою кронштейна, в якому зроблений отвір, призначений для закріплення штока додаткового гідроциліндра, при цьому порожнини додаткового циліндра паралельно пов'язані з відповідними порожнинами основного 5 гідроциліндра, а в лінію, що сполучає штокові порожнини гідроциліндрів, паралельно під'єднані в привід дросель та зворотний клапан.

Отже, встановивши додатковий гідроциліндр повернення шпиндельної головки в початкове положення, існує можливість створити автоматичний робочий цикл нарізання нарізі на свердлильному верстаті, що полягає в пришвидшеному підводі шпинделя із мітчиком до оброблюваного отвору, нарізанні нарізі завдяки самозагвинчуванню мітчика в отвір, вигвшвидшеного відводу штока і підтягуванні шпинделя з мітчиком в вихідне положення на величину холостого ходу штока при поверненні в початкове положення. Вирішення цих та інших задач буде зрозумілим завдяки описам конкретного варіанта виконання приводу і малюнків, де на фігурі 1 зображений загальний вид приводу на фіг 2 зображений розріз по А-А з фіг 1 по силовому гідроциліндрі, на фіг 3 зображена принципова гідравлічна схема приводу. Привід містить плиту 1,

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що сполучена зі стійкою верстата, на якій змонтований основний силовий гідроциліндр 2 з поміщеній його штоку 3 з можливістю осьового переміщення на ньому зубчастої рейки 4, яка кінематично через зубчасте колесо 5 приєднана до пінолю, яка несе шпіндель (на кресленні не показані). Зубчаста рейка 4 забезпечена кронштейном 6 з отвором 7, в якому поміщений шток 8 додаткового гідроциліндра 9 повернення шпіндельної головки в початкове положення. До торця штока 8 закріплюється упорна шайба 10, яка в вихідному положенні головки шпинделя контактує з кронштейном 6, який взаємодіє в свою чергу з кінцевим вимикачем 11. В цьому ж положенні торець зубчастої рейки 4 взаємодіє з регульованою гайкою 12 на штоку 3 поршня 13, упирається в кришку 14 силового гідроциліндра 2.

Поршнева порожнина 15 силового гідроциліндра 2 з'єднана трубопроводом 16 з відповідною поршневою порожниною 17 гідроциліндра 9 повернення шпіндельної головки в початкове положення, а його штокова порожнина 18 трубопроводом 19 сполучена із штоковою порожниною 20 силового гідроциліндра 2. Таким чином порожнини двох гідроциліндра з'єднані між собою паралельно. При цьому в лінії, виконаної у вигляді трубопроводу 19, встановлені паралельно під'єднані регульований дросель 21 та зворотний клапан 22, які виготовленні у вигляді одного блоку 23.

У свою чергу штокова порожнина 20 і поршнева порожнина 15 силового гідроциліндра 2 через схожі блоки 24 і 25, що складаються з регульованого дроселя і зворотнього клапана, під'єднані за допомогою перемикача двохпозиційного (реверсивного) золотника 26 з керуючим електротромагнітом 27 сполученим із зливною 28 та нагнетательною 29 лініями стандартної насосної станції 30 вертикально-свердлильного верстата. Під час роботи пристрою при подачі мастила від насосної станції 30 в поршневій порожнини 15 і 17 гідроциліндрів 2 і 9 виконується прискорене підведення інструмента до деталі і через те, що гідроциліндр 9 має дещо менший поперечний переріз, то він рухається дещо швидше до крайнього положення, ніж буде підведений

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інструмент гідроциліндром 2, і в подальшому також для прискореного відводу інструменту від деталі не впливатиме на роботу гідроциліндра 2. В подальшому відбувається нарізання нарізі в отворі деталі завдяки самозагвинчування мітчика та наступного переміщення в аксіальному напрямку зубчастої рейки 4 по нерухомому штоку 3. Після завершення оброблення нарізі дається команда від кінцевого вимикача (не показаний) на перемикання напрямку обертання шпинделя і вигвинчування мітчика з деталі при завершенні якого надсилається команда на електромагніт 27, який перемикає золотник 26 і завдяки чого мастило від насосної станції 30 подаватиметься вже в штокові порожнини 20 і 18 гідроциліндрів 2 і 9. При початку самого ж прискореного відводу інструменту від деталі необхідно загальмувати рух штока 3 в зворотному напрямку. Для цієї цілі в трубопроводі 19, що сполучає штокові порожнини 18 і 20 гідроциліндрів 2 і 9 поміщений регульований дросель 21, що зменшує витрату мастила, яке надходить в гідроциліндр 9.

В подальшому при зупинці штока 3 гідроциліндр 9 буде рухати зубчасту рейку 4 завдяки упорній шайби 10 та разом із нею пінолью верстата із інструментом для встановлення у вихідне положення та упора регульованої гайки 12.

Таким чином можливо значно розширити можливості вертикально-свердлильного верстата переважно при застосуванні його при нарізанні різі.

Позиція 2. Привод подачі. Патент Німеччини, [2]

DE 3125306

Автор: Habermann, Rudi, Kirchenstrasse 58, D-4006 Erkrath 1 DE

Привод подачі виконаний у вигляді окремої поршень/циліндр одиниці, яка в одночас виконує роль направляючих, кінець штока якої має фіксацію для інструмента під час його подачі та обробки. Інший торець штока являє собою направляючий елемент, який виготовлений як шліцевий вінець 13, який разом із корпусом циліндра створює закриту камеру. Своїми шліцами шток поєднаний

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

із корпусом циліндра, в якому теж виконані шліці 15. Шток циліндра, який в одночас являє собою і поршень, і направляючу та шпindel із інструментом, поміщений в підшипниках кочення. Шпindel приводиться в рух завдяки змонтованому в одному корпусі із циліндром електродвигуна із можливістю зміни частоти його обертання.

Позиція 3. Патент Україна UA 110916U [5]

Автори: Новік Микола Андрійович (UA) Дідовець Вячеслав Євгенійович (UA) Назаренко Євгеній Вікторович (UA)

В основу пристрою покладена ціль підвищення механічного коефіцієнта корисної дії приводу, зменшення осьового габаритного розміру робочого циліндра, розширення робочого діапазону і зменшення дискретності, тобто підвищення позиціонування шпинделя.

Поставлена ціль вирішується тим, що привод осьової подачі шпинделя вертикально-свердлильного верстата, що містить корпус та механізм подачі шпинделя з гільзою, яка сполучена із вихідним штоком виконавчого гідравлічного циліндра з поршневою і штоковою камерою, яка через

паралельно підключені вихідні канали з'єднана з вхідним каналом двопозиційного гідравлічного розподільника, вихідний канал якого з'єднаний із гідравлічною камерою пневмогідравлічного акумулятора з каналом пневматичного живлення. Новим впровадженням є те, що поршнева камера робочого гідроциліндра по'єднана з вихідним каналом об'ємних гідравлічних дозаторів, які розроблені у вигляді циліндрів з поршнями з поділом на пневматичні розрядні камери і гідравлічні

об'ємні камери, об'єми мастил яких розраховуються по формулі геометричної прогресії

$$v_i = v_0 \cdot 2^{i-1}$$

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

, де v_0 - об'єм камери дозатора робочого цилінда молодшого розряду; i - порядковий номер розрядної

камери, при цьому додатково розміщений в одному із циліндрів об'ємних дозаторів заради утворення додаткової гідравлічної і компенсуючої пневматичної камер додатковий поршень зі штоком, який кінематично з'єднаний з вихідним валом (ЕКД) електричного крокового двигуна.

Принцип дії корисної моделі пояснюється на малюнку, де представлена схема пристрою. Привод осьової подачі шпинделя вертикально- свердильного верстата виготовляється із корпусу 1, в якому поміщена із можливістю осьового руху гільза 2. В гільзі 2 на підшипниках кочення розміщений шпиндель 3, в якому в патроні закріплене свердло 4. Шліцьовий хвостовик 5 шпинделя 3 приводиться в рух завдяки коробки швидкостей (на кресленні коробка швидкостей не показана). В корпусі 1 встановлений робочий циліндр 6 з поршнем 7 та вихідним штоком 8, який кронштейном 9 нерухомо поєднаний із гільзою 2. Поршень 7 і шток 8 робочого циліндра 6 утворюють таким чином закриті камери r і y . Камера y оберненого руху поршня 7 каналом 10 сполучена з вхідним каналом регулятора витрати рідини 11 і вихідним каналом зворотного клапана 12. Вихідний канал регулятора витрати рідини 11 сполучений з каналом подводу мастила зворотного клапана 13, вихідний канал якого сполучений з вхідним каналом дроселя 14 і вихідним каналом вимикаючого розподільника 15. Вхідний канал розподільника 15 сполучений із гідравлічною камерою m пневмогідравлічного акумулятора 16, до пневматичної камери якого приводиться по каналу 17 тиск живлення Рж. Камера r робочого циліндра 6 сполучена з вихідним каналом 18 гідравлічних об'ємних дозаторів. Гідравлічні об'ємні дозатори виготовлені у вигляді циліндрів 19 і 20, в яких виготовлені розрядні поршні 21, 22, 23, кришка 24 та додатковий поршень 25 зі штоком 26, який кінематично гвинтом 27 через муфту 28 сполучений з вихідним валом 29 (ЕКД) електричного крокового двигуна 30. Розрядні поршні 21, 22 і 23 являють

собою пневматичні камери а b і с і гідравлічні камери d , k і е з об'ємами рідини v_0 , $2v_0$ і $4v_0$. Додатковий поршень 25,

який поміщується в циліндрі 19, створює ще одну закриту, геометричну гідравлічну камеру q та пневматичну компенсаційну камеру f , до якої прикладається тиск живлення Рж для врівноваги зусилля, що створюється на гвинт 27 із боку тиску у камері q . Завдяки провороту поршня 25 у кришці 24 виготовлений поздовжній паз 31, в якому міститься шпонка 32, жорстко закріплена на штоку 26. Величини осьового переміщення розрядних поршнів 21, 22 і 23 відповідно дорівнюють x_0 , $2x_0$ і $4x_0$. .

Запропонований у третьому пункті привод осьової подачі шпинделя свердлильного верстата працює наступним чином. У вихідному положенні (ЕКД) електричний кроковий двигун та електромагніт розподільника 15 вимкнені, розрядні камери а , b і е об'ємних дозаторів сполучені з атмосферою. Під дією тиску Рж в камері мастило з акумулятора 16 через розподільник 15, дросель 14, зворотний клапан 12 і канал 10 посупає в камеру у робочого циліндру 6. При цьому вихідний шток 8 та гільза 2 зі шпинделем 3 і розрядні поршні 21, 22, і 23 виходять у вихідне положення. При увімкненні тиску живлення в камеру а (що відповідає при роботі комбінації керуючих сигналів 001) поршень 21 дозатора молодшого розряду зміщується праворуч (за кресленням) на величину x_0 і витискує рідину об'ємом v_0 із камери d в камеру r робочого циліндра 6. В цей час поршень 7 із штоком 8 та гільзою 2 зі шпинделем рухаються вниз на

величину $z_0 = \frac{4v_0}{\pi D_y^2}$, де v_0 - об'єм рідини дозатора; D_y – діаметр (мм) поршня виконавчого циліндра 6. При русі поршня 7 вниз рідина із камери у надходить в акумулятор 16 через регулятор витрати рідини 11, яким регулюється з подача шпинделя (свердла 4). При подачі кодової комбінації 010 (тиск живлення надсилається в камеру b 20 дозатора другого розряду) поршень 22 зміщується

ліворуч (за кресленням) на величину $2x_0$ і витискує мастило об'ємом $2v_0$ в камеру г виконавчого циліндра 6. При цьому шпindel 2 рухається вниз на величину

. Кодовій комбінації керуючих сигналів 011 (тиск живлення одночасно подається в камери а і b дозаторів) відповідає переміщення

шпинделя (свердла) на величину $2z_0 = \frac{8v_0}{\pi D_y^2}$. Кодова комбінація керуючих сигналів 111 (тиск

25 живлення одночасно надсилається в камери а , b і c дозаторів) керує переміщенням свердла

Отже, кожній величині переміщення шпинделя, а отже і свердла відповідає точна кількість застосованих при цьому дозаторів. Максимальне переміщення свердла 4 при подачі сигналів керування на гідравлічні об'ємні дозатори

розраховується по залежності:

$$z_{\max} = z_0 (2^{n_g} - 1)$$

де z_0 - мінімально можливе переміщення шпинделя (свердла) при подачі тиску керування лише в одну камеру дозатора; n_g - кількість гідравлічних дозаторів.

Величина переміщення шпинделя 3 (свердла 4) при подачі одного керуючого імпульсу (ЕКД) електричним кроковим двигуном розраховується

по формулі

$$\Delta z_0 = \frac{D_g^2}{D_y^2} \cdot \frac{\Delta \phi}{360^\circ} \cdot t_{ГВ}$$

де D_g - діаметр додаткового поршня; $\Delta \phi$ - кут обертання вихідного вала 29 (ЕКД) електричного крокового двигун при подачі одного електричного імпульсу; t – крок гвинта .

При одночасній подачі керуючих сигналів як на дозаторні камери, так і на обмотку (ЕКД) електричного крокового двигуна величина переміщення шпинделя визначається по формулі

$$z = z_0 \sum_{i=1}^{n_g} B_i \cdot 2^{i-1} \pm \frac{D_g^2}{D_y^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{360^\circ} t_{гв} n_{им}$$

Максимальна величина переміщення шпинделя 3 (свердла 4) розраховується по залежності

$$z_{\max} = z_0 \left(2^{n_g} - 1 \right) + \frac{D_g^2}{D_y^2} \cdot \frac{\Delta\varphi}{360^\circ} t_{гв} n_{им, \max}$$

де $n_{им, \max}$ – максимальна кількість імпульсів, які можуть бути оброблені електричним кроковим двигуном (ЕКД).

Максимальна кількість імпульсів, що може бути опрацьована електричним кроковим двигуном (ЕКД):

$$n_{им, \max} = \frac{l_{гв}}{\Delta z_0}$$

де $l_{гв}$ - довжина робочої частини гвинта (мм)

Максимальна можлива кількість позицій шпинделя завдяки такому приводу подачі

$$N = \frac{z_0 \cdot 2 \cdot 360^\circ}{\Delta\varphi \cdot t_{гв}}$$

Максимальне переміщення шпинделя:

$$z_{\max} = z_0 \cdot 2^{n_g}$$

1.4 Висновки

Із патентного аналізу випливає, що відомі пристрої головного руху, приводи подач і осьового переміщення шпинделя складні конструктивно, не забезпечують задану величину переміщення свердла (шпинделя) і подачу.

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянуті відомі вертикально-свердлильні верстати працюють в основному в режимі ручного керування, що значно обмежує їх область застосування. В бакалаврському проекті пропонується автоматизувати всі приводи вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н135.

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

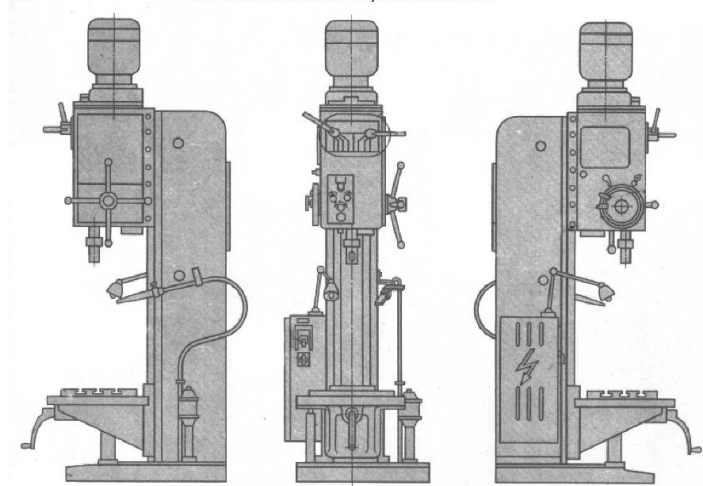
1.5 Список джерел, використаних при патентному пошуку

1. Elektrohydraulische Vorschubeinrichtung: DE 101 62 808 A1 Deutschland : МПК F15B 9/03; заявл. 19.12.2001 ; опубл. 03.07.2003.
2. Vorschubeinrichtung: DE 0 068 445 A1 Deutschland: МПК F 15B 15/14, F 15B 15/06, B 23 1 5/26; заявл.24.06.82 ; опубл. 05.01.83 3Устройство управления подвижным узлом станка: пат. RU 2 280 543 C2 Росія: МПК B23B 47/26; № 2003103750/02; заявл. 10.08.2004; опубл. 27.07.2006 Бюл. № 21.
3. Привод подачі шпиндельної головки: : пат. 6622 Україна : МПК B 23 B 47/04. № 94281067 ; заявл. 14.09.90 ; опубл. 29.12.94, Бюл. № 8.
4. Привод подачі шпиндельної головки свердлильного верстата : пат. 77937 Україна : МПК A01D 41/02, A01D 41/04, A01D 45/02. № а 2011 09738 ; заявл. 05.08.2011 ; опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5.
5. Привод подачі шпинделя свердлильного верстата : пат. 110916 Україна : МПК B23B 39/14, B23B 41/00. № и 2016 04015 ; заявл. 13.04.2016 ; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20.
6. Привод осьової подачі шпинделя свердлильного верстата : пат. 124320 Україна : МПК B23B 39/14, B23B 41/00. № и 2017 04661 ; заявл. 15.05.2017 ; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7.

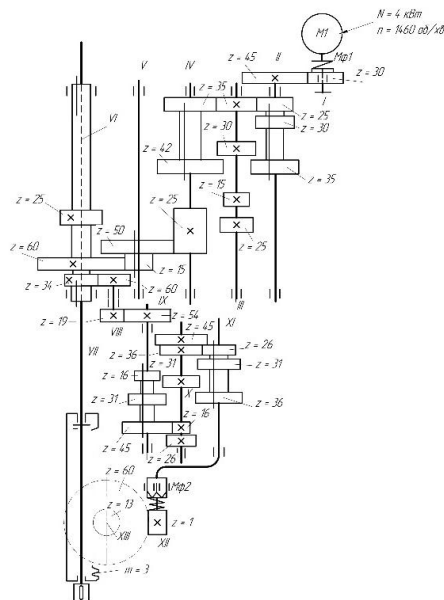
2. Базовий верстат для модернізації

Для модернізації було обрано вертикально свердлильний верстат моделі 2Н135. Загальний вигляд верстата та його кінематична схема наведені на

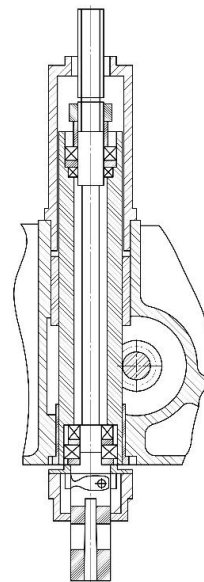
Загальний вигляд верстата 2Н135



Кінематична схема



Креслення шпинделя верстата



плакаті

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ

Арк.

21

2.1 Опис верстата 2Н135

Верстат універсальний вертикально-свердильний 2Н135, з умовним діаметром свердління 35мм, використовується при одиничному і дрібносерійному випуску продукції і призначені для виконання наступних операцій: свердління, розсвердлювання, зенкування, зенкерування, розгортання і підрізання торців. Межі чисел оборотів і подач шпинделя дозволяють обробляти різні види отворів на раціональних режимах різання. На верстаті наявна механічна подача шпинделя, при ручному управлінні циклами роботи.

Допускається обробку заготовок в широкому діапазоні розмірів з різноманітних матеріалів з застосуванням інструменту з високовуглецевих та швидкорізальних сталей та твердих сплавів. Верстати обладнані приладом реверсування електродвигуна головного руху, що дозволяє виготовляти на них різні машинними мітчиками при ручній подачі шпинделя.

Категорія розміщення 4 по ГОСТ 15150-69.

Для обробки отворів різних діаметрів використовуються основні вертикально-свердильні верстати сімейства 2Н135. Дві останні цифри ,які стоять в моделі верстата, вказують найбільший діаметр отвору в міліметрах, яке може бути зроблене на цьому верстаті в заготовці зі сталі 45.

На основі базової моделі вертикально-свердильного верстата 2Н135 створені наступні модифіковані моделі:

2Н135А - вертикально-свердильний верстат з автоматизованим управлінням

2Н135К - координатні вертикально-свердильний верстат з хрестовим столом;

2Н135-1 - координатні вертикально-свердильний верстати із круглим поворотним столом;

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2Н135С - спеціальний однопозиційний вертикально-свердильний верстат з фланцевою пінолю, що використовується для кріплення багатошпindelних головок;

2Н135Н - багатопозиційний свердильний верстат, що призначені для установки багатошпindelних головок і поворотних столів;

2Р135Ф2 - свердильний верстат з ЧПУ, хрестовим столом і револьверної головкою і ін.

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

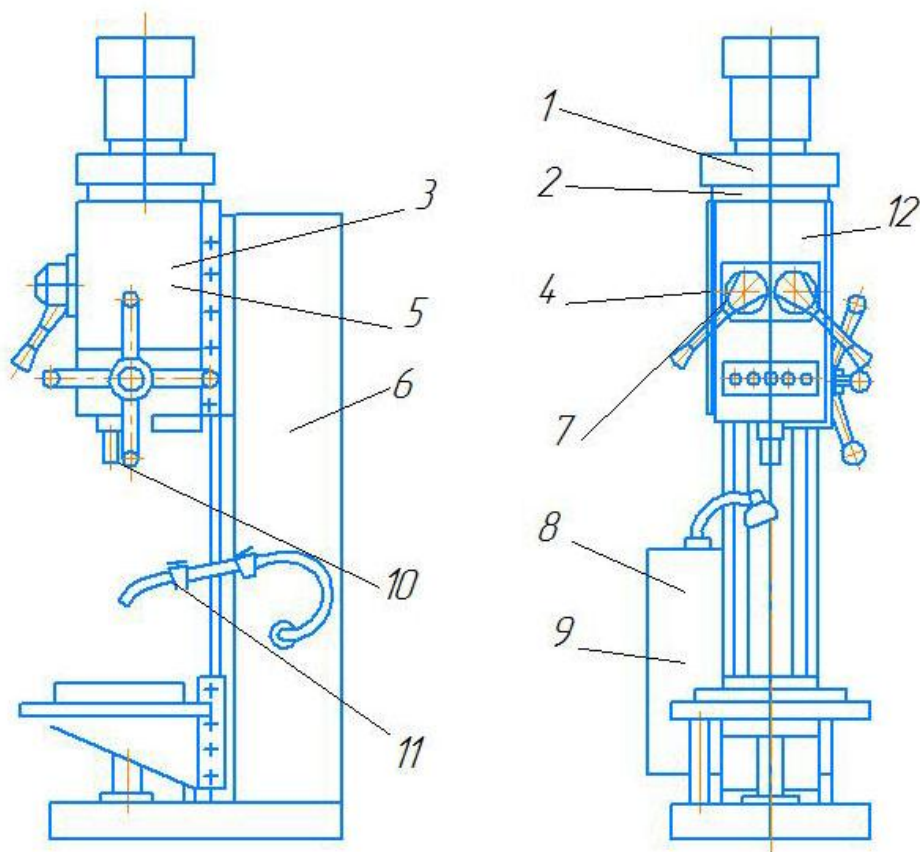


Рис. 1 Розміщення основних частин верстата

1. Привід вертикально-свердлильного верстата
2. Коробка швидкостей верстата
3. Насос плунжерний масляний
4. Насос плунжерний масляний
5. Коробка подач
6. Колона, стіл, плита
7. Механізм керування частотою обертання і подачами
8. Електрошафа
9. Електрообладнання
10. Шпиндель в зборі
11. Система охолодження
12. Свердлильна головка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ

Арк.

24

2.2 Кінематична схема верстата та графік частот обертання

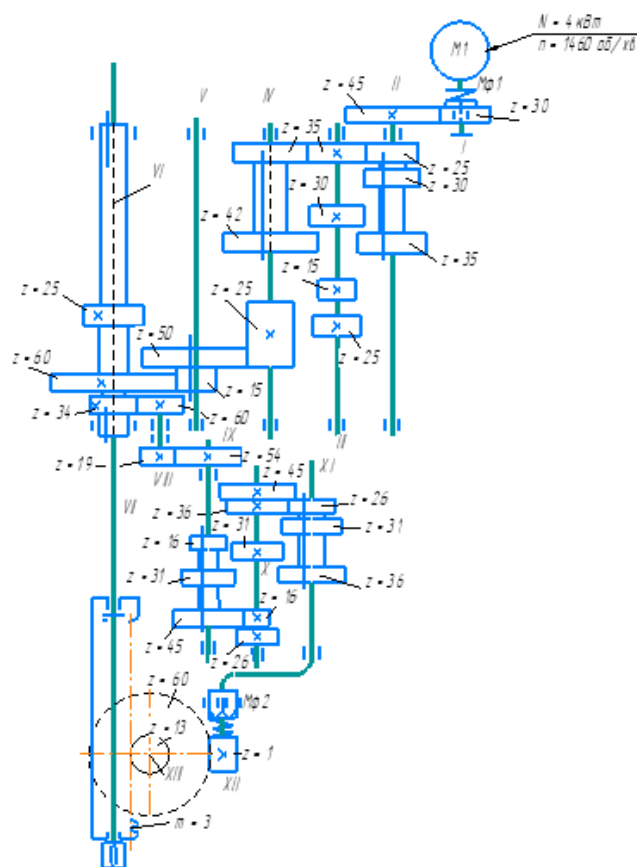


Рис. 2 Кінематична схема верстата 2H135

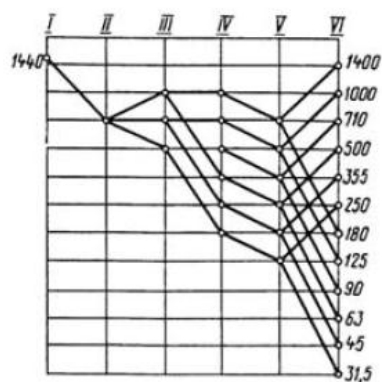


Рис. 3 Графік частот обертання головного приводу

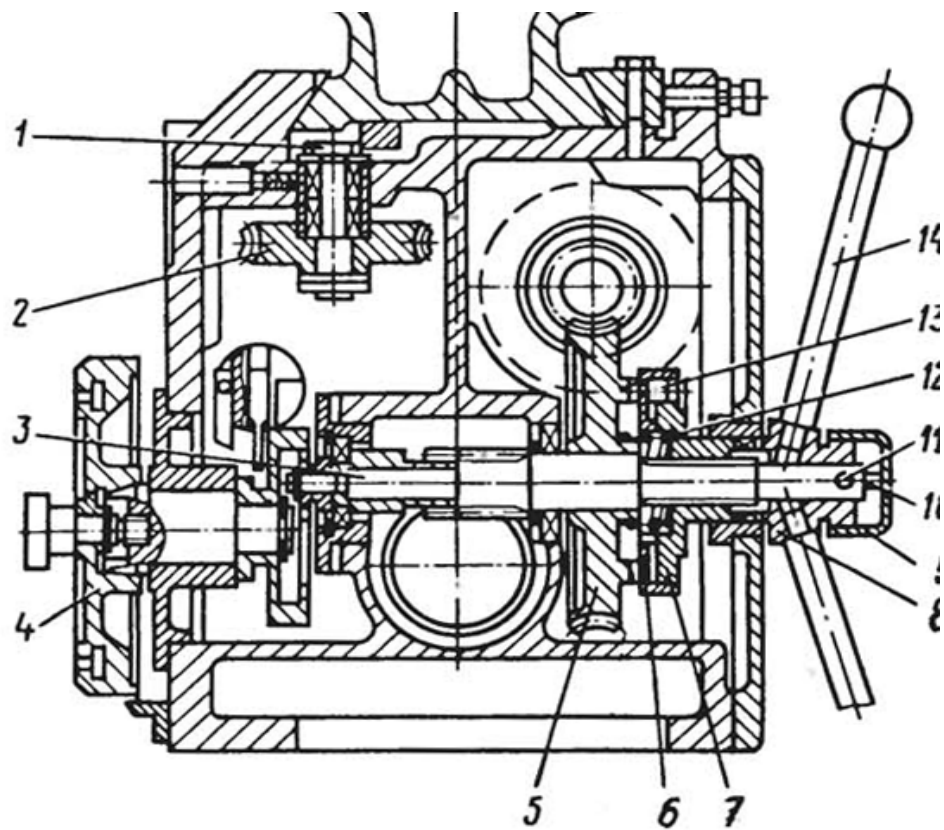
Всього на верстаті можна встановити 12 швидкостей шпинделя.

2.3 Механізм подачі

Механізм подачі, який складається з черв'ячної передачі, горизонтального вала з рейковим зубчастим колесом, лімба, кулачкової та храпової обгінних муфт, штурвала, є однією частиною свердлильної головки. Механізм подачі приводиться в рух від коробки подач і виконує наступні операції:

- ручного підведення інструменту до оброблюваної деталі;
- включення робочої подачі шпинделя;
- ручного випередження подачі;
- вимкнення робочої подачі шпинделя;
- ручного відведення шпинделя вгору;
- ручної подача, що застосовується при нарізанні різьби.

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ

Арк.

27

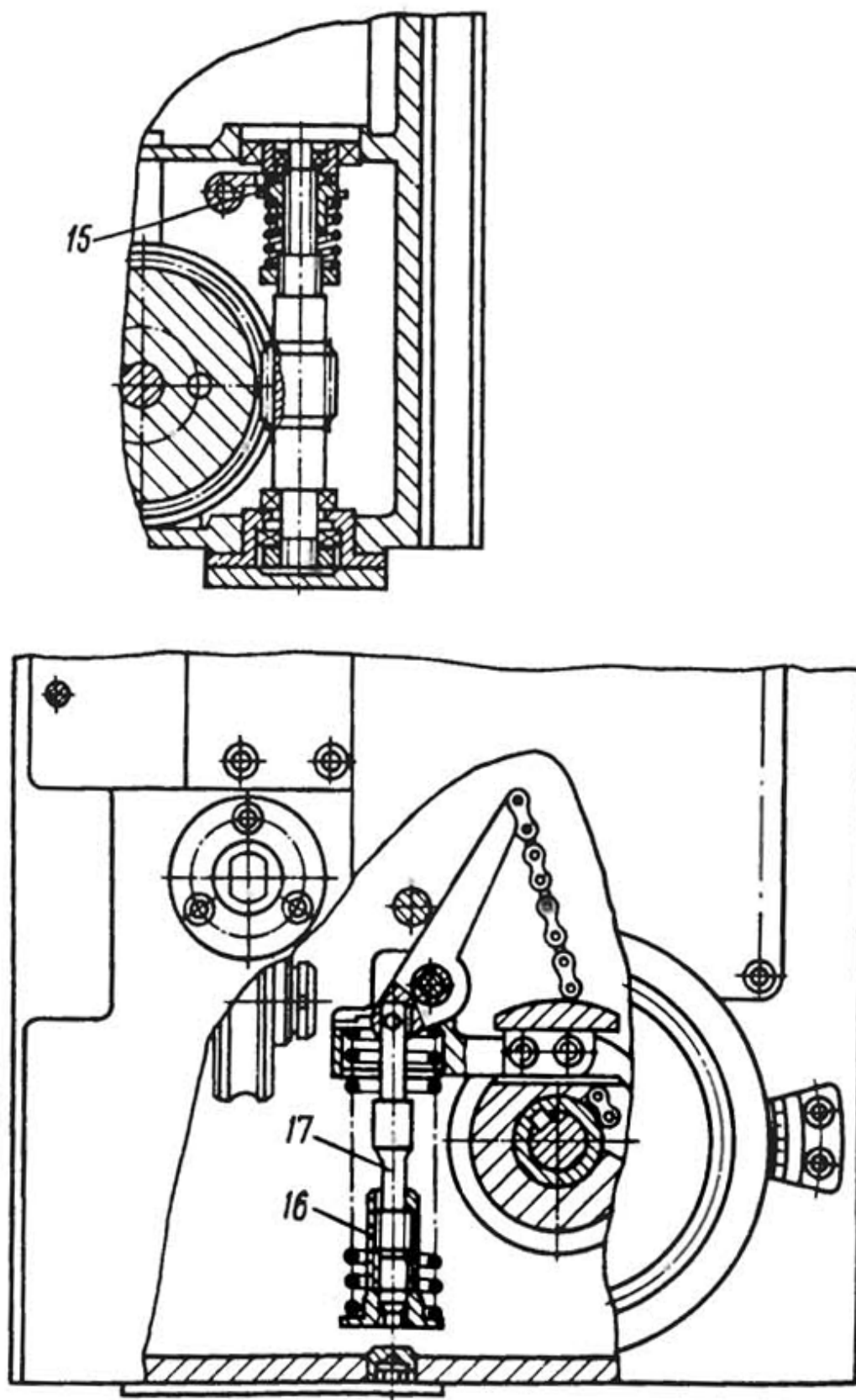


Рис. 4 Свердлильна головка верстата 2Н135

Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ

Арк.

28

Механізм подачі працює наступним чином: при обертанні рукоятки 14 (Рис. 4) на себе обертається кулачкова муфта 8, яка через обойму-напівмуфту 7 обертає вал-шестерню 3 рейкової передачі, при цьому відбувається ручна подача шпинделя. Коли інструмент наближається та дотикається до деталі, на валу-зубчастого колеса 3 виникає крутний момент, який не може бути переданий зубцями кулачкової муфти 8, і обойма-напівмуфта 7 переміщається уздовж вала до того моменту, поки торці кулачків деталей 7 і 8 не встануть один проти одного. У цей час кулачкова муфта 8 обертається відносно вала-зубчастого колеса 3 на кут 20° , який обмежений пазом в деталі 8 та штифтом 10. На обоймі - напівмуфті 7 розміщений двобічний храповий диск 6, пов'язаний з напівмуфтою собачками 13. При переміщенні обойми-напівмуфти 7 зубці диска 6 зачеплюються з зубцями диска, який виконаний разом з черв'ячним колесом 5. Внаслідок обертання від черв'яка передається на рейкове зубчасте колесо і реалізується механічна подача шпинделя. При наступному обертанні штурвала 14 при увімкненій подачі собачки 13, що розміщена у обоймі- напівмуфті 7, проскакують по зубцям внутрішньої сторони диска 6; При цьому відбувається ручне випередження механічної подачі.

При ручному увімкненні подачі штурвалом 14 (після обертання його на себе на кут 20°) зуб муфти 8 розміщується проти западини обойми-напівмуфти 7. Внаслідок осьової сили і спеціальної пружини 12 обойма-напівмуфта 7 зміщується вправо і роз'єднує зубчасті колеса 5 і 6; При цьому механічна подача припиняється.

Механізм подач шпинделя допускає ручну подачу . Для цього потрібно вимкнути штурвалом 14 механічну подачу і ковпачок 9 рухати уздовж осі вала-зубчастого колеса від себе.

При цьому штифт II передає крутний момент від кулачкової муфти 8 на горизонтальний вал. На лівій стінці свердлильної головки головки розміщений лімб 4 для візуального контролю глибини обробки і налаштування кулачків.

Для ручного переміщення свердлильної головки по напрямним колони наявний механізм, який складається з черв'ячної пари 2 і рейкової пари І. Для запобігання механізму подачі від поломки присутня запобіжна муфта 15. Гайка 16 і гвинт 17 необхідні для регулювання пружинної протизапира.

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3. Принципова схема модернізованого вертикально-свердлильного верстата

На рис.5 показана принципова схема модернізованого вертикально-свердлильного верстата

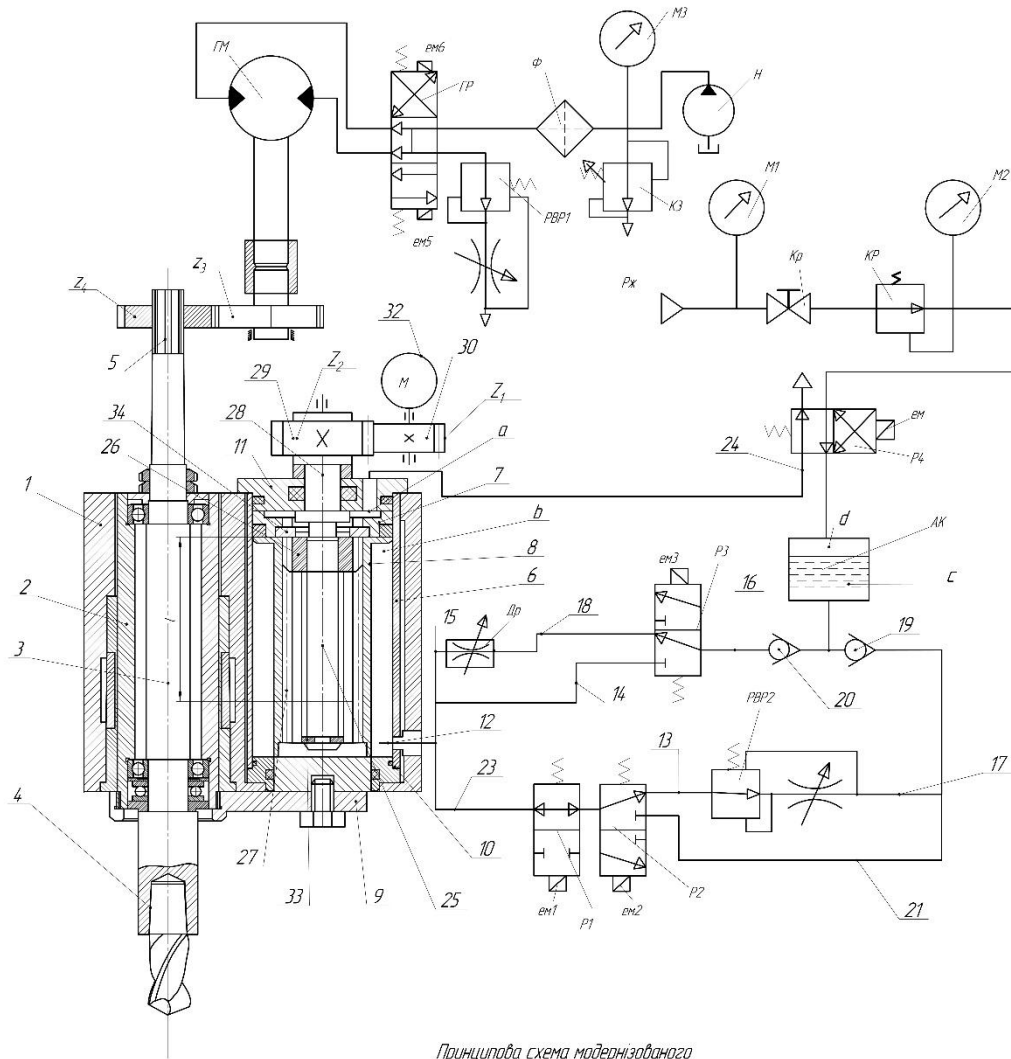


Рис. 5 Принципова схема модернізованого вертикально-свердлильного верстата

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Принципова схема модернізованого вертикально-свердлильного верстата складається із корпусу 1, в якому рухомо в осьовому напрямку розміщена гільза 2. В гільзі 2 на підшипниках кочення встановлений шпindel 3, в якому закріплене свердло 4. Шліцевий хвостовик 5 шпинделя отримує оберти від приводу швидкостей, який виконаний у вигляді зубчастої передачі z_3 та z_4 . При цьому зубчасте колесо z_4 розміщене рухомо в осьовому напрямку на шліцевому хвостовику 5, а зубчасте колесо z_3 муфтою М сполучена з вихідним валом гідромотора ГМ. До гідромотора ГМ підводиться тиск живлення від насоса Н через фільтр Ф і трипозиційний чотирилінійний гідравлічний розподільник ГР. Тиск гідравлічного живлення регулюється запобіжним клапаном тиску КЗ по манометру МЗ. Вихідний канал розподільника ГР з'єднаний з вхідним каналом регулятора витрат рідини РВР1. В корпусі закріплений виконавчий циліндр 6 з поршнем 7 і вихідним штоком 8, який кронштейном 9 жорстко прикріплений до гільзи 2. Поршень 7 і шток 8 з нижньою кришкою 10 і верхньою 11 утворюють пневматичну камеру *a* і гідравлічну камеру *b*. Камера *b* зворотного руху поршня 7 каналом 12 через розподільники Р1 та Р2 з'єднана з вхідним каналом 13 регулятора витрати рідини РВР2 і з вхідними каналами 14 та 15 регульованого дроселя Др і розподільника РЗ. Вихідні канали 17, 18 та 21 регулятора витрати рідини РВР2 і дроселя Др через розподільник РЗ, канал 16, зворотні клапани 19 та 20 сполучені з гідравлічною камерою *c* акумулятора АК. Пневматична камера *d* акумулятора АК каналом 22 з'єднана з вихідним каналом пневматичного розподільника Р4. Вихідний канал 24 розподільника Р4 з'єднаний з камерою *a* виконавчого циліндра 6. В осьовій циліндричній розточці штока 8 і поршня 7 концентрично розміщений гвинт 25, на який нагвинчена гайка 26 з повздовжніми шліцевими пазами 27, виконаними на внутрішній циліндричній поверхні вихідного штока 8. На хвостовику 28 гвинта 25 закріплюється зубчасте колесо 29, яке зачеплюється з зубчастим колесом 30, вал якого з'єднаний з вихідним валом 31 електричного крокового двигуна ЕКД 32. Переміщення гайки 26 в осьовому напрямку обмежується стопорними кільцями 33 та 34. Довжина

робочої частини *l* гвинта 25 дорівнює величині максимального переміщення 3 (свердла 4).

Принцип дії модернізованого вертикально-свердлильного верстата полягає в наступному. У вихідному положенні електромагніти ЕМ1-ЕМ розподільників Р1, Р2, Р3, Р4, ГР і обмотки електричного крокового двигуна (ЕКД) 32 знеструмлені. Поршень 7 і гайка 26 знаходяться у верхньому крайньому положенні (за кресленням). Для переміщення свердла 4 в задану позицію вниз спочатку подається необхідна кількість керуючих імпульсів струму на обмотки ЕКД 32, при цьому обертається гвинт 25, внаслідок чого гайка 26 переміщується вниз на задану величину. Величина переміщення гайки 26 вниз визначається по залежності

$$z = \frac{\varphi_0}{360^\circ} \times n_{\text{ім}} \times \frac{z_1}{z_2} \times t_{\text{гв}},$$

де φ_0 – кут повороту вихідного вала 31 ЕКД 32 при опрацюванні одного керуючого імпульсу струму (дискретність ЕКД); $n_{\text{ім}}$ – число опрацьованих імпульсів; z_1, z_2 – числа зубців зубчатих коліс 30 та 29; $t_{\text{гв}}$ – крок гвинта 25. Так, наприклад, для переміщення гайки 24 (свердла 4) вниз на величину $z = 60$ мм при значенні параметрів: $\varphi = 1,8^\circ$, $z_1 = 15$, $z_2 = 30$, $t_{\text{гв}} = 12$ мм необхідно на ЕКД 32 подати

$$n_{\text{ім}} = \frac{360^\circ}{\varphi} \times \frac{z}{t_{\text{гв}}} \times \frac{z_2}{z_1} = \frac{360^\circ}{1,8^\circ} \times \frac{60}{12} \times \frac{30}{15} = 2000 \text{ (імпульсів)}$$

Після переміщення гайки 26 вниз на задану величину ($z=60$ мм) подається напруга на електромагніт *ем* розподільника 23, який перемикається, при цьому тиск живлення Рж подається у камеру а циліндра 8, а камера *b* через регулятор витрати рідини 14 і зворотний клапан 19 з'єднується з камерою *c* акумулятора 21. Під дією тиску живлення в камері *a* поршень 7 зі штоком 8 і свердлом 4 зміщуються вниз на величину $z = 60$ мм. При переміщенні поршня 7 вниз

швидкість руху регулюється регулятором витрати рідини 14. Після виконання технологічної операції свердло 4 повертається у вихідне положення, при цьому спочатку знеструмлюється електромагніт ем розподільника 23, який перемикається і з'єднує камеру а циліндра 6 з атмосферою, а в камеру d акумулятора 21 подається тиск живлення. Під дією пневматичного тиску в камері d акумулятора 21 рідина послідовно через зворотний клапан 20 і дросель 16 поступає в камеру b, при цьому поршень 7 зі штоком 8 і свердлом 4 рухаються вгору до упору поршня 7 в кришку 11. Після постановки поршня на упор подаються керуючі імпульси на обмотки ЕКД 32, при цьому гайка 26 переміщується в задану позицію. Так, наприклад, для переміщення гайки 26 на величину $z_n = 84$ мм вниз відносно верхнього крайнього положення необхідно на ЕКД 32 подати керуючих імпульсів:

$$n_{im} = \frac{360^\circ}{\varphi^\circ} \times \frac{z_n - z}{t_{zg}} \times \frac{z_2}{z_1} = \frac{360^\circ}{1,8^\circ} \times \frac{84 - 60}{12} \times \frac{30}{15} = 800 \text{ (імпульсів)}$$

Для переміщення гайки 26 вгору на величину, наприклад, $z_v = 24$ мм відносно верхнього крайнього положення необхідно в реверсному режимі на ЕКД 32 подати керуючих імпульсів:

$$n_{im} = \frac{360^\circ}{\varphi^\circ} \times \frac{z - z_e}{t_{zg}} \times \frac{z_2}{z_1} = \frac{360^\circ}{1,8^\circ} \times \frac{60 - 24}{12} \times \frac{30}{15} = 1200 \text{ (імпульсів)}$$

Після переміщення гайки 26 в задану позицію подається напруга на електромагніт ем при цьому розподільник Р4 перемикається і тиск живлення Рж від нього подається в камеру а. Під дією тиску в камері а поршень 7 зі штоком 8 і свердлом 4 переміщуються на задану величину. При цьому величина подачі свердла 4 регулюється і підтримується постійною незалежно від навантаження на свердло.

Привод забезпечує як швидке переміщення шпинделя 3 (свердла 4) вниз, так і робочу швидкість (подачу). Для забезпечення швидкого руху шпинделя 3 (свердла 4) вниз від програмного пристрою (контролера, який на схемі не

розподільника P1, при цьому за рахунок періодичної зупинки свердла 4 здійснюється подрібнення стружки.

Таким чином запропонована модернізація верстата дає можливість забезпечити високу точність позиціонування шпинделя зі свердлом, так як осьове позиціонування здійснюється по жорсткому механічному упору, тобто поршень 7 упирається в гайку 26. Привод забезпечує широкий діапазон позиціонування за заданою дискретністю, наприклад,

$$L_{\min} = \frac{\varphi^{\circ}}{360^{\circ}} \times n_{\min} \times \frac{z_1}{z_2} \times t_2 = \frac{1,8^{\circ}}{360^{\circ}} \times 1 \times \frac{15}{30} \times 12 = 0,03 \text{ мм}$$

Для зміни дискретності необхідно змінити, наприклад, параметри z_1 , z_2 , тгв, φ_0 .

Регулювання швидкості руху шпинделя (свердла 4) регулятором витрати рідини (наприклад Г55-22) дає можливість аналогово забезпечити широкий діапазон. Так, наприклад, регулятор витрати рідини типу МПГ55-22 забезпечує

мінімальну витрату $Q_{\min} = 0,04$ л/хв та $Q_{\max} = 25$ л/хв при цьому швидкість руху шпинделя (свердла 4) визначається по залежностях:

$$V_{\min} = \frac{Q_{\min}}{F_y}; V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{F_y}$$

Діапазон регулювання подач:

$$C = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}}$$

Наприклад, при діаметрі поршня 7 циліндра 6 $D_p = 60$ мм мінімальні і максимальна подачі (швидкості руху шпинделя) будуть мати значення:

$$V_{\min} = \frac{4 \times Q_{\min}}{\pi \times D_n^2} = \frac{4 \times 0,04 \times 10^3}{\pi \times 6^2} = 1,42 \left(\frac{\text{см}}{\text{хв}} \right) \approx 0,24 \left(\frac{\text{мм}}{\text{с}} \right)$$

$$V_{\max} = \frac{4 \times Q_{\max}}{\pi \times D_n^2} = \frac{4 \times 25 \times 10^3}{\pi \times 6^2} = 885 \left(\frac{\text{см}}{\text{хв}} \right) = 147 \left(\frac{\text{мм}}{\text{с}} \right) = 0,147 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Діапазон регулювання частот

$$C = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{147}{0,24} = 612,5$$

Регулювання швидкості обертів шпинделя регулятором витрати рідини теж забезпечує як широкий діапазон, так і значний крутний момент

Оберти шпинделя визначаються за формулою:

$$n_{ш} = n_{зм} \times \frac{z_3}{z_4},$$

де $n_{зм}$ - оберти вихідного вала гідромотора;

z_3, z_4 – числа зубців зубчастих коліс.

При застосуванні, наприклад, гідромотора Г15-22М за параметрами :
робочий об'єм – 20 см³ ; номінальна витрата рідини – 19,2 л/хв ; тиск – 6,3 МПа;
оберти: номінальні – 960 об/хв, максимальні – 2100 об/хв; крутний момент – 14,7 Нм.

Діапазон регулювання обертів:

$$C_{об} = \frac{n_{ном}}{n_{н,м}} = \frac{960}{40} = 24.$$

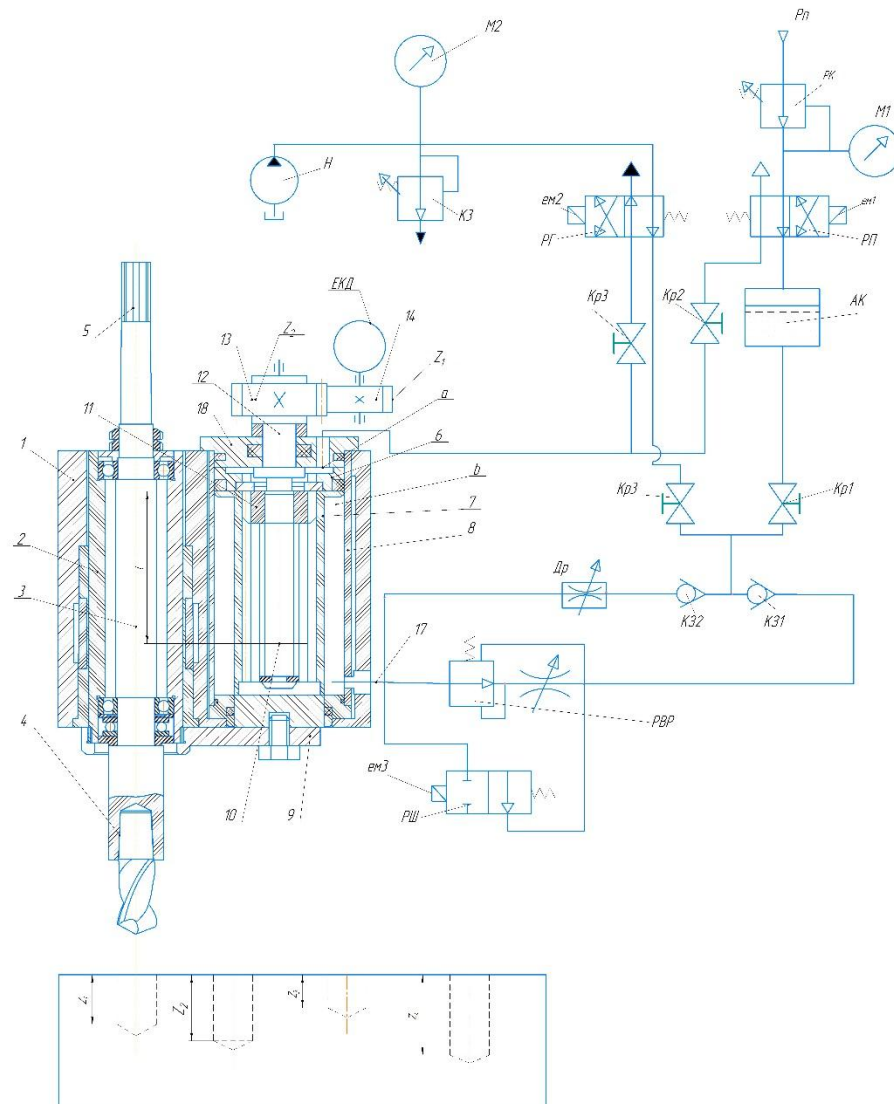
Аналіз запропонованої запропонованої схеми свердлильного верстата дозволяє зробити висновки, що верстат забезпечується як широкими

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

діапазонами регулювання швидкості різання так подачі, так і високою точністю позиціонування осьового переміщення інструменту з можливістю подрібнення стружки.

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4. Розрахункова схема приводу осьового переміщення шпинделя і подачі



Розрахункова схема приводу осьового переміщення шпинделя і подачі

Рис. 6 Розрахункова схема приводу осьового переміщення і подачі шпинделя

На рис. 6 показана розрахунова схема приводу осьового переміщення шпинделя і подачі. Схема складається із корпусу 1, в якому розміщена рухомо в осьовому напрямку втулка 2 з шпинделем 3, в якому закріплено свердло 4. Шпиндель 3 приводиться в обертовий рух від гідромотора (на рис. гідромотор не показаний) через шліцевий хвостовик 5. Осьове переміщення свердла 4 здійснюється від циліндра 8 з поршнем 6 і вихідним штоком 7. Поршень 6 і шток 7 утворюють геометричні камери: поршневу *a* та штокову *b*. Вихідний шток 7 з'єднаний з втулкою 2 шпинделя 3 водилом 9. В осьовій розточці штока 7 розміщена на гвинті 10 гайка 11. Хвостовик 12 гвинта 7 через зубчасті колеса 13 та 14 з'єднаний з вихідним валом 15 електричного крокового двигуна (ЕКД). Поршнева камера *a* каналом через кран Кр 4 гідравлічний розподільник Рг з вихідним каналом насоса Н. Тиск живлення насоса Н налаштовується запобіжним клапаном КЗ по манометру М2. Камера *a* також через кран Кр2 та пневматичний розподільник РП з'єднана з вихідним каналом редукційного клапана РК з манометром М1.

Камера *b* циліндра 8 через канал 17, регулятор витрати рідини ВВР, розподільник швидкого руху РШ, дросель Др, зворотні клапани Зк 1 та Зк 2, крани Кр 1 та Кр 3 з'єднана з вихідним каналом розподільника Рг, вихідним каналом пневмогідравлічного акумулятора Ак . пневматична камера *c* акумулятора Ак з'єднана з вихідним каналом редукційного клапана Рк.

Переміщення шпинделя 3 зі свердлом 4 може здійснюватись двома способами: або від насоса Н, при цьому необхідно перекрити крани Кр 1 та Кр 2, або від пневматичного тиску Рп, при цьому необхідно перекрити крани Кр 3 та Кр 4.

Розглянемо процес переміщення шпинделя 3 зі свердлом 4 гідравлічним способом тобто при закритих кранах Кр 1 та Кр 2. Величина переміщення свердла 4 на задану величину *z* визначається опрацюванням ЕКД заданої кількості керуючих сигналів, тобто

$$z = \frac{\varphi^0}{360^0} \times n_{im} \times t_{zg},$$

де φ^0 – дискретність ЕКД; n_{im} - число опрацьованих імпульсів ЕКД; t_{zg} – крок гвинта 10.

Після переміщення гайки 11 на величину z подається напруга на електромагніт ем 2 розподільника РГ, при цьому рідина від розподільника РГ і кран Кр 4 поступає в камеру a , а камера b через увімкнений розподільник РШ, зворотний клапан ЗК 1, кран Кр і розподільник РГ йде на злив. При цьому циклограма руху має вигляд: швидкий рух вниз і переміщення на робочій швидкості (в процесі свердління).

Розглянемо алгоритм розрахунку характеристик приводу подачі шпинделя:

1. При заданому розрахунковому навантаженні P та тиску p із урахуванням механічного ККД $\eta_{мех}$ визначається діаметр поршня виконавчого приводу:

$$D = \sqrt{\frac{4p}{\pi p \eta_{мех}}}$$

2. Обирається необхідне значення P_{min} в робочій площині приводу:

$$P_{min} = \frac{4P}{\pi D^2 \eta_{мех}}$$

3. Обирається діаметр штока $d = (0,4 - 0,5)/D$ із урахуванням довжини ходу приводу та навантаження та округлюється до найближчого нормального значення, обираємого із ряду 20, 25, 32, 40, 50, 60, 70, 80, 90 мм.

4. По заданій швидкості швидкого ходу приводу $V_{шх}$ визначається витрата рідини на лінії нагнітання:

$$Q_{max} = \frac{\pi D^2}{4} V_{шх}$$

5. По витраті рідини Q_{max} із урахуванням можливих втрат обирається потужність насоса та його типорозмір.

6. По потужності насоса $Q_{нас}$ обирається напорний золотник.

7. По витраті рідини Q_{max} обирається реверсний золотник, дужководий золотник із зворотним клапаном та фільтр, якщо він встановлений на лінії підводу рідини та фільтрує весь потік.

8. По витраті рідини Q_{max} та допустимій швидкості $V_{дон}$ рідини обирається діаметр трубопроводу $d_{m.p.}$ на лінії підводу:

$$d_{m.p.} = \sqrt{\frac{4Q_{max}}{\pi V_{дон}}}$$

Для напорної магістралі рекомендується приймати $V_{дон} = 3 - 3,5$ м/с при тиску 20×10^5 Н/м²; $V_{дон} = 4 - 5$ м/с при тиску до 50×10^5 Н/м². Знайдений діаметр округлюється до найближчого нормального значення із ряду 4, 6, 8, 10, 13, 15, 20, 25 мм.

9. Визначається витрата рідини на зливі при швидкому русі:

$$Q_{зл max} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \times V_{вих}$$

10. По витраті рідини $Q_{зл max}$ обирається фільтр, якщо він встановлений і фільтрує весь потік рідини. По витраті рідини $Q_{зл max}$ та допустимій швидкості визначається діаметр зливного трубопроводу:

$$d_{ze} = \sqrt{\frac{4Q_{зл max}}{\pi V_{донзл}}}$$

Рекомендується $V_{дон зл} = 1,5 - 2,5$ м/с. Знайдений параметр округлюється до близького нормального значення.

11. Визначається витрата рідини на лінії підводу Q_1 та зливу Q_2 при робочому ході:

$$Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} V_p$$

$$Q_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} V_p$$

12. В залежності від місця установки по одній із витрат рідини обирається регулятор витрати рідини та фільтр, якщо він встановлений перед дроселем.

13. Визначаються дійсні значення швидкості масла в трубопроводі при робочому ході привода:

$$V_1 = \frac{4Q_1}{\pi d_{mp}^2}$$

$$V_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_{зв}^2}$$

14. Визначається режим тиску рідини в трубопроводах на лініях підводу та зливу за числом Рейнольдса:

$$Re_1 = \frac{V_1 d_{mp}}{\gamma}$$

$$Re_2 = \frac{V_2 d_{зв}}{\gamma}$$

де $\gamma - 2 \times 10^5 \text{ м/с}^2$ – кінематична в'язкість масла.

15. В залежності від режиму руху обираються коефіцієнти тертя для рідини

$$\lambda_{1,2} = \frac{64}{Re}$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{0,3146}{\text{Re}^{0,25}}$$

16. Визначаються втрати тиску на тертя по довжині трубопровода для лінії підводу та зливу на робочому ході:

$$\Delta P_{L_2} = \lambda_2 \frac{L_2}{d_{36}} \frac{V_2^2}{2q} \gamma \quad \Delta P_{L_1} = \lambda_1 \frac{L_1}{d_{mp}} \frac{V_1^2}{2q} \gamma$$

та
$$\Delta P_{L_2} = \lambda_2 \frac{L_2}{d_{36}} \frac{V_2^2}{2q} \gamma$$

де $\gamma = 9,2 \times 10^3 \text{ Нм}^3$ – питома вага мінерального масла; l_1 та l_2 – довжина трубопровода.

17. Визначаються втрати на місцевих опорах при робочому ході привода. Втрати тиску в гідравлічних апаратах приводяться в таблицях їх типорозмірів/ втрати вказані для максимальної витрати рідини через апарат.

а) для апаратів лінії підводу

$$\Delta p_{M_1} = \Delta p_{\text{мтабл}} \left(\frac{Q_1}{Q_{\text{табл}}} \right)^2$$

б) для апаратів лінії зливу

$$\Delta p_{M_2} = \Delta p_{\text{мтабл}} \left(\frac{Q_2}{Q_{\text{табл}}} \right)^2$$

Враховуються втрати тільки в тих апаратах, через які проходить робочий потік рідини при руху привода із швидкістю робочої подачі. Для дробелів слід приймати втрати тиску при робочій подачі $\Delta p_{\text{мдр}} = 2-3 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$.

18. Визначаються сумарні втрати тиску на лінії підвода $\Delta p_{n1} = \Delta p_{l1} + \Sigma \Delta p_{M_1}$,

та на лінії зливу $\Delta p_{n2} = \Delta p_{l2} + \Sigma \Delta p_{M_2}$

19. Сумарні втрати на лінії зливу приводяться до робочої площини, враховуючи різницю ефективних площин в середині циліндра:

$$\Delta p_{\text{прив}} = \Delta p_2 \frac{D^2 - d^2}{D^2}$$

20. Визначається робочий тиск, на який має бути налаштований напірний золотник:

$$p_{\text{роб}} = p_{\text{min}} + \Delta p_1 + \Delta p_{2\text{прив}}$$

21. Визначається потужність приводного двигуна насоса:

$$N = \frac{P_{\text{роб}} Q_{\text{нас}}}{\eta_{\text{еф}}}$$

4.1 Вихідні значення для розрахунку

1. Тип розподільника – реверсивний золотник із гідрокеруванням;
2. Регулятор швидкості робочого ходу – дросель із регулятором, встановленим на вході;
3. Фільтр встановлений перед дроселем із регулятором;
4. Розрахункове навантаження $P = 2500 \text{ Н}$;
5. Розрахунковий тиск $p = 20 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$;
6. Механічний ККД приводу $\eta_{\text{мех}} = 0,90$;
7. Максимальна подача $V_{\text{штп}} = 8,5 \times 10^{-2} \text{ м/с}$;
8. Швидкість робочого ходу $V_p = 1,4 \times 10^{-2} \text{ м/с}$;
9. Довжина ходу $S = 0,2 \text{ м}$;
10. Довжина робочого ходу $S_p = 0,1 \text{ м}$;
11. Довжина трубопроводу на лінії підводу $l_1 = 5 \text{ м}$;
12. Довжина трубопроводу на лінії підводу $l_2 = 6 \text{ м}$;

В якості робочої рідини приймаємо мінеральне масло індустріальне 20 із середньою кінематичною в'язкістю $\gamma - 2 \times 10^5 \text{ м/с}^2$

4.2 Розрахунок і вибір параметрів гідросистеми

1. Обираємо діаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi p \eta_{\text{мех}}}} = \sqrt{\frac{4 \times 2500}{\pi \times 20 \times 10^5 \times 0,9}} = 0,042 \text{ м}$$

Приймаємо $D = 420 \text{ мм}$.

2. Обираємо необхідне значення P_{min} в робочій площині привода:

$$P_{\text{min}} = \frac{4P}{\pi D^2 \eta_{\text{мех}}} = \frac{4 \times 2500}{\pi \times 0,042^2 \times 0,9} = 20 \times 10^5 \text{ Н / м}^2$$

3. Обираємо діаметр штока із урахуванням довжини ходу приводу та навантаження та округлюється до найближчого нормального:

$$d = (0,4 - 0,5) / D = 0,0168 - 0,021$$

Приймаємо $d = 20 \text{ мм}$.

4. По заданій швидкості швидкого ходу привода $V_{\text{шх}}$ визначаємо витрату рідини на лінії нагнітання

$$Q_{\text{max}} = \frac{\pi D^2}{4} V_{\text{шх}} = \frac{\pi 0,042^2}{4} \times 8,5 \times 10^{-2} = 1,17 \times 10^{-4} \text{ м}^3 = 7,02 \text{ л / хв}$$

По витраті рідини обираємо насос типу Г12-22 із номінальною продуктивністю $Q_{\text{max}} = 12 \text{ л/хв}$.

Максимальний робочий тиск $P_{\text{max}} = 63 \text{ кгс/см}^2$. Частота приводного електродвигуна $n = 1440 \text{ об/хв}$. Ефективний ККД $\eta_{\text{мех}} = 0,82$.

6. Обираємо напірний золотник – запобіжний клапан із переливним золотником типу Г52-14 із пропускною здатністю 3-70 л/хв.

7. По витраті рідини обираємо гідророзподільник – реверсивний золотник із гідрокеруванням типу Г72-32 та двухходовий золотник із оберненим клапаном типу Г74-11.

8. По витраті рідини Q_{max} та допустимій швидкості $V_{\text{дон}}$ рідини обираємо діаметр трубопроводу $d_{\text{м.р.}}$ на лінії підводу:

$$d_{\text{м.р.}} = \sqrt{\frac{4Q_{\text{max}}}{\pi V_{\text{дон}}}} = \sqrt{\frac{4 \times 1,17 \times 10^{-4}}{\pi \times 4,5}} = 5,7 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{\text{мр}} = 8 \text{ мм}$

9. Визначаємо витрату рідини на зливі при швидкому русі:

$$Q_{\text{злmax}} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \times V_{\text{шх}} = \frac{\pi(0,042^2 - 0,02^2)}{4} \times 8,5 \times 10^{-2} = 0,91 \times 10^{-4} = 5,46 \text{ л / хв}$$

10. По витраті рідини $Q_{\text{зл max}}$ та допустимій швидкості визначаємо діаметр зливного трубопроводу:

$$d_{ze} = \sqrt{\frac{4Q_{злmax}}{\pi V_{донзл}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,91 \times 10^{-4}}{\pi 2,5}} = 0,007 м.$$

Приймаємо $d_{зв} = 8$ мм.

11. Визначаємо витрата рідини на лінії підводу Q_1 та зливу Q_2 при робочому ході:

а) на лінії підводу Q_1

$$Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} V_p = \frac{\pi 0,042^2}{4} \times 1,4 \times 10^{-2} = 0,19 \times 10^{-4} = 1,16 л / хв$$

б) та зливу Q_2

$$Q_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} V_p = \frac{\pi(0,042^2 - 0,02^2)}{4} 1,4 \times 10^{-2} = 0,14 \times 10^{-4} = 0,89 л / хв$$

12. По витраті робочої рідини обираємо дросель із регулятором типу Г55-21 та фільтр пластинчастий типу 0,08 Г41-12.

13. Визначаємо дійсні значення швидкості масла в трубопроводі при робочому ході привода:

а) на лінії підвода

$$V_1 = \frac{4Q_1}{\pi d_{mp}^2} = \frac{4 \times 0,19 \times 10^{-4}}{\pi \times 0,8^2 \times 10^{-4}} = 0,37 м / с$$

б) на лінії зливу

$$V_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_{зв}^2} = \frac{4 \times 0,14 \times 10^{-4}}{\pi \times 0,8^2 \times 10^{-4}} = 0,27 м / с$$

14. Визначаємо режим руху робочої рідини по числу Рейнольдса:

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

а) на лінії підводу

$$Re_1 = \frac{V_1 d_{mp}}{\gamma} = \frac{0,375 \times 8 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-5}} = 150$$

б) на лінії зливу

$$Re_2 = \frac{V_2 d_{зв}}{\gamma} = \frac{0,275 \times 8 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-5}} = 110$$

так як Re_1 та $Re_2 < Re_{кр} 2300$, то режим руху ламінарний;

15. Визначаємо коефіцієнти тертя для мастила:

а) для підводу рідини $\lambda_1 = \frac{64}{Re_1} = \frac{64}{150} = 0,42$

б) для зливу $\lambda_2 = \frac{64}{Re_2} = \frac{64}{110} = 0,58$

16. Визначаємо втрати тиску на тертя по довжини трубопроводу на лінії підводу та зливу:

$$\Delta P_{l_1} = \lambda_1 \frac{l_1}{d_{mp}} \frac{V_1^2}{2g} \gamma = 0,42 \frac{5}{8 \times 10^{-3}} \frac{0,375}{2 \times 9,81} \times 9,2 \times 10^3 = 0,46 \times 10^5 \text{ Н / м}^2$$

$$\Delta P_{l_2} = \lambda_2 \frac{l_2}{d_{зв}} \frac{V_2^2}{2g} \gamma = 0,58 \frac{6}{8 \times 10^{-3}} \frac{0,27}{2 \times 9,81} \times 9,2 \times 10^3 = 0,55 \times 10^5 \text{ Н / м}^2$$

17. Визначаємо втрати тиску в місцевих опорах:

а) на лінії підводу:

- в реверсивному золотнику

$$\Delta p_{M_1} = \Delta p_{\text{мрз}} \left(\frac{Q_1}{Q_{\text{табл}}} \right)^2 = 2 \left(\frac{1,16}{70} \right)^2 \times 10^5 = 0,00054 \times 10^5 \text{ H / м}^2$$

- в фільтрі

$$\Delta p_{M_1} = \Delta p_{\phi} \left(\frac{Q_1}{Q_{\text{табл}}} \right)^2 = 1 \times 10^5 \left(\frac{1,16}{8} \right)^2 = 0,02 \times 10^5 \text{ H / м}^2$$

- в реверсивному золотнику

$$\Delta p_{M_2} = \Delta p_{\text{рз}} \left(\frac{Q_2}{Q_{\text{табл}}} \right)^2 = 2 \times 10^5 \left(\frac{0,89}{70} \right)^2 = 0,0003 \times 10^5 \text{ H / м}^2$$

18. Визначаємо сумарні втрати руху:

а) на лінії підводу

$$\Delta p_{n1} = \Delta p_{l1} + \Sigma \Delta p_{M_1} = (0,55 + 0,00054 + 0,02) \times 10^5 = 0,48 \times 10^5 \text{ H / м}^2$$

б) на лінії зливу

$$\Delta p_{n2} = \Delta p_{l2} + \Sigma \Delta p_{M_2} = (0,55 + 0,0003) \times 10^5 = 0,55 \times 10^5 \text{ H / м}^2$$

19. Приводимо втрати тиску на лінії зливу в робочій площині:

$$\Delta p_{\text{прив}} = \Delta p_2 \frac{D^2 - d^2}{D^2} = 0,55 \times 10^5 \frac{0,042^2 - 0,02^2}{0,042^2} = 0,42 \times 10^5 \text{ H / м}^2$$

20. Визначаємо робочий тиск, на який повинен бути налаштований напірний золотник:

$$p_{\text{роб}} = p_{\text{мін}} + \Delta p_1 + \Delta p_{2\text{прив}} = (20 + 0,48 + 0,55) \times 10^5 = 21,03 \times 10^5 \text{ H / м}^2$$

21. Визначаємо потужність приводного двигуна насосної станції

$$N = \frac{P_{\text{роб}} Q_{\text{нас}}}{\eta_{\text{еф}}} = \frac{21 \times 10^5 \times 0,199 \times 10^{-3}}{0,82} = 500 \text{ Вт} = 0,5 \text{ кВт}$$

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічно проводиться розрахунок при використанні пневматичного тиску живлення. При цьому використання пневматичного тиску живлення при незначних осьових навантаженнях на свердло.

Запропонований алгоритм і приклад розрахунку приводу осьової подачі шпинделя дає можливість на стадії проектування визначити основні параметри руху.

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

5. Розробка технології виготовлення гвинта в програмному забезпеченні Haidenhein

В якості деталі було обрано гвинт гідроциліндра

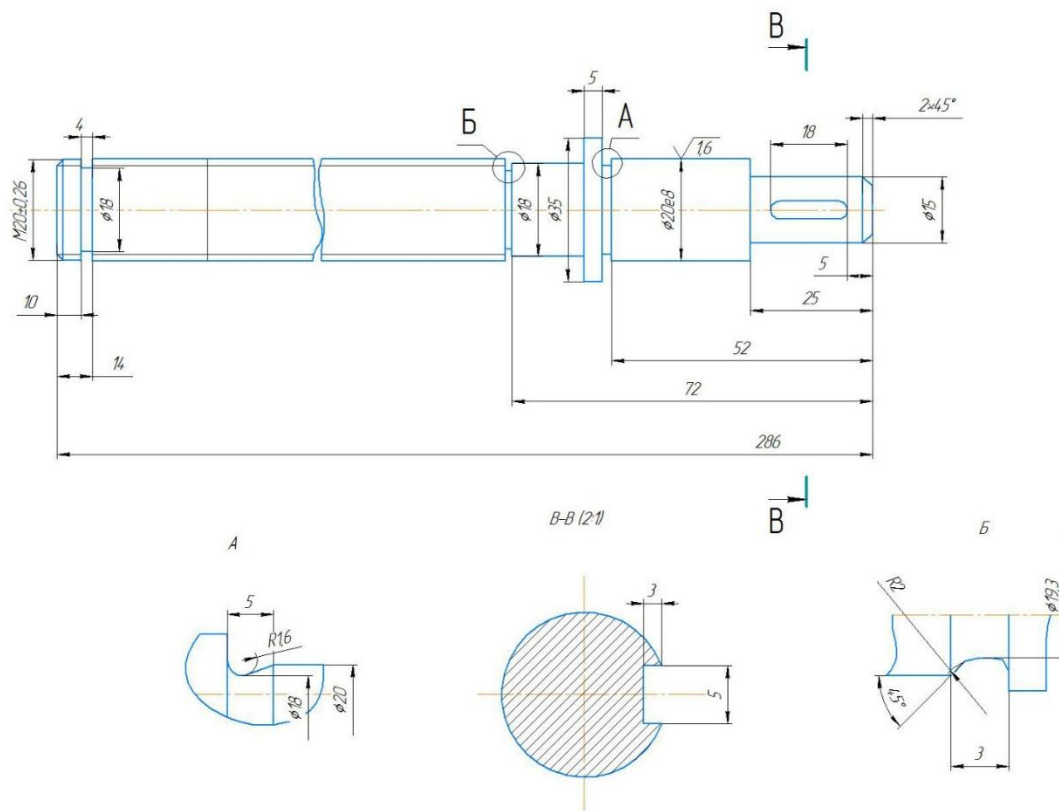


Рис.7 Ескіз вала .

Початок програми

В якості заготовки було обрано пруток довжиною 296мм, діаметр Ø40 із припуском 10мм:

BLANK [Заготовка]
N 1 G20 X40 Z296 K10

Рис.8 Кадр заготовки

На рисунку наведено початок програми:

Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

%val.nc "TURN_V1.0"

HEADER [Заголовок программы]

#MEASURE_UNITS METRIC [ЕДИНИЦА]

#MATERIAL Stahl [МАТЕРИАЛ]

TURRET [Револьверная головка]

T1 ID"A-SCHR-55-08"

T2 ID"A-SCHR-80-08-G"

T3 ID"A-STECH-4-20"

T4 ID"A-GEW-60-2"

T5 ID"M-FRAES-16-25G"

CLAMPS [Зажимные присп.]

BLANK [Заготовка]

N 1 G20 X40 Z296 K10

Рис. 9 Заголовок программы

Кадри контуру деталі:

FINISHED [Готовая деталь]

N 2 G0 X0 Z0

N 3 G1 X15 BR-2

N 4 G1 Z-25

N 5 G1 X20

N 6 G1 Z-52

N 7 G25 H8 K5 R1.6 W45

N 8 G1 X35

N 9 G1 Z-57

N 10 G1 X18

N 11 G1 Z-72

N 12 G1 X16

N 13 G1 Z-76

N 14 G1 X20

N 15 G1 Z-272

N 16 G1 X18

N 17 G1 Z-276

N 18 G1 X20

N 19 G1 Z-286

N 20 G1 X0

Рис. 10 Кадри контуру деталі

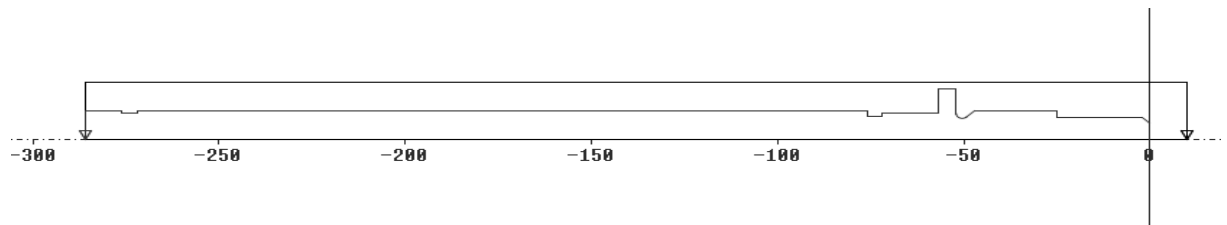


Рис.11 Контур деталі.

Обробка поверхонь.

В подальшому будуть приведені юніти з показом параметрів та наведенням тексту. На прикладі нарізання нарізі буде пояснений код юніта.

1) Першочергово відбувається торцева обробка

N 50 UNIT ID»G820_ICP» [G820 черновая обр. поперечно ICP]

N 51 [<unit ID=»G820_ICP» CH\$=»1» APP=»0» XS=»10» ZS=»10» T=»1»

TID=»» F=»0.35» S=»200» FK=»» NS=»3» NE=»3» P=»5» I=»0.500»

K=»0.200» BW=»» CW=»» AT=»» GS=»96» MD=»4» SPI=»0» MT=»»

MFS=»» MFE=»» V=»3» RH=»» J=»» XA=»» ZA=»» BP=»» BF=»» E=»0.25»

SX=»» SZ=»» A=»» W=»» Q=»0» H=»0» D=»0» U=»» O=»0» G14=»0»

CLT=»1» G47=»2.000» DEP=»-1» XE=»» ZE=»» HC=»0» DF=»» XL=»»

ZL=»» YL=»»/>]

N 52 T1

N 53 G96 S200 G95 F0.35 M4

N 54 M8

N 55 G0 X10 Z10

N 56 G47 P2.000

N 57 G820 NS3 NE3 P5 I0.500 K0.200 E0.25 H0 Q0 V3 D0 O0

N 58 G14 Q0

N 59 G47 M9

N 60 END_OF_UNIT S4200080326

G820 черновая обр. поперечно ICP	
Обзор	Инстр. Контур Цикл Глоб. А ▶
Вариант подвода	APP0: одновременно
Позиц.. XS	10
Позиц.. ZS	10
Номер инструмента	T1
Подача	F0.35
Скорость резания	S200
Вспомогат. ... FK	
Номер кадра старта контура	NS3
Номер кадра конца контура	NE3
максимальное врезание	P5
Припуск X	I0.500
Припуск Z	K0.200
Вариант подвода < 1/7 >	

Рис.12 Параметры обработки торца.

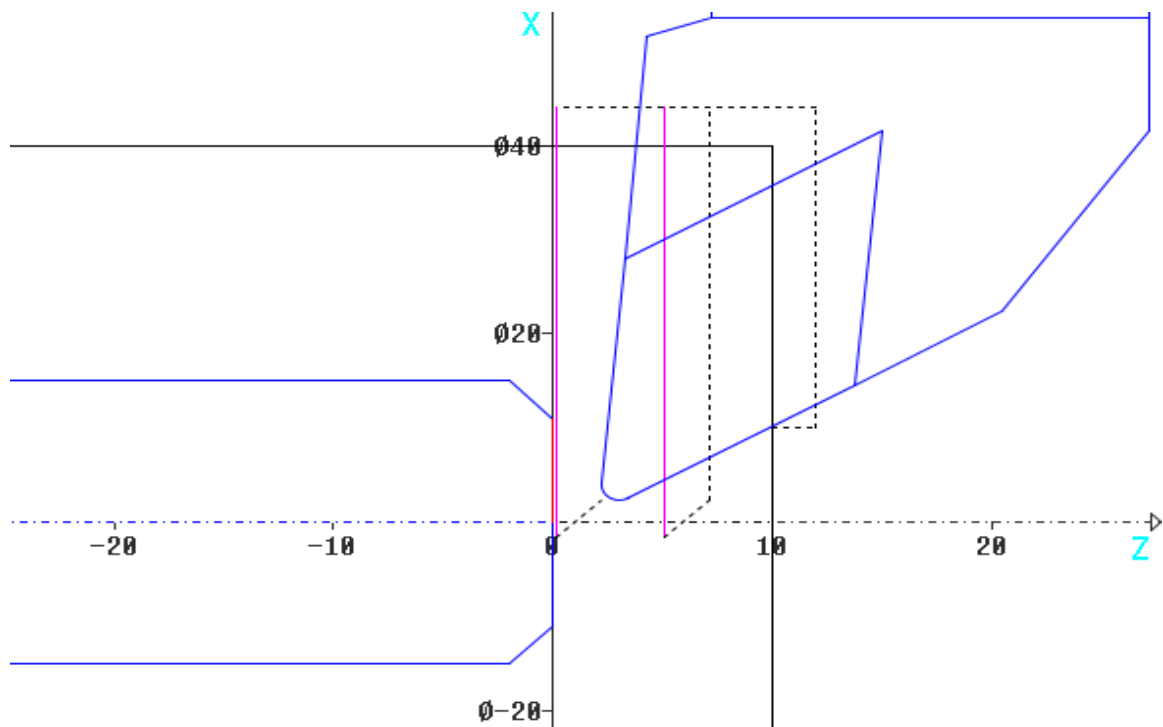


Рис. 13 Підрізання торця.

2) Повздовжнє точіння з наступними параметрами:

Дані про обробку поверхні вказані на рис.. На рис. представлено траєкторію руху інструмента .

G810 черн. обработка продольная ICP	
Обзор	Инстр. Контур Цикл Глоб. A
Вариант подвода	APP 0: одновремен
Позиц.. XS	10 Позиц.. ZS 10
Номер инструмента	T 1
Подача	F 0.35
Скорость резания	S 200
Вспомогат. ... FK	
Номер кадра старта контура	NS 3
Номер кадра конца контура	NE 20
максимальное врезание	P 5
Припуск X	I 0.500
Припуск Z	K 0.200
Вариант подвода < 1/7 >	

Рис. 14 Параметры точіння поверхні.

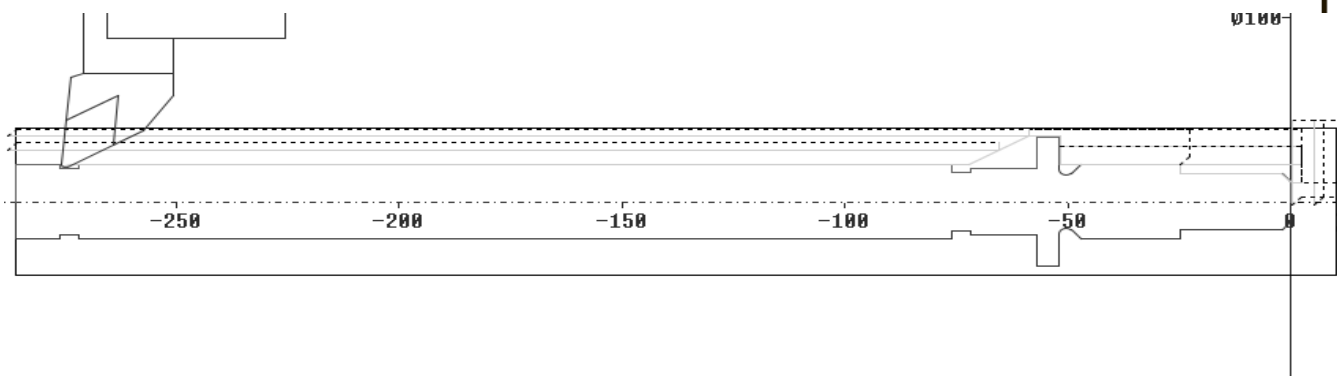


Рис.15 Повздовжнє точіння

Цикл обработки:

N 100 UNIT ID»G810_ICP» [G810 черн. обработка продольная ICP]

N 101 [<unit ID=»G810_ICP» CH\$=»1» APP=»0» XS=»10» ZS=»10» T=»1»
TID=»» F=»0.35» S=»200» FK=»» NS=»3» NE=»20» P=»5» I=»0.500»
K=»0.200» BW=»» CW=»» AT=»» GS=»96» MD=»4» SPI=»0» MT=»»
MFS=»» MFE=»» V=»0» RH=»» J=»» XA=»» ZA=»» BP=»» BF=»» E=»0.25»
SX=»» SZ=»» A=»» W=»» Q=»0» H=»0» D=»0» U=»» O=»0» G14=»0»
CLT=»1» G47=»2.000» DEP=»-1» XE=»» ZE=»» HC=»0» DF=»» XL=»»
ZL=»» YL=»»/»>]

N 102 T1

N 103 G96 S200 G95 F0.35 M4

N 104 M8

N 105 G0 X10 Z10

N 106 G47 P2.000

N 107 G810 NS3 NE20 P5 I0.500 K0.200 E0.25 H0 Q0 V0 D0 O0

N 108 G14 Q0

N 109 G47 M9

N 110 END_OF_UNIT S9423039433

3) Поперечна обработка:

G820 черновая обр. поперечно ICP	
Обзор	Инстр. Контур Цикл Глоб. A
Вариант подвода	APP 0: одновременно
Позиц.. XS	50 Позиц.. ZS 10
Номер инструмента	T 2
Подача	F 0.35
Скорость резания	S 200
Вспомогат. ... FK	
Номер кадра старта контура	NS 8
Номер кадра конца контура	NE 10
максимальное врезание	P 5
Припуск X	I 0.500
Припуск Z	K 0.200
Вариант подвода < 1/7 >	

Рис. 16 Поперечна обробка уступа

Цикл обробки та траєкторія руху інструмента:

N 150 UNIT ID»G820_ICP» [G820 черновая обр. поперечно ICP]

N 151 [<unit ID=»G820_ICP» CH\$=»1» APP=»0» XS=»50» ZS=»10» T=»2»
TID=»» F=»0.35» S=»200» FK=»» NS=»8» NE=»10» P=»5» I=»0.500»
K=»0.200» BW=»» CW=»» AT=»» GS=»96» MD=»4» SPI=»0» MT=»»
MFS=»» MFE=»» V=»3» RH=»» J=»» XA=»» ZA=»» BP=»» BF=»» E=»0.25»
SX=»» SZ=»» A=»» W=»» Q=»0» H=»0» D=»0» U=»» O=»0» G14=»0»
CLT=»1» G47=»2.000» DEP=»-1» XE=»» ZE=»» HC=»0» DF=»» XL=»»
ZL=»» YL=»»>]

N 152 T2

N 153 G96 S200 G95 F0.35 M4

N 154 M8

N 155 G0 X50 Z10

N 156 G47 P2.000

N 204 M8
 N 205 G0 X50 Z10
 N 206 G47 P2.000
 N 207 G860 NS3 NE20 I0.500 K0.200 Q0 V0 E0.2 H0
 N 208 G14 Q0
 N 209 G47 M9
 N 210 END_OF_UNIT S3144691968

G860 прорезка контура ICP	
Обзор	Инстр. Контур Цикл Глоб. А
Вариант подвода	APP0: одновременно
Позиц.. XS	50
Позиц.. ZS	10
Номер инструмента	T3
Подача	F0.25
Скорость резания	S160
Вспомогат. ... FK	
Номер кадра старта контура	NS3
Номер кадра конца контура	NE20
Припуск X	I0.500
Припуск Z	K0.200
Вариант подвода < 1/7 >	

Рис. 18 Параметры обработки.

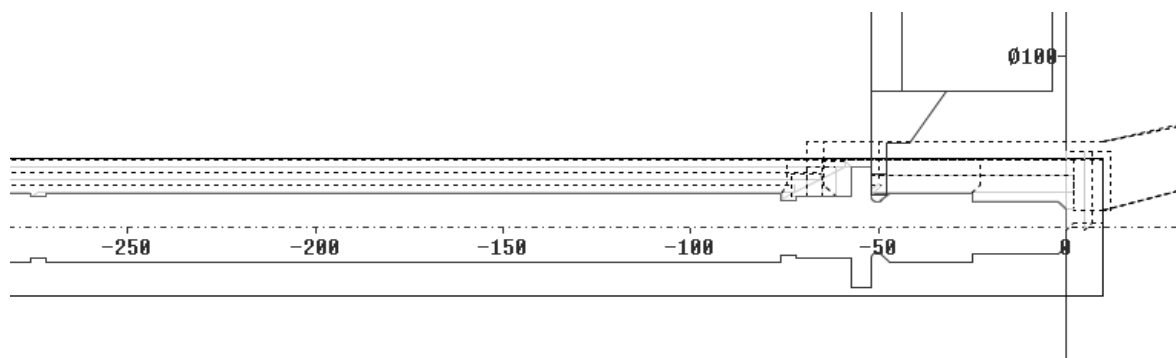


Рис.19 Траектория ruchu інструмента.

5) Виконання нарізі

N 250 UNIT ID»G32_MAN» [G32 резьба простая цилиндрич.]





N 252 T4	Номер інструменту в револьвері (різьбовий різець)
N 253 G97 S200.859 M3	Запуск шпинделя за годинниковою стрілкою з 200 об/хв
N 254 M8	Вмк подача COP
N 255 G0 Z-76	Підвід по осі z з макс. подачею
N 256 G0 X20	Підвід по осі x з макс. подачею
N 257 G47 P2.000	Безпечна відстань 2мм
N 258 G32 X20 Z-290 F1 BD0 U2 H0 VO WE0	Обробка до точки (20;-292), інструмент №4 (різець), вид зміщення (без зміщення), вид врізання, метод відводу (G0 в кінці)
N 259 G0 X50	Відвід на x50
N 260 G14 Q0	Кількість пуст проходів (0)
N 261 G47 M9	Відвід на без. відстань, вимкн подачу COP
N 262 END_OF_UNIT S1186517859	Завершення юніта



Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ

Арк.

61

G32 резьба простая цилиндрич.					G32 резьба простая цилиндрич.				
Обзор	Инстр.	Резьба	Цикл	Глоб.	Обзор	Инстр.	Резьба	Цикл	Глоб.
Вариант подвода APP2: сначала Z, Диамет... XS20 Позиц... ZS-76 Номер инструмента T4 пост. скор. вращения S1909.859 Место резьбы: 0   Конечная точка резьбы Z2-290 Шаг резьбы F11 Глубина резьбы U2 макс. врезание I Вариант подвода < 1/7 >					Номер инструмента T4 Идентифик. номер TID пост. скор. вращения S200 Направление враще... MD  M03  M04 Шпиндель детали № 0..3 SPI0: S1 М после Т MT М в начале MFS М в конце MFE пост. скор. вращения [об/мин] < 2/7 >				

G32 резьба простая цилиндрич.					G32 резьба простая цилиндрич.					G32 резьба простая цилиндрич.				
Обзор	Инстр.	Резьба	Цикл	Глоб.	Инстр.	Резьба	Цикл	Глоб.	AppDer	Обзор	Инстр.	Резьба	Цикл	Глоб.
Место резьбы: 0   Вариант подвода APP2: сначала Z, Диаметр пуска XS20 Позиция старта по Z ZS-76 Конечная точка резьбы Z2-290 Шаг резьбы F11 Глубина резьбы U2 макс. врезание I Количество резаний IC Позиция выхода: KE0: в конце Длина выхода K Место резьбы: < 3/7 >					Вариант подвода APP2: сначала Z, Диаметр пуска XS20 Позиция старта по Z ZS-76 Вариант отвода DEP3: только X Позиция отвода по X XE50 Позиция отвода по Z ZE Вариант подвода < 6/7 >					Вид смещения H0: без смещени Вид врезания V0: конст. поп. с Угол врезания A Глубина ост. резания (V=4) R Метод отвода при K=0 WE0: G0 в конце Угол старта C Количество заходов D Кол. пус. прох. Q переменный шаг E Вид смещения < 4/7 >				

G32 резьба простая цилиндрич.					G32 резьба простая цилиндрич.				
Обзор	Инстр.	Резьба	Цикл	Глоб.	Цикл	Глоб.	AppDer	Tool Ext	
Точка смены инструмента G140: одновременно Охладитель CLT1: контур 1 в Безопасное расстояние G472.000 Точка смены инструмента < 5/7 >					Номер инструмента T4 Идентифик. номер TID Номер инструмента < 7/7 >				

Рис.20 Параметры обработки.

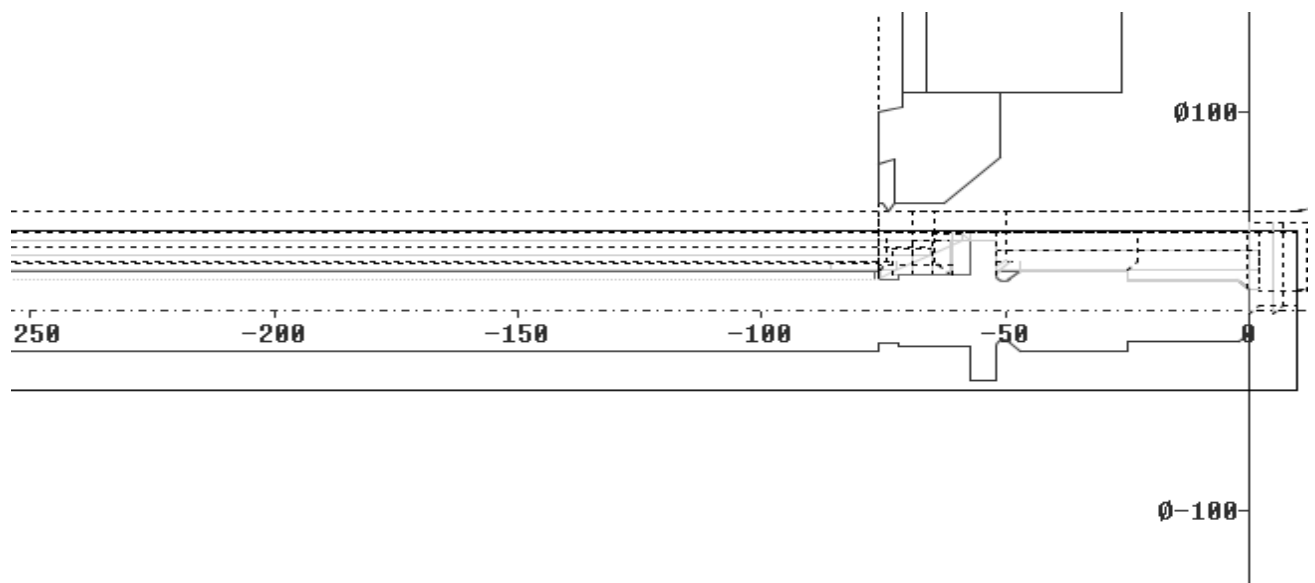


Рис.21 Нарізання різьби.

6) Прорізання шпонкового паза

N 300 UNIT ID»G792_NUT_MANT_C» [Лин.канавка бок.поверх.]

N 301 [<unit ID=»G792_NUT_MANT_C» CH\$=»1» APP=»0» XS=»15» ZS=»-5» CS=»0» T=»5» TID=»» F=»0.5» S=»2000» X1=»15» X2=»12» L=»16» A1=»» BW=»» AT=»» GS=»97» MD=»4» SPI=»0» SPT=»1» MT=»14» MFS=»» MFE=»» Z1=»» C1=»» P=»» FZ=»» G14=»0» CLT=»1» SCK=»2.000» DEP=»-1» XE=»» ZE=»» DF=»» XL=»» ZL=»» YL=»»/>]

N 302 T5

N 303 M14

N 304 G197 S2000 G195 F0.5 M104

N 305 M8

N 306 G110 C0

N 307 G0 X15 Z-5

N 308 G147 I2.000 K2.000

N 309 G792 XE12 XS15 K16

N 310 G47 M9

N 311 G14 Q0

N 312 END_OF_UNIT S114700808

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					63

На рис. представлено оброблення шпонкового паза. Графічне представлення обробки наведено на рис..

Лин. канавка бок.поверх.	
Обзор	Инстр. Цикл Глоб. AppDep T
Вариант подвода	APP 0: одновременн
Позиц.. XS	15 Позиц.. ZS -5
Позиция подвода по C	CS 0
Номер инструмента	T 5
Подача	F 0.5
пост. скор. вращения	S 2000
Верхняя грань фрезерован.	X1 15
Дно фрезерования	X2 12
Длина канавки	L 16
Угол к оси Z	A1
Вариант подвода < 1/6 >	

Рис.22 Параметры обработки.

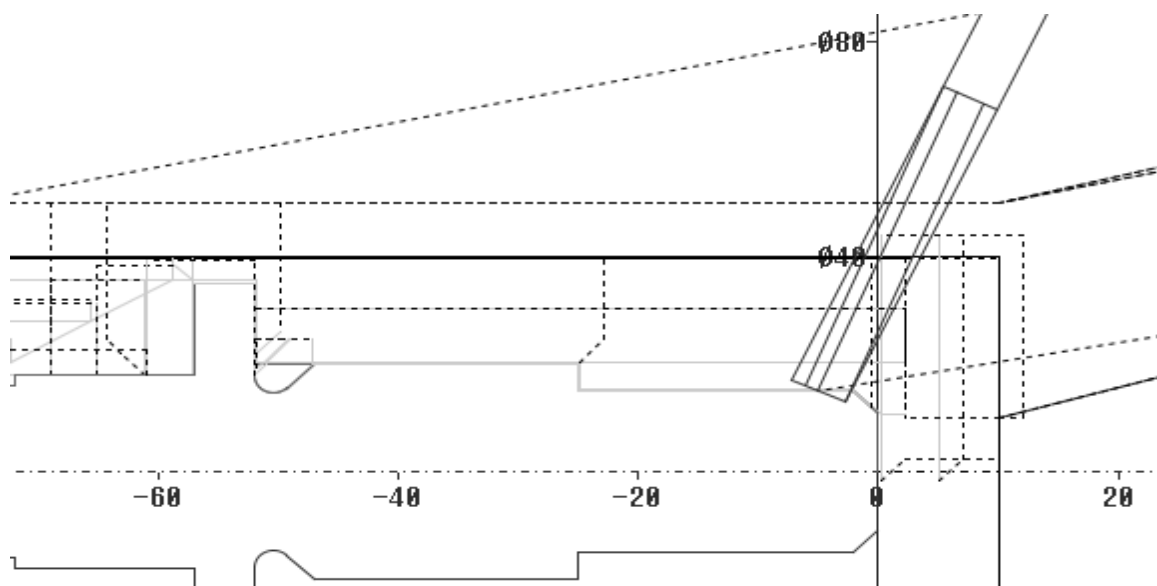


Рис. 23 Контур обработки паза .

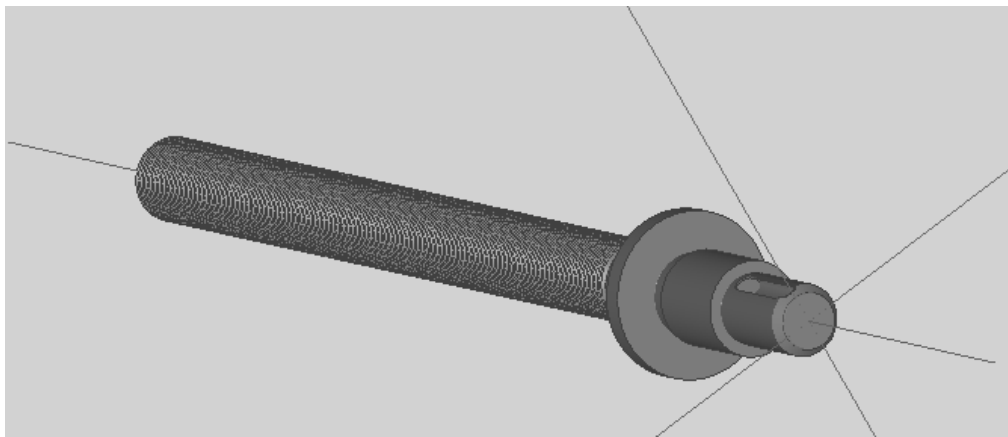


Рис. 24 Тривимірна модель

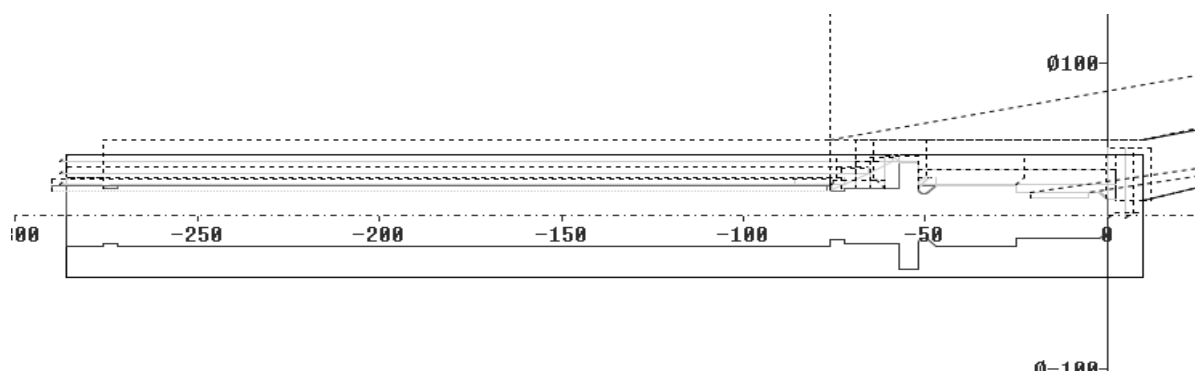


Рис. 25 Траєкторія руху інструмента та контур обробки деталі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ

Арк.

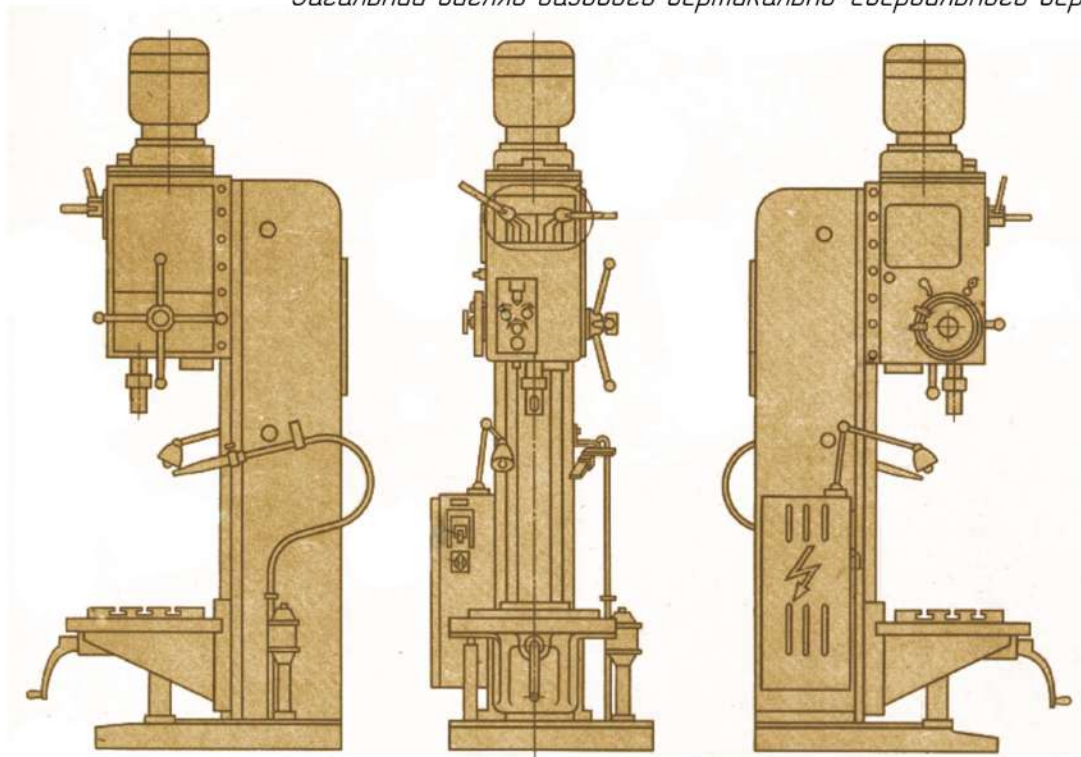
65

Список використаних джерел

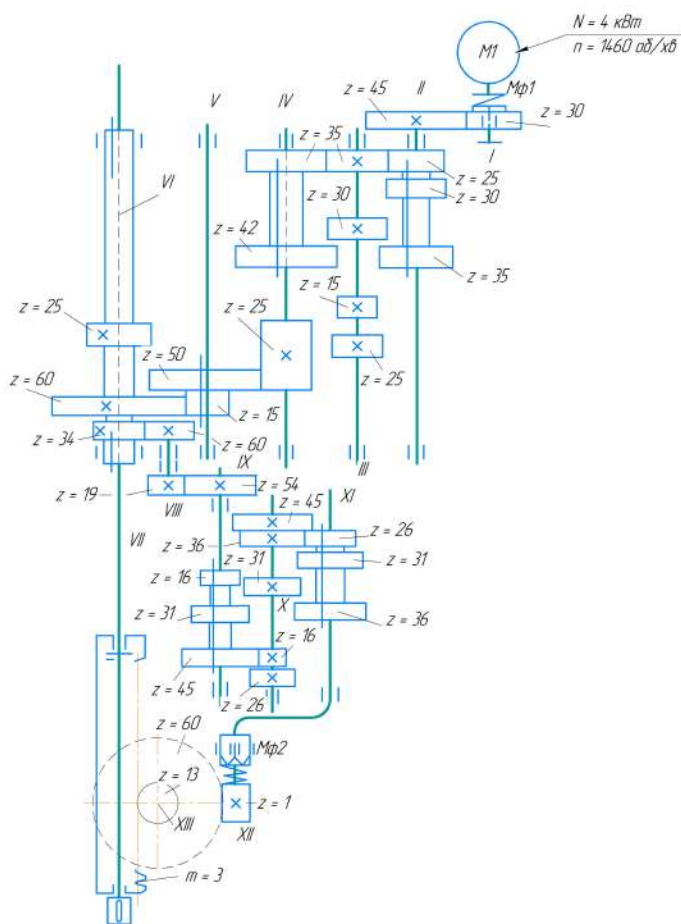
1. В помощь конструктору-станкостроителю Калинин В.И., Никифоров В.Н., Аникеев Н.Я. и др. М.: Машиностроение, 1983. — 288 с.
2. Краткий справочник конструктора-станкостроителя. Мамет О.П. Издание третье, переработанное и дополненное. Москва, "Машиностроение" ,1968.
3. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. - Т. 2/ В.В. Бушуев, А.В. Какоило и др.; под. ред. В.В. Бушуева. Т. 2. - М.: Машиностроение, 2011. - 586 с.; ИЛ.
4. Паспорт станка 2Н135 http://stanki-katalog.ru/sprav_2n135.htm

					МВ-5113.ДПБ000.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

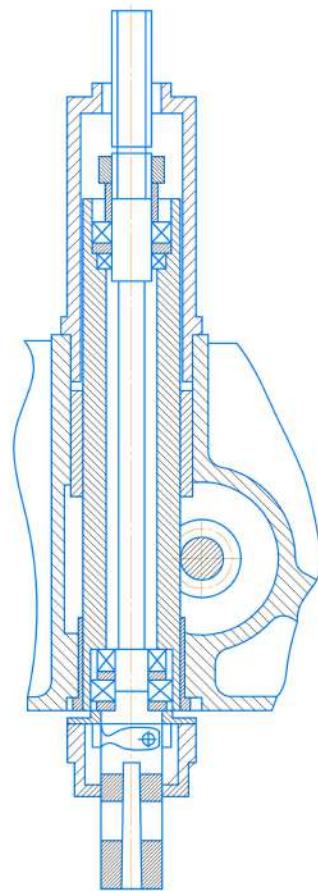
Загальний вигляд базового вертикально-свердильного верстата 2Н135



Кінематична схема



Креслення шпинделя верстата

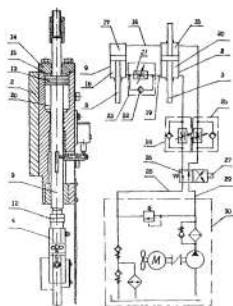


Розробник: _____ (Курачка В.О.)
Керівник: _____ (Новік М.А.)

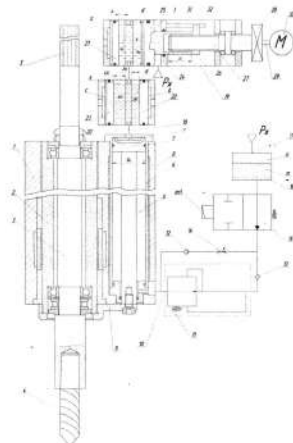
Привод подачі шпинделя свердильного верстата

Україна
Патент UA 6622 C1
Автори:

Войцеховський Володимир Михайлович (UA);
Петров Сергій Миколайович (UA);
Гаркуша Анатолій Григорович (UA)



Привод подачі шпиндельної головки свердильного верстата, що містить розміщену на штоку гідроциліндра зубчасту рейку, встановлену з можливістю осового переміщення щодо штока і зв'язаної з шестернею, кінематично пов'язаної з пінною, що несе шпиндель, відрізняється тим, що привод забезпечений додатковим гідроциліндром розміщеним співвісно до основного гідроциліндра, і жорстко пов'язаним з зубчастою рейкою кронштейном, в якому виконано отвір, призначений для розміщення штока додаткового гідроциліндра, причому порожнини останнього паралельно пов'язані з відповідними порожнинами основного гідроциліндра, а в ліній, що з'єднує штокові порожнини гідроциліндрів, паралельно підключені та введені в привід дросель і зворотний клапан.



Привод подачі шпинделя свердильного верстата

Україна UA 124320U
Новік Микола Андрійович (UA)
Дідовець Вячеслав Євгенійович (UA)
Назаренко Яна Олегівна (UA)

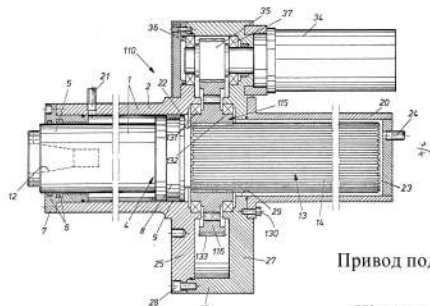
Привод подачі шпинделя свердильного верстата, до якого входять корпус і механізм подачі шпинделя з гільзою, що сполучена з вихідним штоком виконавчого гідралічного циліндра з поршневою і штоковою камерою, яка через паралельно утворені вихідні канали приєднана до вхідного каналу двоопозиційного гідралічного розподільника, вихідний канал якого з'єднаний з гідралічною камерою пневмогідралічного акумулятора, пневматичного живлення, який відрізняється тим, що поршнева камера, що входить до виконавчого гідроциліндра, сполучена з вихідним каналом об'ємних гідралічних дозаторів, які мають вигляд циліндрів з поршнями з утворенням пневматичних розрядних камер і гідралічних об'ємних камер. Як і в попередньому варіанті недоліком є значні габаритні розміри

1

3

2

4



Привод подачі шпинделя свердильного верстата

Німеччина, DE 3125306

Автор: Habermann, Rudi, Kirchenstrasse 58, D-4006 Erkrath 1 DE

Виконаний окремим модулем привод головної руху та одночасно привод подачі вирізняється можливістю прикладання значних сил подачі та здатністю витримувати значні сили різання попри простоту виконання деталей модуля. Основною перевагою даного винаходу є можливість його застосування як окремого модулю у будь-яких верстатах для обробки точіннями. Також винахід вирізняється невеликою кількістю деталей, що входить до його складу та простотою їх виготовлення. Попри те величина подачі є відносно малою, так як вона залежить від довжини поршня (внутрішнього штока поршня) циліндра. Складним є регулювання частоти обертання та забезпечення радіальної жорсткості.

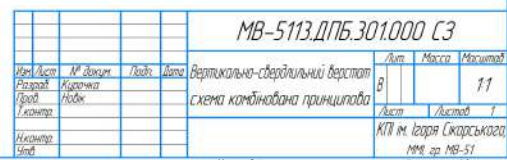


Привод подачі шпинделя свердильного верстата

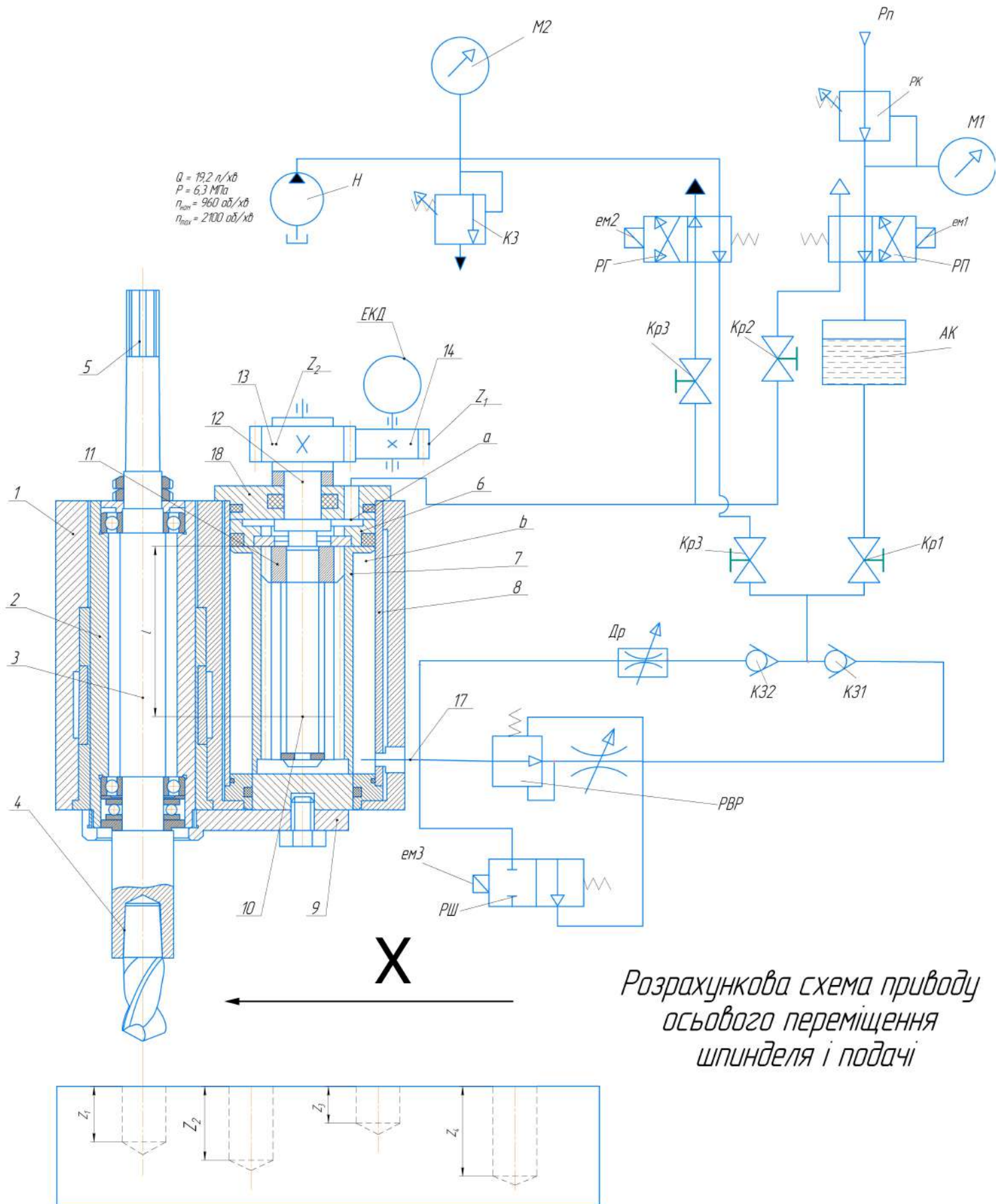
Рішення, яке розглядається в роботі

Корисна модель відноситься до пристроїв верстатобудування. Суть корисної моделі полягає в тому, що привод містить механізм подачі шпинделя з гільзою, який виконаний у вигляді виконавчого циліндра двобічної дії з пневматичною поршневою і гідралічною штоковою камерами, до яких підводиться тиск живлення від двоопозиційного розподільника. В осовій розточці штока циліндра концентрично розміщений гвинт з нагвинченою гайкою, яка шліцями sprzęжена зі шліцями, виконаними на внутрішній поверхні осової розточці штока, хвостовик гвинта з'єднаний з вихідним валом електричного крокового двигуна, при цьому позиціонування здійснюється постановкою поршня на упор в гайку, а швидкість руху (подачі) визначається регулятором витрати рідини. Технічний результат спрощення як конструкції, так і системи керування, підвищення точності позиціонування і розширення області застосування.

Розробник: _____ (Курочка В.О.)
Керівник: _____ (Новік М.А.)



Розробник: _____ (Курочка В.О.)
Керівник: _____ (Новік М.А.)



Розрахункова схема приводу
осьового переміщення
шпинделя і подачі

Діапазони:

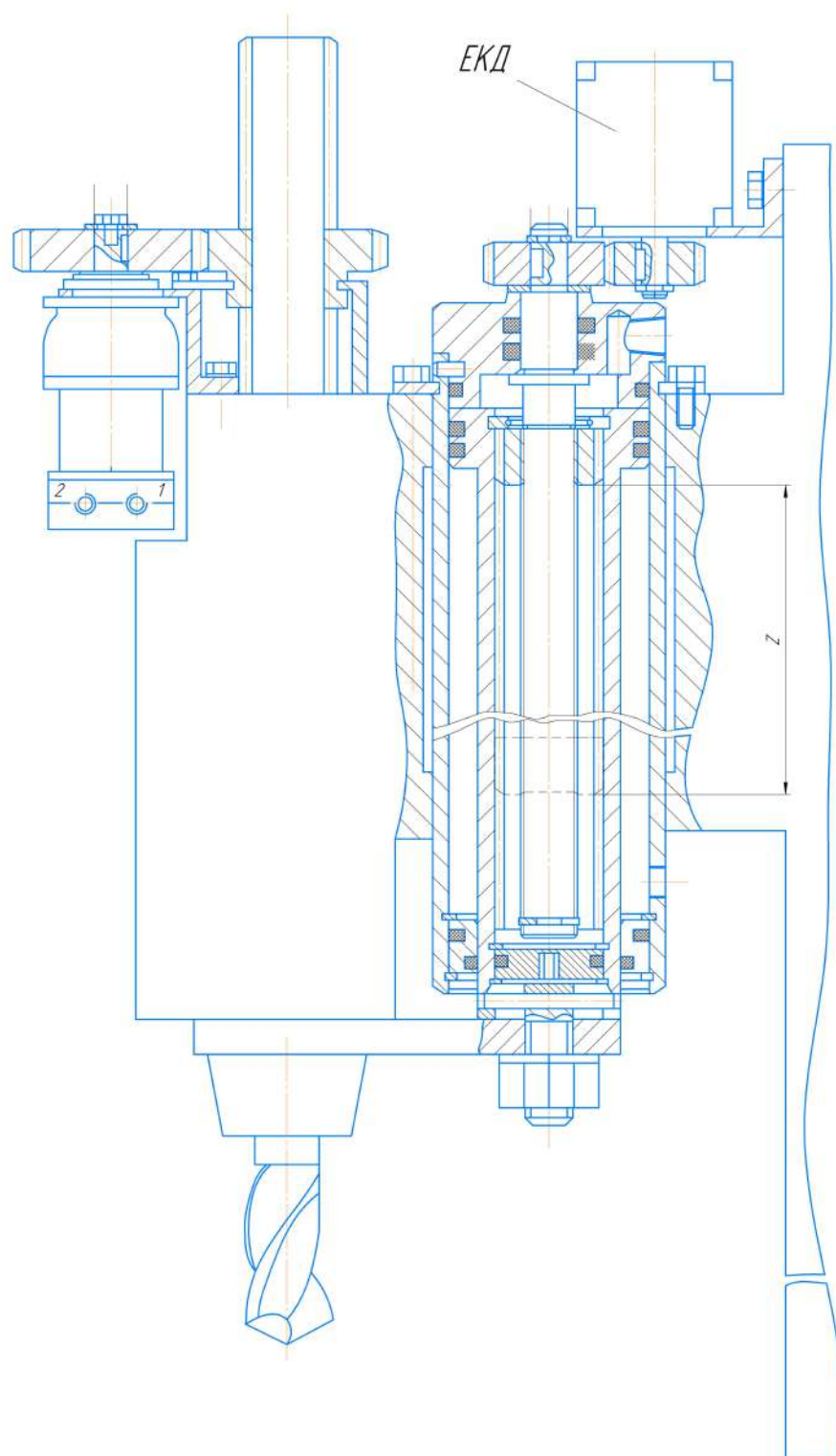
$Z_{\text{min}} = 0,01 \text{ мм}$; $Z_{\text{max}} = 200 \text{ мм}$; дискрета - $0,01 \text{ мм}$

$S_{\text{min}} = 2 \text{ см/хв} = 0,0003 \text{ м/с}$ $S_{\text{max}} = 360 \text{ см/хв} = 0,06 \text{ м/с}$

$n_{\text{min}} = 30 \text{ об/хв}$; $n_{\text{max}} = 2000 \text{ об/хв}$

Розробник: _____ (Куручка В.О.)

Керівник: _____ (Новік М.А.)



*Процес переміщення гайки
на задану величину Z*

Розробник: _____ (Курочка В.О.)
Керівник: _____ (Новік М.А.)

