

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ БАГАТОШПИНДЕЛЬНОГО  
ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА МОД. 1Б245П-6К

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІМз-41  
Гузоватий Вадим Вікторович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
Редько Ростислав Григорович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент  
Божко Тетяна Євгенівна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2024 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

**Факультет** Транспорту та механічної інженерії

**Кафедра** Прикладної механіки та мехатроніки

**Ступінь вищої освіти:** бакалавр

**Галузь знань:** 13 Механічна інженерія

**Спеціальність:** 131 Прикладна механіка

**Освітня програма:** Прикладна механіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Р. Редько

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

## **ЗАВДАННЯ** **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Гузоватому Вадиму Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Розробка конструкції вузлів багатошпиндельного токарного верстата мод. 1Б245П-6К*

Керівник роботи: *Редько Ростислав Григорович, к.т.н., доцент,*

затвержені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 р., № 461/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Конструкторсько-технологічна документація, відгуки підприємств про роботу обладнання, паспорти верстатів, розширення функціональних можливостей багатошпиндельних токарних автоматів

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Огляд і аналіз вібраційних пристроїв подрібнення стружки. Патентний огляд 2. Опис модернізованих вузлів і гідравлічної схеми

3. Розрахункова частина, в якій провести розрахунки основних елементів верстата для можливості досягнення поставленої мети 4. Охорона праці.

Висновки і пропозиції. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Загальний вигляд верстата – 1 ф. А1; 2. Барабан шпindelний – 3 ф. А1; 3. Гідролічна схема пристрою подрібнення стружки – 1 ф. А1; 4. Пристрій для подрібнення стружки – 1 ф. А1 5. Супорт поздовжній – 1 ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 1.03.2024 р.

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Огляд і аналіз вібраційних пристроїв подрібнення стружки. Патентний огляд.</i>	<i>14.03.24</i>	
2.	<i>Опис модернізованих вузлів і гідролічної схеми.</i>	<i>10.04.24</i>	
3.	<i>Розрахункова частина</i>	<i>15.04.24</i>	
4.	<i>Охорона праці</i>	<i>20.04.24</i>	
5.	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>10.05.24</i>	
6.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>25.05.24</i>	
7.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>30.05.24</i>	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

Гузоватий В.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Редько Р.Г.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Гузоватий В.В. Розробка конструкції вузлів багатошпindelного токарного верстата мод. 1Б245П-6К. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

Робота включає в себе патентний огляд вібраційних пристроїв подрібнення стружки, опис модернізованих вузлів і гідравлічної схеми, розрахункову частину, а також питання охорони праці. В першому розділі зроблено патентний огляд і проведено аналіз пристроїв подрібнення стружки, в другому розділі наведено опис вибраного пристрою подрібнення стружки, схеми гідравлічної і супорта поздовжнього. В розрахунковій частині проекту виконано розрахунок основних параметрів гідросупорта, статичний розрахунок гідроциліндра поздовжнього супорта, розрахунок пристрою подрібнення стружки і ін. Питання, пов'язані із захисними огороженнями, фарбуванням і блокуванням, що забезпечують безпечну експлуатацію проектного устаткування, обліком вимог санітарії й охорони навколишнього середовища при застосуванні мастильно-охолоджуючих технологічних засобів, електробезпекою проектного устаткування викладені в розділі охорони праці.

Ключові слова: металорізальний верстат, вібраційні пристрої подрібнення стружки, гідравлічна схема, гідроциліндр, заготовка, деталь, режими різання, технологічна оснастка.

## ABSTRACT

Huzovaty V.V. Development of the design of nodes of a multi-spindle lathe mod. 1B245P-6K. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Applied Mechanics" specialty 131 Applied Mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, 4 chapters, conclusions and proposals, a list of used sources, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The work includes a patent review of vibrating devices for grinding chips, a description of modernized nodes and a hydraulic circuit, a calculation part, as well as labor protection issues. In the first and second sections, a patent review was made and an analysis of chip grinding devices was carried out, in the third section, a description of the selected chip grinding device, hydraulic scheme and longitudinal caliper is given. In the calculation part of the project, the calculation of the main parameters of the hydraulic caliper, the static calculation of the hydraulic cylinder of the longitudinal caliper, the calculation of the chip grinding device, etc., were performed. Issues related to protective fences, painting and blocking, which ensure the safe operation of the designed equipment, taking into account the requirements of sanitation and environmental protection when using lubricating and cooling technological means, electrical safety of the designed equipment are outlined in the occupational safety section.

Key words: metal cutting machine, vibrating chip grinding devices, hydraulic scheme, hydraulic cylinder, workpiece, part, cutting modes, technological equipment.

Вступ .....	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ВІБРАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ПОДРІБНЕННЯ СТРУЖКИ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ.....	9
1.1. Загальна характеристика проблеми подрібнення стружки.....	9
1.2. Патентний огляд вібраційних пристроїв подрібнення стружки на МРВ.....	13
РОЗДІЛ 2 ОПИС МОДЕРНІЗОВАНИХ ВУЗЛІВ І ГІДРАВЛІЧНОЇ СХЕМИ.....	25
2.1. Пристрій подрібнення стружки з вібратором типу “сопло-заслонка“ із циліндричним дефлектором.....	25
2.2. Опис роботи шпindelного барабана.....	28
2.3. Схема гідравлічна принципова.....	30
2.4. Супорт поздовжній.....	31
2.5. Гідросхема поздовжнього супорта.....	32
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	37
3.1. Розрахунок основних параметрів гідросупорта з цифровим керуванням.....	37
3.2. Статичний розрахунок гідроциліндра поздовжнього супорта.....	38
3.3. Розрахунок контактних напружень, що виникають при переміщенні каретки по головній осі.....	39
3.4. Розрахунок параметрів гідропривода поздовжнього супорта.....	44
3.5. Розрахунок пристрою подрібнення стружки.....	45
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ .....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Прогрес в усіх галузях виробництва, економічне зростання і, отже, політична стабільність країни визначається станом машинобудування і, в першу чергу, системами управління та верстатобудування. Верстатобудування з сучасними системами управління, з ефективними, потужними та надійними приводами в першу чергу визначають економічний рівень країни, тому що на верстатах виробляється вся продукція народного споживання. Тому верстатобудуванню необхідно приділяти більше уваги і забезпечувати постійний розвиток цієї галузі виробництва.

Особливої уваги заслуговують високопродуктивні багатошпиндельні токарні автомати та напівавтомати, на яких оброблюються численні деталі тіл обертання, а оснащення токарних верстатів сучасними регульованими приводами та системами програмного управління дозволяє різко розширити їх універсальність, технологічні можливості та галузі використання.

До переваг багатошпиндельних токарних автоматів і напівавтоматів можна віднести:

1. Високу точність обробки деталей за 6-м та 7-м квалітетами.
2. Можливість послідовної та паралельної обробки декількох деталей, що забезпечує високу продуктивність верстатів.
3. Оснащення верстатів додатковими різьбонарізними, свердлильними, фрезерними та іншими пристроями, що забезпечує широкі технологічні можливості і розширює номенклатуру оброблюваних деталей, що є дуже важливим в дрібносерійному виробництві.

Багатошпиндельний токарний верстат на базі моделі 1Б265П-6К призначений для виготовлення деталей із штучних заготовок (відливок,

										Арк.
										7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

015Б-24.00.00.00.000 ПЗ

штамповок, поковок) в умовах масового, крупносерійного та серійного виробництва. На них можуть виконуватись різні токарні операції: точіння циліндричних поверхонь, підрізка торців, свердління, розточування, розгорткування, нарізання різьби мітчиками, плашками і різцем, точіння конічних поверхонь, розточування канавок в отворах, фасонне точіння, свердління багатошпindelними головками.

Модернізований верстат має спільну з верстатом 1Б265П-6К базу, конструкцію основних вузлів і відрізняється конструкцією поздовжнього супорта з гідроприводом, пристроєм для подрібнення стружки, державкою для підрізки торця з подрібненням стружки.

Метою кваліфікаційної роботи є модернізація багатошпindelного токарного верстата для можливості розширення функціональних і технологічних можливостей.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені наступні задачі:

1. Розробити пристрій для подрібнення стружки.
2. Розробити державку для підрізки торця з подрібненням стружки.
3. Розробити гідропривод переміщення поздовжнього супорта.
4. Розробити гідравлічну схему верстата зі зміненими вузлами.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ 1

## ОГЛЯД ВІБРАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ПОДРІБНЕННЯ СТРУЖКИ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

### 1.1. Загальна характеристика проблеми подрібнення стружки

Всі відомі способи подрібнення стружки наведені на схемі на  
рисунок 1.1.

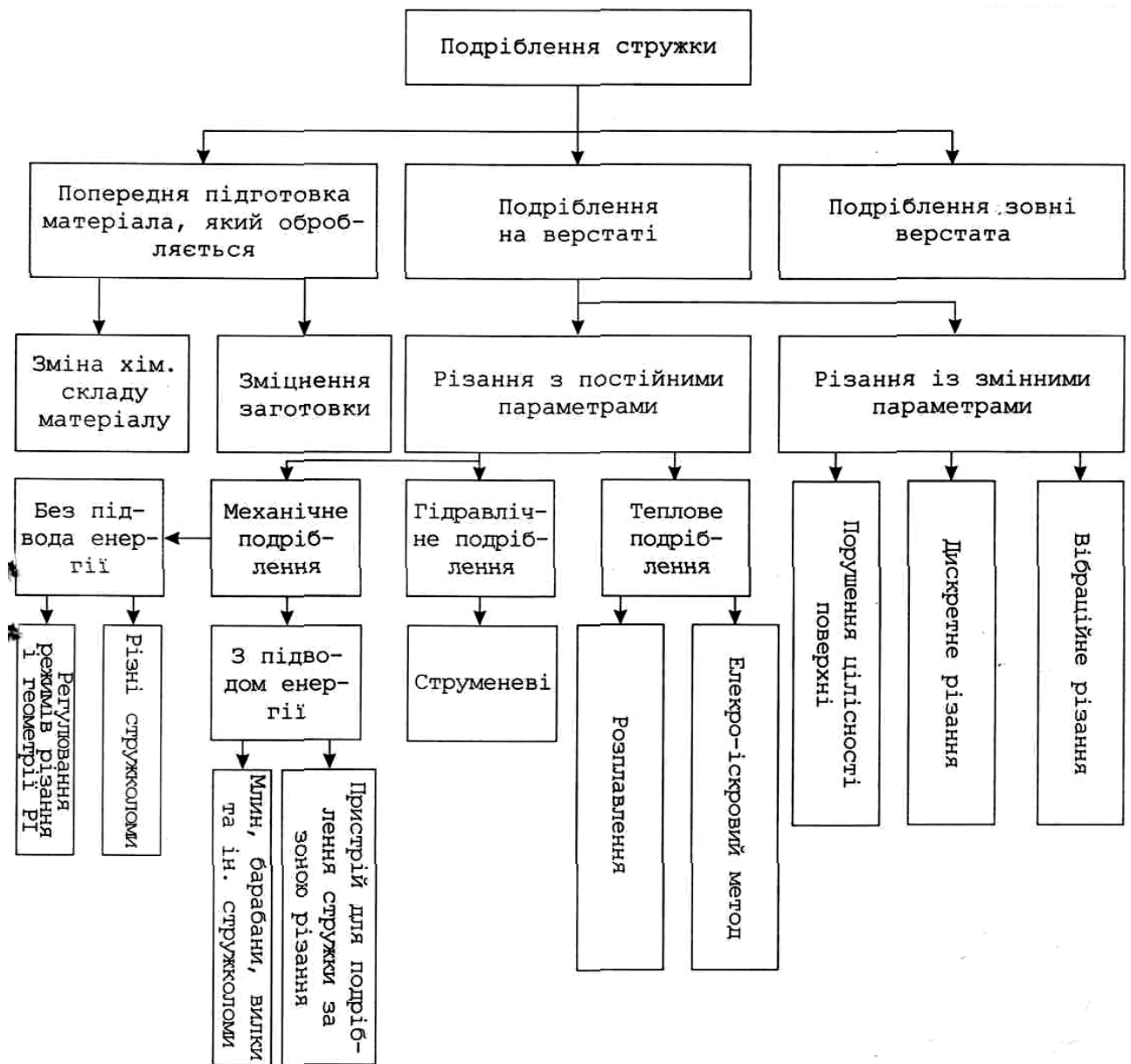


Рисунок 1.1 - Схема способів подрібнення стружки

Заходи щодо подрібнення стружки залежно від часу і способу їх виконання поділяють на три види:

1. Попередня підготовка оброблювального матеріалу, що проводиться безпосередньо в процесі плавлення або щодо заготовки. Найбільш відомий метод зміни хімічного складу матеріалу (автоматної сталі АС14, АС35Г2), що отримали широкого поширення в машинобудуванні, які сприяють при обробці подрібненню стружки. Також використовують зміцнення заготовок. Звісно, що методи даного типу не є універсальними, бо машинобудування застосовує до матеріалів найрізноманітніші вимоги і введення хімічних елементів при зберіганні заданих властивостей далеко не є завжди можливим.

2. Подрібнення стружки на верстаті, що передбачається як у процесі різання, так і під час сходження її з ріжучого інструменту. Вказані заходи є найбільш доцільними, бо звільняють процеси різання матеріалів практично від наявних недоліків, що пов'язані із наявністю зливної стружки.

3. Подрібнення стружки за межами верстата, що охоплює заходи щодо її руйнування різноманітними зовнішніми пристроями (млини, ножниці), а також при брикетуванні, проте при цьому не розв'язується наявні проблеми, пов'язані з утилізацією зливної стружки. Процес подрібнення на верстаті здійснюється залежно від процесу взаємодії інструменту і заготовки.

При різанні з незмінними параметрами забезпечується незмінність швидкості різання, подачі та глибини в межах певної технологічної операції. Різання із змінними параметрами передбачає порушення одного або декількох параметрів. Заходи першого з цих видів набули найбільшого поширення в силу своєї простоти. Можливість подрібнення визначається властивостями застосовуваних пристроїв, стружки, її характеристиками, внаслідок чого злам має випадковий характер і призводить до тривалого і

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

дороговартісного підбору характеристик технологічного процесу, що не обов'язково дасть позитивний результат.

Внаслідок даних недоліків вільні методи подрібнення стружки при різанні за змінних параметрів, що гарантують одержання стружки, при чому способи її отримання носять строго детермінований характер. Дані методи застосовуються не досить широко, проте перспектива їх очевидна, особливо при обробці в'язких і важкооброблювальних матеріалів.

При різанні із незмінними параметрами стружка може подрібнюватись механічним способом (за рахунок пружного і пластичного деформування), що призведе до зламу стружки, або завдяки тепловій енергії – розплавлення і електроіскрової. Обидва ці методи знаходять застосування при різанні з малими швидкостями і невеликою площею перерізу зрізуваного шару.

Найкращим при механічному подрібненні є її руйнування без підведення енергії, що забезпечується зміною режимів різання і вибором геометрії РІ (за допомогою отворів, уступів, стружколомів, упорів й екранів).

Вибір режимів різання і геометрії РІ проводиться експериментальним підбором, зважаючи на відомі властивості стружки, швидкість  $V_{pi3}$  і глибину різання  $t$ , подачу  $S$ , а також кутів ріжучої частини інструмента  $\gamma, \alpha, \lambda$ , при яких стружка ламається. Даний метод є найбільш простим із усіх проаналізованих, проте є обмеженим у застосуванні, тому що при зміні режимів різання і геометрії РІ найчастіше погіршуються й інші характеристики, а за обробки в'язких металів не забезпечується подрібнення.

Найбільше поширення отримав спосіб заточення на передній поверхні впадин і виступів. За обробки вільний кінець стружки, який сходить, впирається поверхню, що обертається. Умови руйнування стружки залежать від виду оброблювального матеріалу, геометрії заточки РІ, режимів різання, виду ЗОР. Розміри впадини визначають експериментально для кожного матеріалу і режимів різання.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічні результати подрібнення складаються при встановленні накладних стружколомів, упорів та екранів.

Вказаний метод не є універсальним та досконалим завдяки таких причин: заточення виступів і впадин поблизу від ріжучої кромки зменшує її міцність, особливо за використання твердосплавних і мінералокерамічних матеріалів; будь який матеріал за різних режимів різання потребує свого заточення; за обробки більшості матеріалів за цим способом не досягають стабільності подрібнення стружки.

Пристрої з механічного подрібнення з підведенням енергії є менш розповсюдженими. До них відносять різного виду млини, відривні валки, барабани намотування стружки, динамічні стружколоми тощо. Принцип дії цих пристроїв полягає в наступному: зовнішнє джерело енергії надає руху робочому органу (стружколому), який здійснює той або інший вид деформації стружки. При цьому стружка ламається або направляється на оброблювану деталь для руйнування. Дані пристрої подрібнення стружки мають багато недоліків, в тому числі відсутня їх універсальність.

Більш ефективними вважають пристрої подрібнення за межами зони різання. Тут стружка, що сходить по передній поверхні інструменту, спрямовується в приймальний вловлювач – оснастка для рубки. Між пуансоном та матрицею (шестернями) вона подрібнюється і брекетується. Використання таких пристроїв пов'язане з конструктивною зміною в МРВ і важкістю підводу. Порушення цілісності поверхні оброблення в процесі різання викликає періодичне зменшення перерізу зрізаного шару матеріалу внаслідок нанесення рисок або канавок різцем або пластинчастого деформування. Цей спосіб використовується для напівчистового точіння. Дискретне різання одержує все більше поширення, особливо на обладнанні з ЧПУ. При цьому верстат обладнується пристосуванням, яке дозволяє періодично зупиняти подачу ріжучого інструмента або швидко відводити його в напрямку протилежному подачі.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Дискретне різання є різновидом вібраційного. Недоліком його є більш швидке зношення ріжучого інструменту (це призводить до його поломки), а також мають місце витрати часу, зниження продуктивності за рахунок імпульсних зупинок, імпульсних переривань. Закон коливання при цьому відрізняється від гармонійного коливання.

Вібраційне різання є дуже ефективним методом подрібнення стружки. Принцип здійснення вібраційного різання полягає у тому, що на основний різальний рух інструменту (чи деталі) накладається додатковий коливаючий рух.

Для здійснення вібраційного руху інструменту створено багато різних пристроїв, що дозволяють подрібнювати зливну стружку на МРВ. З метою виявлення переваг і недоліків існуючих вібраційних пристроїв і можливостей підвищення їхніх характеристик – надійності і довговічності, проводимо патентний огляд на вирішення поставлених задач.

## 1.2. Патентний огляд вібраційних пристроїв подрібнення стружки на МРВ

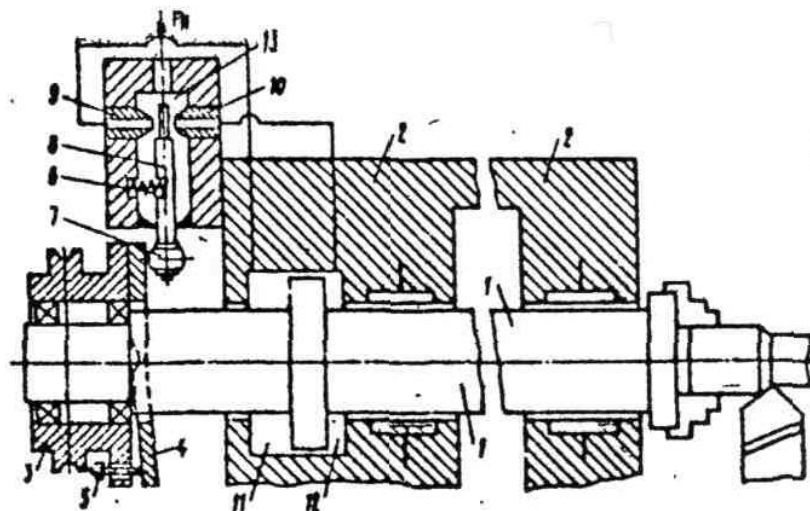


Рисунок 1.2 - Пристрій для динамічного подрібнення стружки

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Авторське свідоцтво № 643236 (рисунок 1.2), заявлене 1.08.1977 р.  
 Пристрій для динамічного подрібнення стружки. Осьова вібрація шпинделя 1 створюється торцевим кулачком 4, який приводиться в обертання незалежним приводом і відхиляється заслонкою 8, яка взаємодіє із соплами 9 і 10. Під тиском  $P_n$  рідина дроселюється в соплах 9, 10 нерівномірно через коливання заслонки 8 і цим створюється перепад тисків у карманах 11 та 12 упорного гідростатичного підшипника і, відповідно, вібрація шпинделя 1.

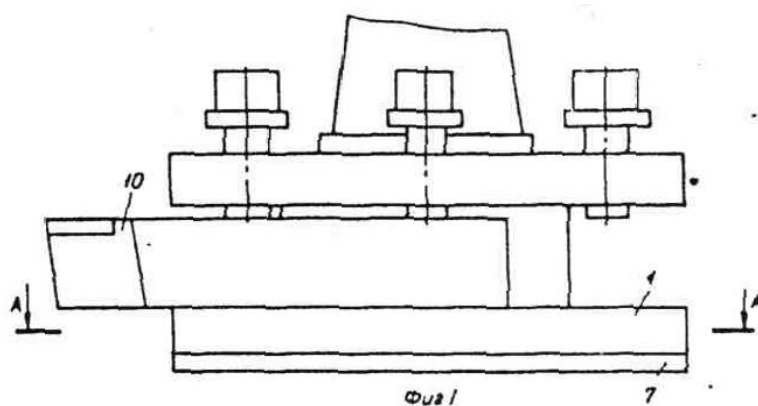
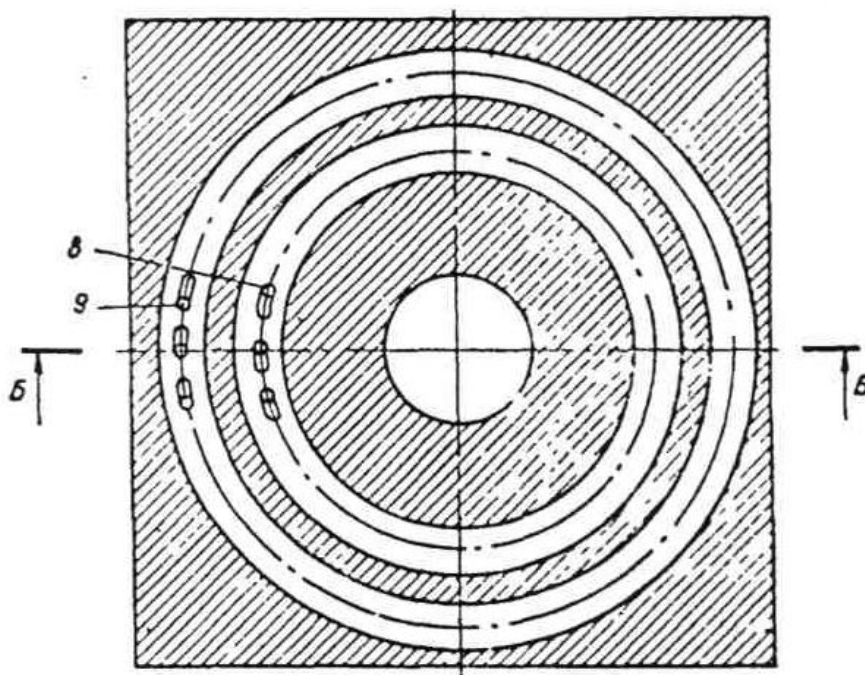


Рисунок 1.3 - Пристрій для подрібнення стружки

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			14



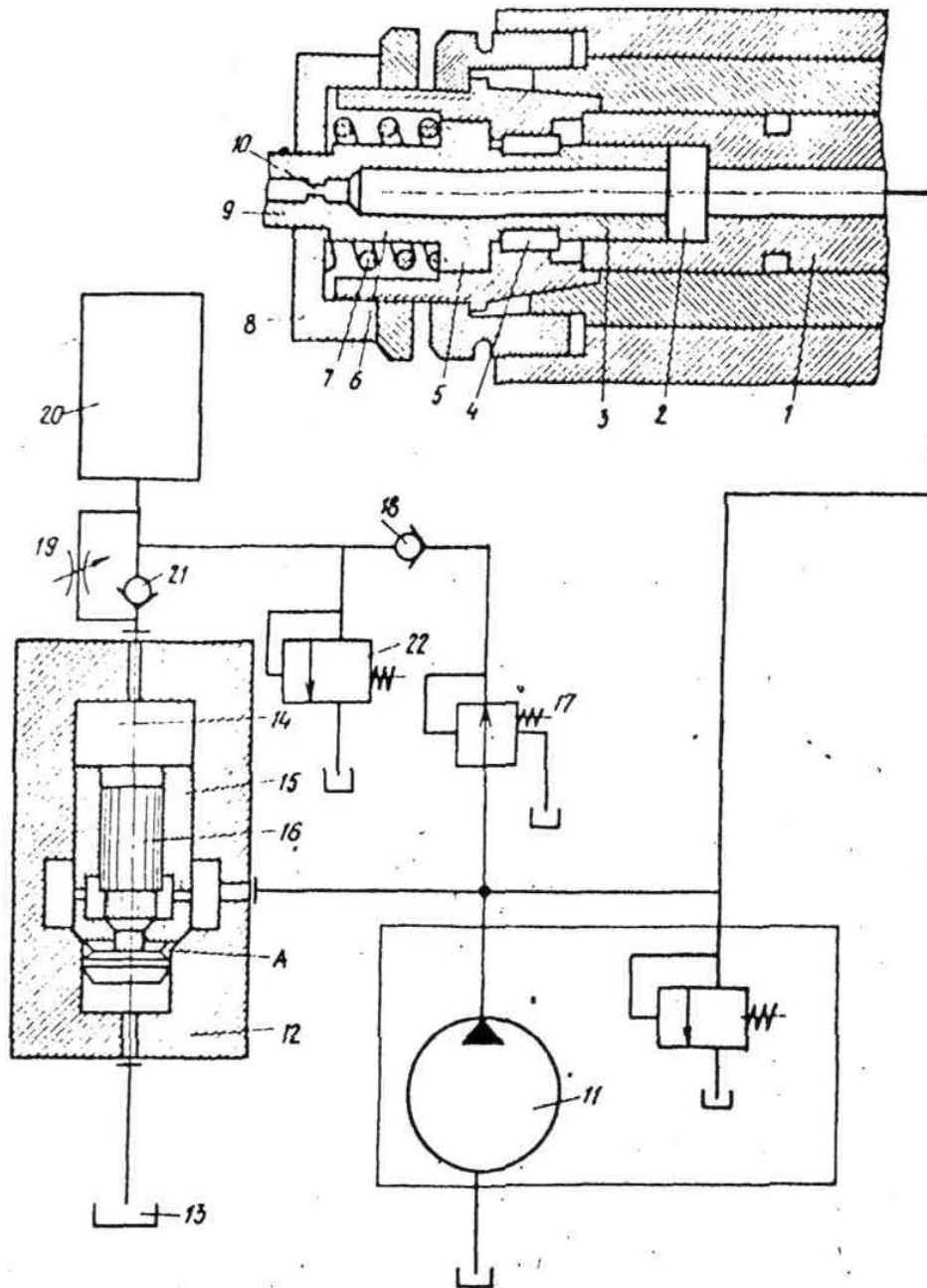


Рисунок 1.5 - Пристосування для свердління з одночасним подрібненням і видаленням стружки

Авторське свідоцтво № 848150 (рисунок 1.5), заявлене 8.10.1979 р. Пристосування для свердління з одночасним подрібненням та видаленням стружки. Свердло з порожниною вставляється в поршень 9 з дроселем 10. За подачі ЗОР у порожнину 2 поршень 9 зміщується вліво і свердло починає процес різання. При перевантаженні клапана 6 переміщається вгору клапан

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			16

15, що зливає ЗОР із порожнини 2; свердло при цьому відводиться пружиною 7 і при цьому стружка ламається.

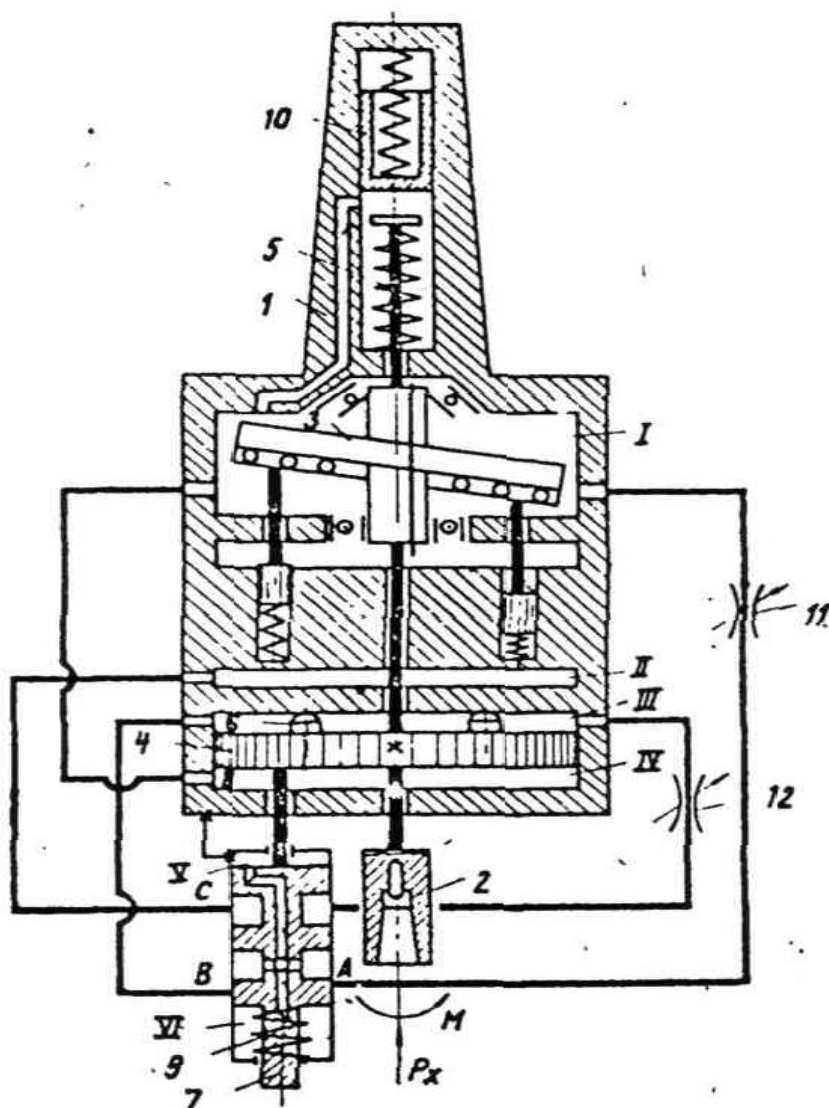


Рисунок 1.6 - Пристрій для подрібнення стружки

Авторське свідоцтво № 900991 (рисунок 1.6), заявлене 11.2.1900 р.  
Пристрій з подрібнення стружки.

Подрібнення стружки виконується в результаті періодичних відводів свердла із змінною амплітудою, розмір якої самовстановлюється залежно від розміру осьового зусилля різання. Відведення шпинделя виконує поршень 4, що навантажений пружиною 5 і поперемінно змінюється тиск у

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17



автономними вібраторами; при цьому знижується надійність верстатів, підвищується їх металоємність і вартість.

Пристрій подрібнення стружки з важільно-плунжерним вібратором.

Принцип дії такого пристрою, поданого на рисунку 1.8, полягає в наступному. Тиск, створений насосом 1, через гідроклапан тиску 2 і напірний клапан 3 подається в порожнину гідроциліндра 4 вібратора. Ця ж порожнина через захисний клапан 5 сполучена зі зливом. Від електродвигуна 6 через коробку передач 7 приводиться в обертання торцевий кулачок 8, виконаний у вигляді плоскої похилої шайби. Цей кулачок через штовхач 9 і важіль 10 надає зворотно-поступального руху плунжеру 11 гідроциліндра 4. Розмір ходу плунжера регулюється зміною розміру співвідношення плечей важеля 10 шляхом переміщення його опори 12 за допомогою гвинта 13. Показана порожнина гідроциліндра 4 сполучена також із порожниною гідроциліндра 14 різцетримача, встановленого на поперечному супорті верстата. Причому, гідроциліндр 14 закріплений на рухомій частині (столику) різцетримача. Поршень 15 гідроциліндра 14 жорстко пов'язаний із нерухомою частиною різцетримача. В іншій порожнині гідроциліндра 14, не пов'язаної з порожниною гідроциліндра 4 вібратора, між його корпусом і поршнем 15 встановлена пружина 16. На столику різцетримача закріплений також різець 17. Таким чином, при пересуванні плунжера 11 вправо під дією повороту кулачка 8 на  $180^\circ$  із порожнини гідроциліндра 4 вібратора виштовхується порція масла в порожнину гідроциліндра 14 різцетримача. Оскільки поршень 15 закріплений нерухомо, гідроциліндр разом із рухомим столиком різцетримача і різцем 17 переміщається також вправо, тобто в напрямку подачі, стискаючи при цьому пружину 16. При подальшому повороті кулачка 8 від  $180^\circ$  до  $360^\circ$  масло з порожнини гідроциліндра 14 під дією пружини 16, яка повертає циліндр у вихідне положення, подається в порожнину гідроциліндра 4 вібратора, повертаючи

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

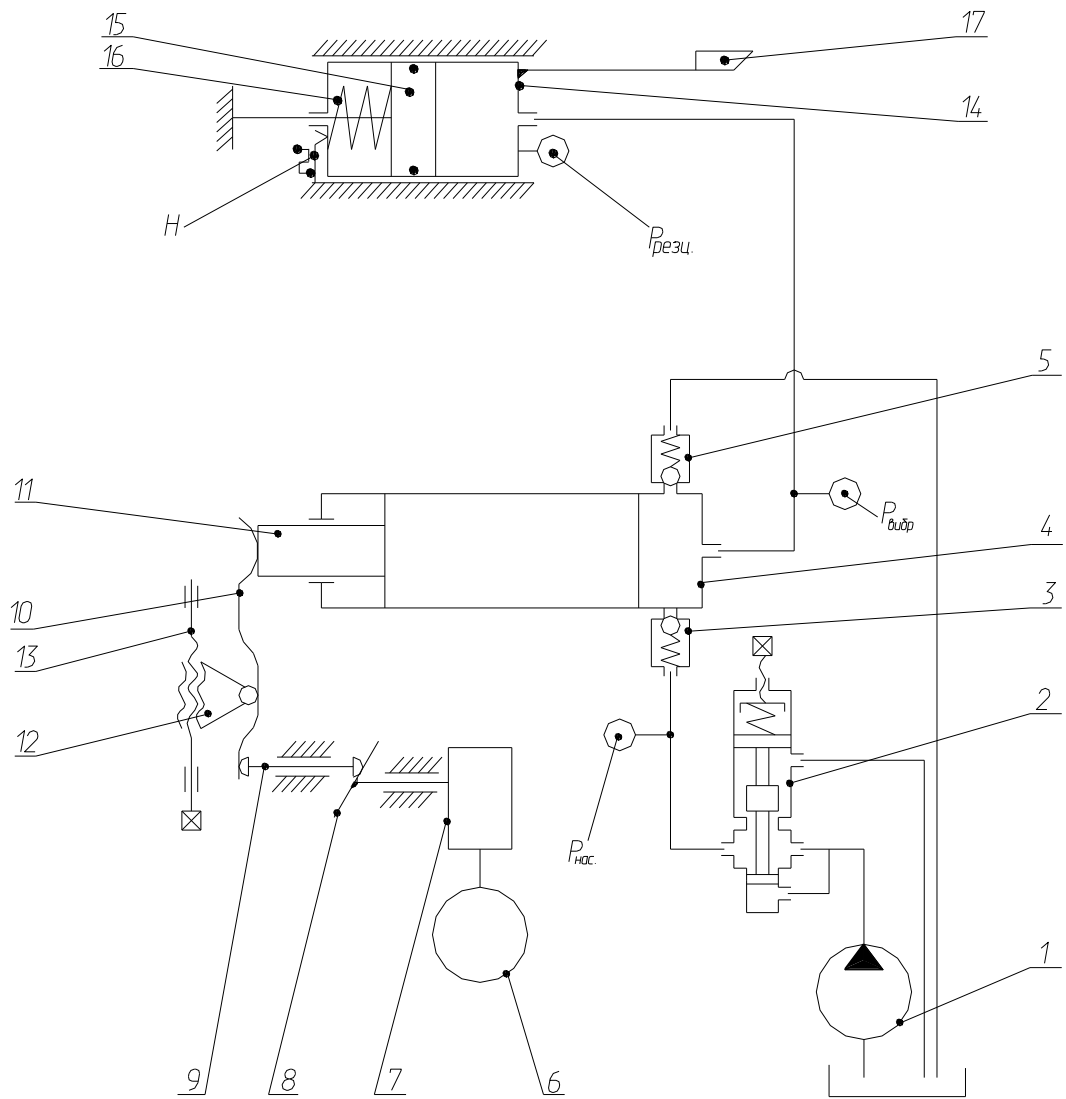


Рисунок 1.8 - Пристрій подрібнення стружки з важільно-плунжерним вібратором

плунжер 2 у вихідне положення. При падінні тиску в системі циліндр 4 - циліндр 14 нижче наперед встановленого розміру (наприклад, в результаті витікання) відкривається напірний клапан 3 і відбувається живлення від насоса I. При перевищенні в системі заданого максимального розміру тиску спрацьовує захисний клапан 5 і відбувається злив масла. При безупинковому обертанні кулачка 8 відбувається поворотно-поступальний рух плунжера П, гідроциліндра 14 разом із столиком різцетримача і різцем 17. Частота цих коливань визначається встановлюваною частотою обертання кулачка 8, а амплітуда -

										Арк.
										20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	015Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

регульованим співвідношенням плечей важеля 10 і визначаємим конструкцією різцетримача можливим ходом його столика.

### Пристрій подрібнення стружки з вібратором без важеля.

Цей пристрій, наведений на рисунку 1.9, має такі відмінності від пристрою, поданого на рис.1.8.

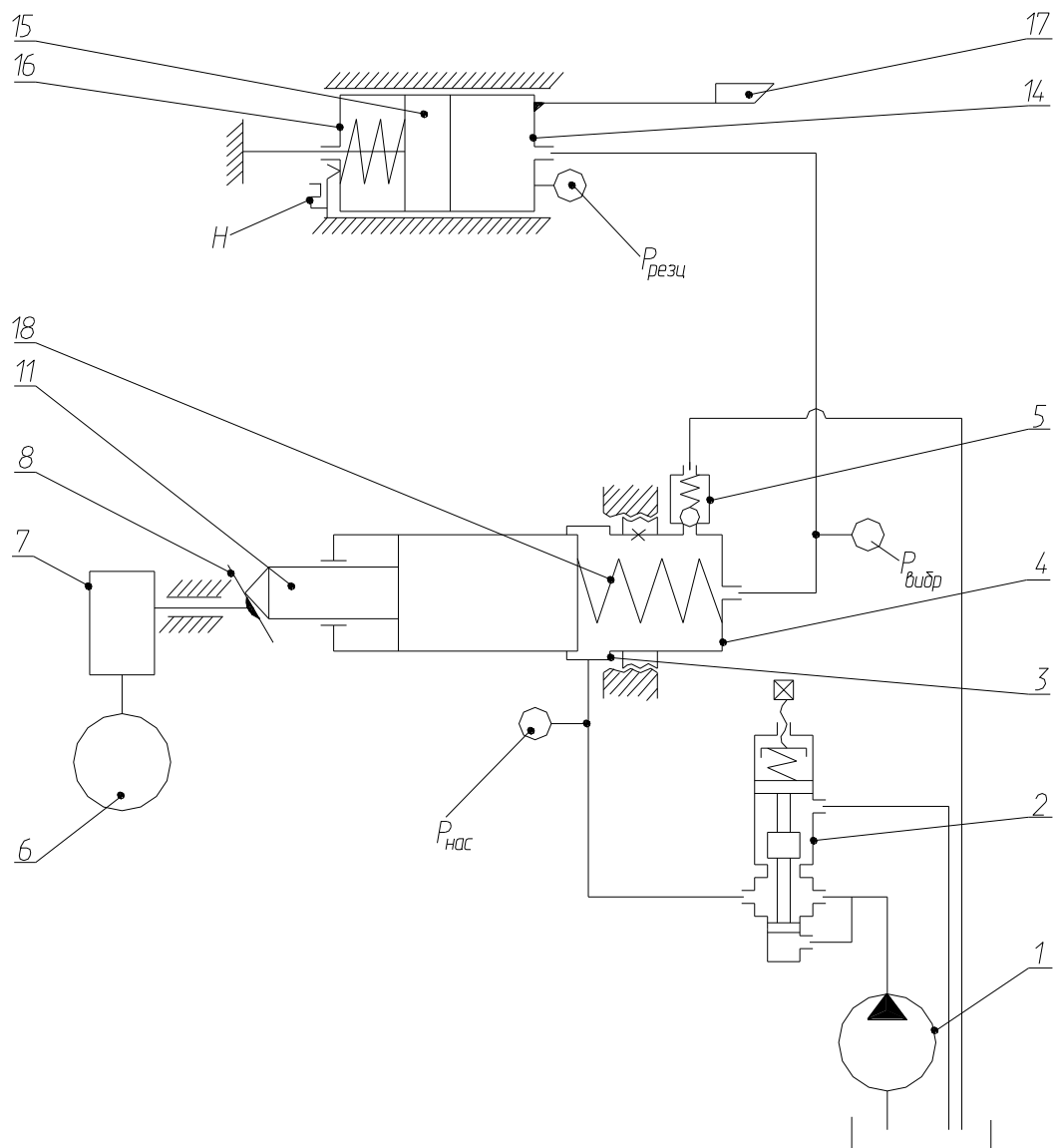


Рисунок 1.9 - Пристрій подрібнення стружки з безважельним вібратором

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			21

У вібраторі пристрою зворотно-поступальний рух для плунжера 11 передається безпосередньо кулачком 8. Штовхач 9 та важіль 10 з механізмами 12 і 13 для регулювання розміру, співвідношення його плечей із конструкції відхилені. Відсутній і напірний клапан 3.

Взамін у циліндрі 4 виконана кільцева розточка (камера) 3 для підведення олії в порожнину циліндра, яка закривається плунжером 11 за його переміщення вправо і відкривається при зміщенні плунжера в протилежному напрямку. За такого способу розмір ходу плунжера у цьому вібраторі є постійним. Регулювання розміру амплітуди коливань стола різцетримача, що тримає різець 17, здійснюється зміною співвідношення розміру холостого ходу плунжера 11 (до моменту повного перекриття камери 3 циліндра 4) і його робочого ходу (після закриття камери 3). При цьому в циліндрі 4, що конструктивно змонтований у корпусі на різьбі, а також з її допомогою, змінюється відстань від торця плунжера 11 до камери 3. Крім цього для виключення розкриття стику плунжера 11 і кулачка 8 у робочій порожнині циліндра 4 між його нижньою частиною і плунжером 11 розміщена пружина 18. В експериментальному варіанті система постачання циліндра 4 вібратора виконувалась, як і в серійній системі, від помпи мастила І через клапан тиску 2. Проте при відсутності у вібраторі напірного клапана 3 його постачання буде проводитися за відсутності тиску на вході - просто від бачка.

Переважно пристрій подрібнення стружки з безважельним вібратором побудований і працює як важільно- плунжерний пристрій.

Пристрій подрібнення стружки з вібратором на основі пластинчастого насоса.

В цьому пристрої тиск в гідроциліндр стружкоподрібнюючого різцетримача подається від пластинчастого двухполосного насоса типу БГ12-4 (рисунок 1.10.), обертання якому, як і плунжерним вібраторам,

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22



Магістраль постачання циліндра різцетримача здійснюється через захисний клапан 9 і з'єднана зі зливом у бачок І. При регулюванні цього клапана регулюється розмір тиску в циліндрі різцетримача та амплітуда коливання РІ. Розмір амплітуди визначається частотою обертання ротора помпи, що зростає при зменшенні частоти, а також розміром вибірки в пластині 6 - від кількості і порядку розташування даних пластин.

Переважно система подрібнення стружки виконана і функціонує подібно системам із плунжерними вібраторами.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

## РОЗДІЛ 2

### ОПИС МОДЕРНІЗОВАНИХ ВУЗЛІВ І ГІДРАВЛІЧНОЇ СХЕМИ

2.1. Пристрій подрібнення стружки з вібратором типу “сопло-заслонка“ із циліндричним дефлектором

В основу винаходу поставлено завдання розширення технологічних можливостей та підвищення надійності пристрою завдяки тому, що сопла мають можливість переміщуватись вздовж твірної заслонки, яка виконана у вигляді пустотілого циліндра з вікнами, розміщеними з різними кроками на колах, перпендикулярних твірній. Друга відмінність запропонованого пристрою в тому, що кожен генератор коливань виконано у вигляді розподільника з золотником, в осьових розточках якого розміщені робочі порожни з дросельними вікнами, які з'єднані відповідно через регулюючий дросель з робочими циліндрами, з'єднаних з ріжучим інструментом.

Запропонований генератор коливань дає можливість зміщати сопла відносно циліндричної заслонки з різним числом вікон на окремих колах, забезпечувати як однакові, так і різноманітні частоти коливань.

Використання в якості робочого органу плунжерного циліндру, в робочі порожнини якого включені дроселі та зворотні клапани, забезпечує гальмування в кінці ходу каретки, що виключає можливість жорсткого удару і, таким чином підвищує надійність та довговічність пристрою. Кінематичний зв'язок між кареткою та плунжером через гвинтову пару дає можливість регулювати в широкому діапазоні амплітуду коливань при різних частотах, що значно розширює технологічні можливості пристрою.

Суть винаходу пояснюється кресленням, де на рис. 2.1 представлено пристрій; на рис. 2.2 – розгортка циліндричної заслонки.

Пристрій для подрібнення стружки складається з генератора коливань (рис. 2.1), в корпусі 1 якого розміщені циліндрична заслонка 2 з

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

вікнами 3, 4, 5 (рис. 2.2) та сопла 6 і 7. Вхідні канали сопел 6 та 7 з'єднані відповідно з керуючими порожнинами розподільників 12 та 13.

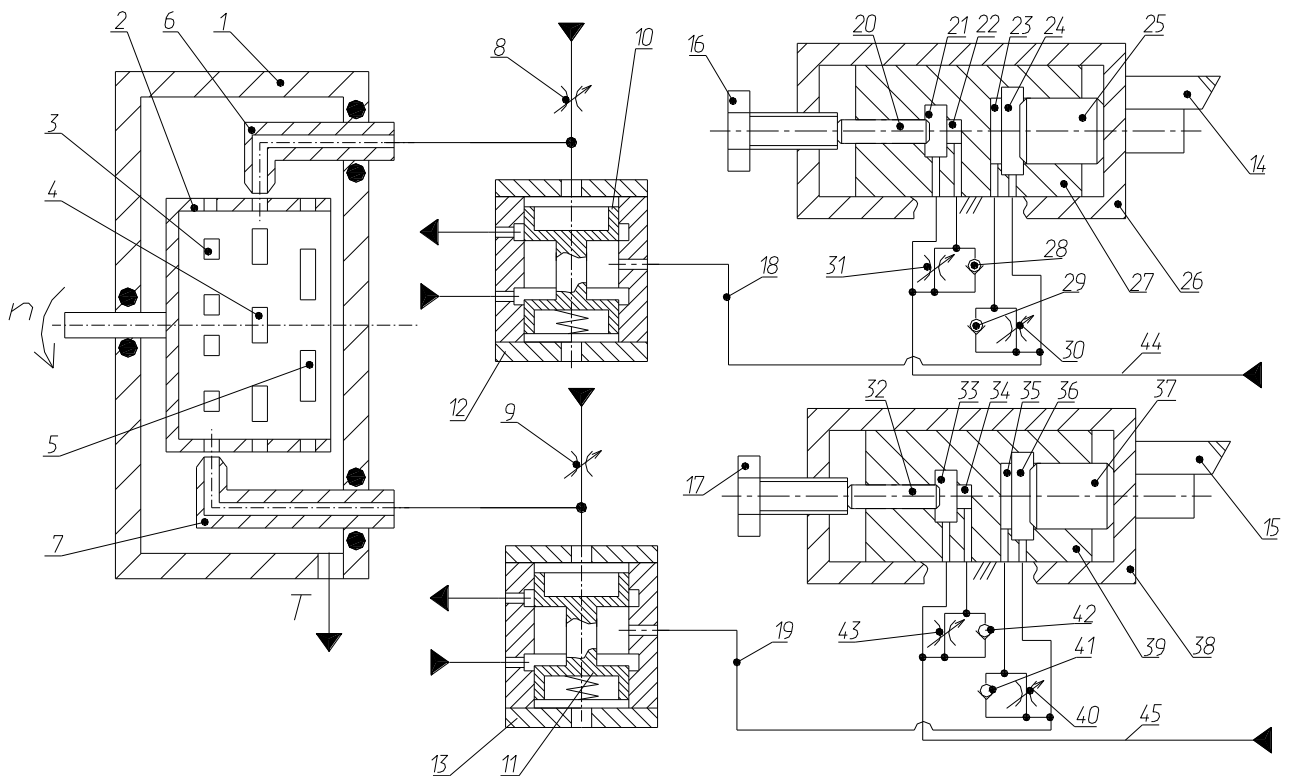


Рисунок 2.1 - Пристрій подрібнення стружки з вібратором типу “сопло-заслонка” із циліндричним дефлектором

*Розгортка дефлектора*

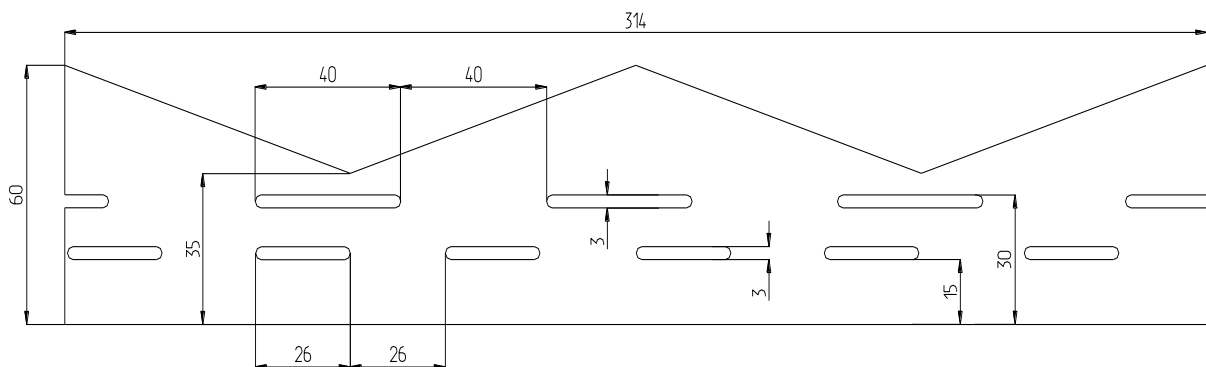


Рисунок 2.2 - Розгортка циліндричної заслонки

										015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
											26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Вхідні канали дроселів 8, 9 гідравлічних розподільників 12 і 13 з'єднані з джерелом живлення. Вихідний канал 18, розподільника 12 з'єднаний через дросель 30 з дросельним вікном 24, і через зворотний клапан 29, з робочою порожниною 23, яка виконана в нерухомому корпусі 27. В робочу порожнину 22, через дросельне вікно 21 постійно подається тиск живлення. В порожнині 23 розташований плунжер 25, а в порожнині 22 плунжер 20, що кінематично з'єднаний через гвинт 16 з рухомою кареткою 26, на якій закріплюється ріжучий інструмент 14.

Вихідний канал 19, розподільника 13 з'єднаний через дросель 40, з дросельним вікном 36 та зворотним клапаном 41 з порожниною 35, яка виконана в нерухомому корпусі 39. В порожнину 34 постійно подається тиск живлення через дросель 43 і дросельну порожнину 33. В порожнині 35 розміщено плунжер 37, а в порожнині 34 плунжер 32, який кінематично з'єднаний через гвинт 17 з рухомою кареткою 38, на якій закріплюється інструмент 15.

На рис. 2.2. наведено розгортку циліндричної заслонки 2 по діаметру  $D$ , в якій виконані вікна 3, 4 та 5 з рівномірними кроками.

Принцип дії пристрою для подрібнення стружки є наступним: при обертанні вихідного валу заслонка 2 обертається з частотою  $n$ . Сопла 6 та 7 будуть періодично перекриватися відповідно з частотами  $n_1 = n \cdot z_1$  і  $n_2 = n \cdot z_2$ , де  $z_1$  – кількість вікон 4, а  $z_2$  – кількість вікон 3. При цьому розподільники 12 та 13 будуть перекриватись з частотами  $n_1$  і  $n_2$ , внаслідок чого каретки 26 і 38 будуть коливатись з такими ж частотами. Для зміни частоти коливання каретки при сталих обертах заслонки 2 необхідно перемістити сопло вздовж твірної на коло 3 із заданим числом вікон.

Амплітуда коливання кареток 26 та 38 (ріжучих інструментів) налагоджується відповідно гвинтами 16 та 17. При відкручуванні – збільшуються.

										015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
											27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Процес коливання каретки, наприклад, каретки 26 буде таким: при подачі тиску від розподільника (рис.2.1.) 12 через дросель 30 і зворотний клапан 29 в порожнину 23 і з'єднанні порожнини 22 через дросель 31 зі зливом плунжер 20 каретки 26 з плунжером 25 переміщується вправо (згідно креслення). В кінці ходу плунжера 20 зменшується величина  $f_1$  щілини дросельного вікна 21. Внаслідок зменшення прохідного перерізу  $f_1$  тиск в порожнині 22 підвищується, що виключає можливість виникнення жорсткого удару каретки 26 об корпус 27.

При перекриванні подачі тиску живлення золотником 10 розподільника 12, порожнина 23 через дросель 30 з'єднується зі зливом, тиск живлення який подається через дросель 22, і зворотний клапан 28 в порожнину 21 переміщує плунжер 20, а також і плунжер 25 вліво. За рахунок того, що площа перерізу плунжера 25 дорівнює  $f_1$ , а плунжера 20  $1/3f_1$ , то каретка 26 рухається вправо. В кінці ходу плунжер 20 перекриває щілину  $f_1$ , при цьому тиск в порожнині 22 збільшується і відбувається плавне гальмування каретки 26 з інструментом 14. При повному перекритті щілини  $f_1$  каретка 26 зупиняється.

Аналогічно відбувається коливання каретки 38 і ріжучого інструмента 15.

Дроселями 31,30 та 40,43 регулюються швидкості руху кареток 26 і 38 відповідно.

## 2.2. Опис роботи шпindelного барабана

Шпindelний барабан (див. лист «Шпindelний барабан») призначений для розміщення шпindelів і періодичного повороту їх на заданий кут. Шпindelний барабан складається з шпindelей 1 (6-ть шт.), які встановлені на конічних роликівих підшипниках 2 і 3. Шпindel 1 зв'язаний з обертальними циліндрами 4 і 5. Поршень 6 циліндра 4 зв'язаний зі штоком 7, шток 7 навантажений зусиллям пружини 9.

									015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Пружина 9 призначена для попереднього затиску заготовки. З вихідним кінцем штока 7 зв'язаний затискний пристрій, (на кресленні відсутній). Тиск живлення до циліндрів 4 і 5 підводиться від центрального золотника 10. Обертання на шпинделі передається від центральної осі 11, через шестерні 12,13, і фрикційну муфту М3 і шестерні 13,15,16,17, запобіжну муфту М1, шестерні 18,19, муфту М2, на шпиндель. Шпиндель також має фрикційну гальмівну муфту М4.

Принцип дії шпиндельного барабана.

У вихідному положенні тиск живлення подається в порожнину А циліндра 4; під дією цього тиску живлення корпус циліндра 4 переміщується вліво (по кресленню), при цьому замикаються диски гальмівної фрикційної муфти М4, виникає гальмування і зупинка шпинделя. При подальшому зростанні тиску в порожнині А циліндра 4 поршень 6, долаючи зусилля тарільчатої пружини 9, рухається вправо; при цьому виникає розтиск деталі. При подачі тиску в порожнину В циліндра 4 і з'єднанні порожнини А зі зливом спочатку вправо рухається корпус циліндра 4; при цьому виникає розгальмування шпинделя 1. Після подальшого росту тиску в порожнині В поршень 6 рухається вліво, при цьому виникає затиск заготовки.

Переключення швидкостей забезпечується за допомогою муфт М2 і М3. При включеній муфті М3 і відключеній муфті М2 обертання шпинделя виникає від шестерень 12, 13 (1-ша швидкість). При включеній муфті М2 і відключеній муфті М3 передача руху від центральної осі на шпиндель передається через шестерні 18,19.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3. Схема гідравлічна принципова

Гідравлічна схема модернізованого верстата мод. 1Б265П-6К (див. лист «Схема гідравлічна принципова») призначена для забезпечення руху всіх модернізованих і оригінальних вузлів. Схема включає циліндри переключення швидкостей ШБ, циліндри верхнього і осьового затиску ШБ, циліндр повороту ШБ і циліндр включення зчеплення, циліндр переміщення поздовжнього супорту і схема його управління, привод подрібнення стружки.

Керування виконуючими приводами здійснюється розподільною апаратурою Р1-Р11. Тиск живлення в різних гілках виконується запобіжною апаратурою: клапанами тиску і редукційними клапанами. Регулювання швидкостей руху виконується за допомогою дроселей типу ДКМ, ДО і РП. Контроль тиску виконується реле тиску типу РТ. Очистка масла виконується фільтрами типу ФВ, ФТО і СПМ. Живлення гідросистеми виконується насосною установкою з акумулятором типу АРХ 1.0/320.

Принцип дії гідросистеми полягає в наступному: переключення швидкостей шпинделей виконується автоматично від центрального золотника при повороті ШБ з однієї позиції в іншу. При цьому в 5-й позиції шпиндель обертається з 2-ю швидкістю, а в 1,2,6 позиціях шпинделя обертаються з 1-ю швидкістю.

У вихідному положенні гідророзподільники Р7-Р11 відключені, при цьому ШБ розфіксований а двигун ДПГ зафіксований. При включенні розподільника Р10 тиск живлення подається в робочу порожнину ДПГ, ШБ повертається на встановлений кут. В процесі обертання вихідного валу ДПГ, прохідний переріз дроселя ДО2 зменшується, внаслідок чого швидкість повороту ШБ зменшується і в кінці повороту близька до нуля, що забезпечує безударний останов ШБ. Після останова ШБ подається

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

команда на відключення гідророзподільника Р7 і включення гідророзподільника Р8, при цьому виникає одночасна розфіксація ДПГ і фіксація ШБ. Після кутової фіксації подається команда на включення розподільників Р9, Р11 і відключення Р5; при цьому виникає вертикальний і осьовий прижим ШБ. Після фіксації подається команда на обробку заготовок і на відключення розподільника Р6; виникає поворот корпуса ДПГ відносно ротора до упору і повертається зв'язаний з корпусом ДПГ кулачок відносно щупа. Внаслідок зміщення щупа вправо (по кресленню) прохідний переріз збільшується і в кінці повороту доходить до свого максимального значення.

По закінченню обробки заготовок і відводу супортів подається команда на розфіксацію ШБ і на фіксацію корпуса ДПГ. Після фіксації ДПГ подається команда на «підйом» ШБ і на його новий поворот на заданий крок. Команди керування формуються командоапаратом верстата.

#### 2.4. Супорт поздовжній

Супорт поздовжній (див. лист «Поздовжній супорт») потрібен для закріплення на ньому державок з інструментом, що обробляє деталі, затиснуті в шпинделях, і їх переміщення в осьовому напрямку.

Супорт поздовжній складається з каретки 1, яка встановлена на циліндричній направляючій 11. Для виключення повороту навколо своєї осі, каретка має важіль 12 з пазом 13 і шпонкою 14, закріпленою на траверсі 15. В осьовому напрямку каретка переміщується гідроциліндром 16. Гідроциліндр 16 складається з корпуса 4, в якому розміщено шток-поршень 17. Кінець штока 17 жорстко закріплений з важілем 12 каретки 1. В розточці штока 17 розміщено плунжер.

Принцип дії поздовжнього гідросупорта полягає в наступному.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При подачі тиску живлення в порожнину «А» циліндра і з'єднанні порожнини «С» зі зливом, каретка 1 рухається на прискореному ході. При подачі тиску живлення в порожнину «В» каретка рухається вліво з середньою швидкістю; при подачі тиску живлення одночасно в порожнини «А» і «В» каретка 1 рухається на мінімальній швидкості. Таким чином, запропонований трьохлінійний циліндр забезпечує при одній і тій же витраті насадної установки різні швидкості супорта.

## 2.5. Гідросхема поздовжнього супорта

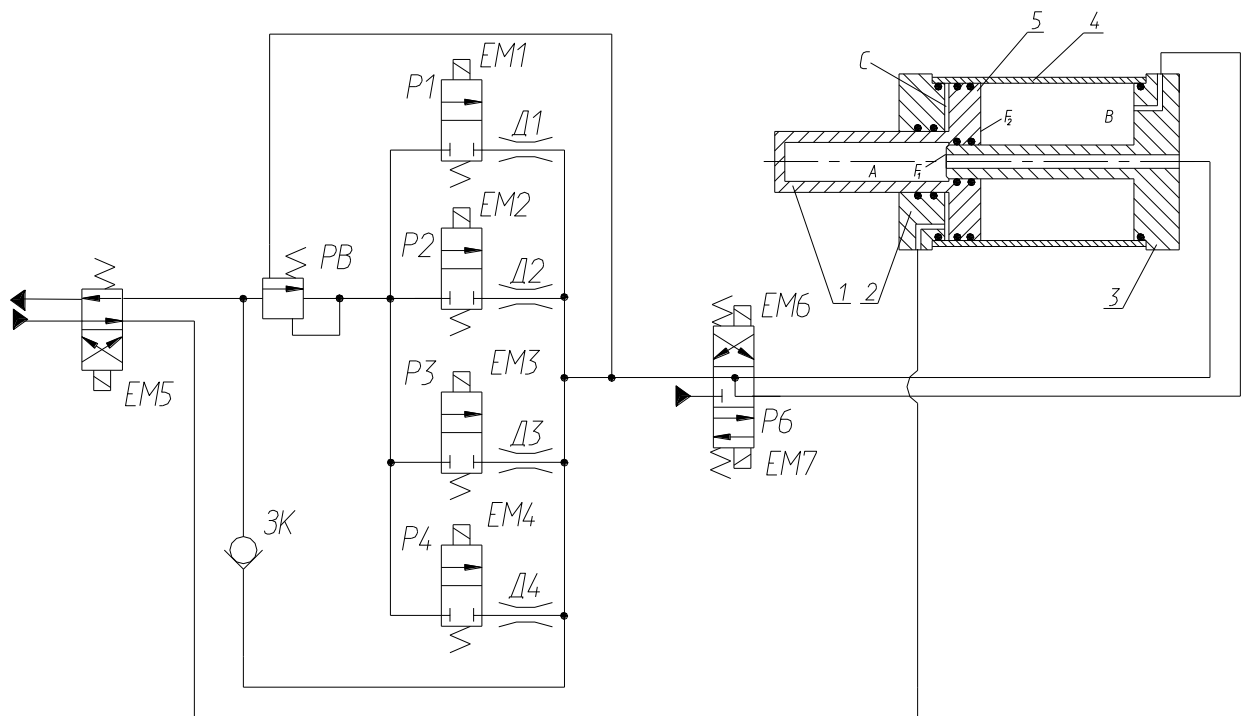


Рисунок 2.3 - Гідросхема поздовжнього супорта

Гідравлічна схема поздовжнього супорта складається із гідроциліндра 4, в якому розміщено поршень 5 зі штоком 1. Шток 1 з'єднаний з важелем 9, який прикріплений до каретки 10. На каретці 10 закріплюється державка з ріжучим інструментом. В штоці 1 виконана розточка (камера А), в якій розміщено плунжер 11 кришки 3. Циліндр 4, плунжер 11, шток 1 та

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32

кришки утворюють робочі камери А і В циліндра 4, з'єднані трубопроводами з вихідними каналами трьохпозиційного розподільника Р6. Вхідний канал розподільника Р6 підключений до вихідних каналів дроселів Д1...Д4, вхідні канали яких відповідно підключені до вихідних каналів розрядних розподільників Р1...Р4. Вхідні канали розподільників Р1...Р4 приєднані до вихідного каналу регулятора РВ, вхідний канал якого з'єднаний з вихідним каналом реверсивного розподільника Р5, до якого підведено тиск живлення Р<sub>ж</sub>.

Принцип дії гідросупорта з цифровим керуванням швидкості руху полягає в наступному.

У вихідному положенні всі розподільники відключені (тобто знеструмлені електромагніти ЕМ1...ЕМ7). При цьому тиск живлення подається від розподільника Р5 в камеру С циліндра 4, а камера В через розподільник Р6, зворотний клапан ЗК і розподільник Р5 зв'язана зі зливом (атмосферою). При подачі напруги на електромагніт ЕМ5 і електромагніт ЕМ1 (що відповідає комбінації керуючих сигналів 0001) рідина під тиском Р<sub>ж</sub> через регулятор РВ, розподільник Р1, дросель Д<sub>1</sub> і розподільник Р6 поступає в робочі камери А і В циліндра 4. При цьому швидкість руху поршня 5 (супорта 10) визначається перерізом  $f_1$  дроселя Д<sub>1</sub>. При опрацюванні, наприклад, кодової комбінації 0010 (напруга подається на електромагніт ЕМ2) включається розподільник Р2 і рідина в камери А і В поступає через дросель Д<sub>2</sub> з перерізом  $2f_1$ . При опрацюванні кодової комбінації керуючих сигналів 0011 (одночасно подається напруга на електромагніти ЕМ1 і ЕМ2). Розподільники Р1 і Р2 включаються одночасно і рідина від джерела живлення поступає в робочі камери А і В циліндра 4 через дроселі Д<sub>1</sub> і Д<sub>2</sub>, тобто через сумарну площу  $f_1+2f_1=3f_1$ . Таким чином кожній комбінації керуючих сигналів відповідає включення розрядних розподільників, від яких рідина через дроселі поступає одночасно в камери А і В циліндра 4.

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			33

Швидкість руху поршня 5 залежно від опрацювання кодової комбінації керуючих сигналів визначається за формулою:

$$V_{3,i} = \alpha \cdot \sum_{i=1}^{i=n} f_i \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{(F_1 + F_2)},$$

де  $f_i$  – ефективна площа перерізу  $i$ -го дроселя;

$\alpha$  – коефіцієнт витрат;

$\rho$  – густина рідини;

$\Delta P = P_1 - P_2$ ;  $P_1$  – тиск перед дроселем;

$P_2$  – тиск за дроселем;

$F_1$  і  $F_2$  – відповідно площа плунжера 11 і поршня 5.

Переріз ефективних площ розрядних дроселів вибирається по геометричній прогресії

$$f_i = f_1 \cdot 2^{i-1}.$$

Всього кількість швидкостей в цьому діапазоні (коли тиск живлення одночасно подається в камери А і В) визначається за формулою

$$N_3 = 2^n - 1,$$

де  $n$  – кількість дроселів (розрядних розподільників).

Для даного випадку

$$N_1 = 2^4 - 1 = 15,$$

Тобто отримуємо 15 швидкостей. При цьому мінімальна швидкість визначається за формулою:

$$V_{3,\min} = \alpha \cdot f_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{(F_1 + F_2)},$$

а максимальна швидкість визначається за формулою:

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$V_{3,\max} = \alpha \cdot f_1 \cdot (2^n - 1) \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{(F_1 + F_2)} = \alpha \cdot 15 \cdot f_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{(F_1 + F_2)}.$$

Таким чином при відключених електромагнітах EM6 і EM7 розподільника забезпечується 15 швидкостей з дискретністю  $V_{3,\min}$ .

Розглянемо випадок, коли включено розподільник P5 (подана напруга на електромагніт EM5) і розподільник P6 (подана напруга на електромагніт EM6). При такому включенні розподільника P6 рідина під тиском поступає від розрядних розподільників тільки в камеру В. При цьому привод працює аналогічно. Тобто кожній комбінації керуючих сигналів, які подаються на електрормагніти розрядних розподільників P1...P4 відповідає своя швидкість руху поршня 5 і зв'язаного з ним супорта.

Так, при опрацюванні, наприклад, кодової комбінації 0001 (включається тільки розподільник P1) швидкість руху поршня 5 визначається за формулою

$$V_{2,\min} = \alpha \cdot f_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{F_2}.$$

Кодовій комбінації керуючих сигналів, наприклад 0010, відповідає швидкість

$$V_2 = \alpha \cdot 2f_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{F_2}.$$

Кодовій комбінації 1111 відповідає швидкість поршня 5

$$V_{2,\max} = \alpha \cdot 15 \cdot f_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{F_2}.$$

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таким чином і в цьому випадку отримуємо теж 15 різних швидкостей з дискретністю  $V_{2,\min}$ .

При включенні електромагніта EM7 розподільника P6 рідина під тиском подається тільки в камеру А циліндра 4. В цьому діапазоні теж отримуємо 15 різноманітних швидкостей з дискретністю

$$V_{1,\min} = \alpha \cdot f_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{F_1},$$

$$V_{1,\min} = \alpha \cdot 15 \cdot f_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{F_1}.$$

Таким чином даний гідросупорт забезпечує три діапазони швидкостей руху поршня 5. Максимальна кількість швидкостей руху поршня 5 (супорта 10) визначається за формулою

$$N_{\max} = (2^n - 1) \cdot m = (2^4 - 1) \cdot 3 = 45,$$

де  $m$  – кількість діапазонів руху поршня 5.

Запропнований гідросупорт з цифровим керуванням забезпечує швидкий рух супорта (холостий хід) і малу робочу подачу з великим зусиллям.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок основних параметрів гідросупорта з цифровим керуванням

Вихідні дані для розрахунку:

Діаметр плунжера  $d_{пл}=0,02\text{м}$ ; діаметр поршня –  $D_{п}=85\text{мм}$ ; тиск живлення –  $P_{ж}=4\text{Мпа}$ ; витрати насоса –  $Q=25\text{л/хв}$ ;  $\Delta p=0,2\text{ Мпа}$ ; питома вага рідини –  $\gamma=0,8\text{т/м}^3$ ;  $f_1=0,785 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2$ ;  $\alpha=0,72$ .

1. Мінімальне зусилля

$$P_{\min} = P_{ж} \cdot \frac{\pi \cdot d_{пл}^2}{4} = 4 \cdot 10^6 \cdot 0,785 \cdot 0,02^2 = 1256(H)$$

2. Максимальне зусилля

$$P_{\max} = P_{ж} \cdot \frac{\pi \cdot d_{пл}^2}{4} = 4 \cdot 10^6 \cdot 0,785 \cdot 0,085^2 = 22686,5(H)$$

3. Мінімальна швидкість руху супорта

$$V_{3,\min} = \alpha \cdot f_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{\frac{\pi \cdot D_n^2}{4}} = 0,72 \cdot 0,785 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot 9,81}{0,8 \cdot 10^4}}}{0,785 \cdot 0,085^2} =$$
$$= 22 \cdot 10^{-5} (м/с) = 0,22\text{мм/с};$$

4. Максимальна швидкість руху супорта

$$V_{1,\max} = \alpha \cdot 15 \cdot f_1 \cdot \frac{\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{\frac{\pi \cdot d_{пл}^2}{4}} = 0,72 \cdot 15 \cdot 0,785 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot 9,81}{0,8 \cdot 10^4}}}{0,785 \cdot 0,02^2} = 0,58(м/с);$$

									015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

### 3.2. Статичний розрахунок гідроциліндра поздовжнього супорта

Величина подачі в загальному випадку визначається із залежності:

$$S_n = \frac{Q_{pn}}{F_1 + F_2},$$

де  $Q_{pn}$  – витрати рідини регулятора потоку,

$$F_1 = \frac{\pi d^2}{4} - \text{площа штока 10}, \quad F_2 = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} - \text{площа поршня 8}$$

зі сторони порожнини «В». Швидкість руху каретки 1 (супорта) при подачі тиску в порожнину «А» визначається із залежності:

$$S_{б.н.} = \frac{Q_H}{F_1},$$

де  $Q_H$  – витрати насоса.

При подачі тиску в порожнину «В» швидкість руху дорівнює:

$$S_{ср.} = \frac{Q_H}{F_2},$$

Зусилля, яке розвиває гідроциліндр 6, також залежить від того, в які порожнини подається тиск живлення.

При подачі тиску живлення в порожнину А сила, яку розвиває гідроциліндр

$$P_{min.} = \frac{\pi d^2}{4} p_n \cdot \eta_M,$$

де  $d$  – діаметр плунжера 10;

$P_n$  – тиск живлення.

При подачі тиску живлення в порожнину «В» сила, яку розвиває циліндр

$$P_{ср.} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p_n \cdot \eta_M,$$

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			38

де  $D$ -діаметр циліндра 6.

При подачі тиску живлення в порожнину «А» і «В»

$$P_{\min.} = \frac{\pi D^2}{4} P_n \cdot \eta_m.$$

Таким чином запропонований гідравлічний привод поздовжнього супорта, виконаний у вигляді трьохполосного циліндра, дозволяє вирішити протиріччя гідравлічного приводу, тобто забезпечити більше зусилля і більшу швидкість при зменшенні витрат насосу і тиску живлення.

3.3. Розрахунок контактних напружень, що виникають при переміщенні каретки по головній осі

Вихідні величини:

- довжина каретки  $L=523$  мм;
- довжина втулок  $b=110$  мм;
- довжина хвостовика  $2a=95$  мм;
- діаметр головної осі  $d_0=180$  мм;
- відстань від головної осі до хвостовика  $h=358$  мм;
- координати точки прикладання зусилля подачі каретки:

$$y_0=180 \text{ мм}, \quad y_1=0,$$

$$z_0=109 \text{ мм}, \quad z_1=109 \text{ мм};$$

- діаметр кола розбивки шпинделя  $D=420$ мм;
- кут між вертикаллю і шпинделем в 1,3,5 позиціях  $\varphi=30^0$ ;
- відстань від середини хвостовика до середини оброблюваної деталі  $x_{p3}=581$  мм;
- коефіцієнт тертя кочення  $f=0,1$ ;
- вага супорта з оснасткою  $G=370$  кг;

1. Розрахунок коефіцієнта опорних реакцій:

реакції А

$$X_a=L+a-b/2=523+47,5-110/2=515,5 \text{ мм};$$

									015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$y_a = y_0 + d_0/2 = 180/2 = 90 \text{ мм};$$

$$z_a = z_0 + d_0/2 = 199 \text{ мм} \quad z_a = z_1 + d_0/2 = 199 \text{ мм};$$

реакції В

$$X_b = a + l/z = 47,5 + 55 + 102,5 \text{ мм};$$

$$Y_b = y_0 - d_0/2 = -90 \text{ мм};$$

$$z_b = z_0 - d_0/2 = 19, \quad z_b = z_1 - d_0/2 = 19 \text{ мм};$$

## 2. Визначення зусилля різання для обробки деталі:

1 позиція

$$P_{z1} = 62 + 274 = 336 \text{ кг};$$

$$P_{01} = 31 + 137 = 168 \text{ кг};$$

$$P_{z2} = 26 + 132 = 158 \text{ кг};$$

$$P_{02} = 13 + 66 = 79 \text{ кг};$$

Діаметр різання  $d_p = 91 \text{ мм};$

3 позиція

$$P_{z3} = 522 \text{ кг};$$

$$P_{y3} = 261 \text{ кг};$$

Кут між вертикаллю і направляючою сили  $P_{z3}$  і  $P_{z5}$

$$\alpha_3 = 33^\circ, \alpha_5 = 30^\circ;$$

Осьове зусилля пружини 7521

$$P_{z3} = P_{05} = 350 \text{ кгс};$$

## 3. Допоміжні величини:

$$S = P_{01} + P_{02} + P_{03} + P_{05} = 168 + 79 + 350 + 350 = 947 \text{ кгс};$$

$$T_3 = P_{z3} \sin \alpha_3 + P_{y3} \cos \alpha_3 = 522 \sin 33^\circ + 261 \cos 33^\circ = 503 \text{ кгс};$$

$$T_5 = P_{z5} \sin \alpha_5 + P_{y5} \cos \alpha_5 = 522 \sin 30^\circ + 26 \cos 30^\circ = 35 \text{ кгс};$$

$$E_3 = P_{z3} \cos \alpha_3 + P_{y3} \sin \alpha_3 = 522 \cos 33^\circ - 261 \sin 33^\circ = 296 \text{ кгс};$$

$$E_5 = P_{z5} \cos \alpha_5 + P_{y5} \sin \alpha_5 = 522 \cos 30^\circ - 261 \sin 30^\circ = 583 \text{ кгс};$$

$$H = -(P_{z1} + P_{z2}) \cos \varphi + T_3 + T_5 = -(336 + 158) \cos 30^\circ + 503 + 35 = 110 \text{ кгс};$$

$$V = -(P_{z1} + P_{z2}) \sin \varphi + E_3 + E_5 = -(336 + 158) \sin 30^\circ + 296 - 583 = -534 \text{ кгс};$$

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned} \Pi = & -(P_{z1} + P_{z2}) \left( \frac{D - d_p}{2} \right) + E_3 \left( \frac{D}{2} - \frac{d_p}{2} \cos \alpha_3 \right) - T_3 \left( \frac{d_p}{2} \right) \sin \alpha_3 + E_5 \left( \frac{D}{2} \right) \sin \varphi - \\ & - \left( \frac{d_p}{2} \right) \cos \alpha_5 + T_5 \left( \frac{D}{2} \right) \cos \alpha_5 - \left( \frac{d_p}{2} \right) \sin \alpha_5 = (336 + 158) \left( \frac{420 - 91}{2} \right) + 296 \left( \frac{420}{2} - \right. \\ & \left. - \left( \frac{91}{2} \right) \cos 33^\circ \right) - 503 \left( \frac{91}{2} \right) \sin 33^\circ + 583 \left( \frac{420}{2} \sin 30^\circ - \left( \frac{91}{2} \right) \cos 30^\circ \right) + \\ & + 35 \left( \frac{420}{2} \cos 30^\circ - \left( \frac{91}{2} \right) \sin 30^\circ \right) = 163404 \text{ кгс мм}; \end{aligned}$$

$$K = (P_{z1} + P_{z2}) \sin \varphi - E_3 + E_5 + G = (336 - 158) \sin 30^\circ - 296 + 583 + 370 = 979 \text{ кгс};$$

$$\lambda = -(P_{z1} + P_{z2}) \cos \varphi + T_2 + T_5 = -(363 + 158) \cos 30^\circ + 503 + 35 = 110 \text{ кгс}$$

$$\begin{aligned} v = & (P_{01} + P_{02} - P_{05}) \frac{D}{2} + \cos \varphi + G(L/2 + a) = (168 + 79 - 350) \frac{420}{2} \cos 30^\circ + \\ & + 370 \left( \frac{523}{2} + 47,5 \right) = 95728 \text{ кг мм}; \end{aligned}$$

$$\tau = (P_{02} - P_{05} - P_{01}) \frac{D}{2} \sin \varphi + P_{03} \frac{D}{2} = (79 - 350 - 168) \frac{420}{2} \sin 30^\circ + 350 \cdot \frac{420}{2} = 27405 \text{ кг мм};$$

$$m_x = \Pi + \lambda y + \lambda z;$$

$$\text{для } y_0 = 118; z_0 = 109;$$

$$m_x = 163404 + 979 \cdot 118 + 110 \cdot 109 = 290916 \text{ кг мм};$$

$$\text{при } y_1 = 0; z = 109;$$

$$m_x = 163404 + 110 \cdot 109 = 175394 \text{ кг мм};$$

$$m_y = v - E_3 x_{p3} + T_5 x_{p5} - S_{z0} = 95728 - 296 \cdot 581 - 583 \cdot 581 - 947 \cdot 109 = -518194 \text{ кг мм};$$

$$m_z = \tau - T_3 x_{p3} - T_5 x_{p5} - S_y;$$

$$\text{для } y_0 = 118;$$

$$m_z = 33278 - 503 \cdot 581 - 35581 - 947 \cdot 118 = -391046 \text{ кг мм};$$

$$\text{при } y_1 = 0;$$

$$m_z = 33278 - 503 \cdot 581 - 35581 = -279300 \text{ кг мм};$$

#### 4. Опорні реакції передньої опори.

$$A = \sqrt{A_z^2 + A_y^2};$$

$$\text{При } A_y = 1127,2 \text{ кгс, } A = \sqrt{(1355,3)^2 + (1127,2)^2} = 1762,8 \text{ кгс};$$

$$\text{При } A_y = 812,3 \text{ кгс, } A = \sqrt{(1355,3)^2 + (812,3)^2} = 1580,0 \text{ кгс};$$

$$A_z = \frac{(G - V)(X_B - fZ_B) - m_y}{(X - fZ_a) - (X_B - fZ_B)} =$$

										015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
											41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$= \frac{(700 + 534) \times (102,5 - 0,1 \times 19) + 411196}{(51505 - 0,1 \times 199) - (102,5 - 0,1 \times 19)} = 1355,3 \text{ кгс};$$

$$A_y = \frac{((m_x / (h + z_0) - H) \times (X_B - fy_B) - m_z)}{(X_a - fy_a) - (X_B - fy_B)} \text{ при } m_x=305264, y_B=28;$$

$$m_z=-391046; y_a=208,$$

$$= \frac{((305264 / (358 + 109)) - 110)(102,5 - 0,1 \times 28) + 391046}{(51505 - 0,1 \times 208) - (102,5 - 0,1 \times 28)} = 1127,2 \text{ кгс};$$

$$\text{при } m_x=225496 \text{ кг мм}; y_a=90; m_z=-279300 \text{ кг мм}; y_B=-90;$$

$$= \frac{((225496 / (358 + 109)) - 110)(102,5 - 0,1 \times 90) + 279300}{(51505 - 0,1 \times 90) - (102,5 - 0,1 \times 90)} = 812,3 ;$$

Задньої опори:

$$B = \sqrt{B_z^2 + B_y^2},$$

$$\text{При } B_y=1670,9 \text{ кгс}, B = \sqrt{(1355,3)^2 + (1670,9)^2} = 2151,5 \text{ кгс};$$

$$\text{При } B_y=1185,2 \text{ кгс}, B = \sqrt{(1355,3)^2 + (1185,2)^2} = 1800,4 \text{ кгс};$$

$$B_z = \frac{(G - V) \times (X_B - fZ_B) - m_y}{(X_a - fZ_a) - (X_B - fZ_B)} =$$

$$= \frac{(700 + 534) \times (102,5 - 0,1 \times 19) + 411196}{(51505 - 0,1 \times 199) - (102,5 - 0,1 \times 19)} = 1355,3 \text{ кгс};$$

$$B_y = \frac{((m_x / (h + z_0) - H) \times (X_B - fy_B) - m_z)}{(X_a - fy_a) - (X_B - fy_B)} + m_x / (h + z_0) - H;$$

$$\text{при } m_x=305264; y_B=28; m_z=-391046; y_a=208;$$

$$= \frac{((305264 / (358 + 109)) - 110)(102,5 - 0,1 \times 28) + 391046}{(51505 - 0,1 \times 208) - (102,5 - 0,1 \times 28)} + 305264 / (358 + 109) - 110 =$$

$$= 1670,9 \text{ кгс}$$

$$\text{при } m_x=225496 \text{ кг мм}; y_a=90; m_z=-27930 \text{ кг мм}; y_B=-90;$$

										015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
											42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$B_y = \frac{((225496/(358 + 109)) - 110)(102.5 - 0.1 \times 90) + 279300}{(51505 - 0.1 \times 90) - (102.5 - 0.1 \times 90)} +$$

$$+ 225496/(358 + 109) - 110 = 1185,2 \text{ кгс};$$

### 5. Середнє контактне напруження

на передній опорі:

$$\sigma_B = A/d_0 b;$$

$$\text{при } A=1762,8 \text{ кгс, } \sigma_B=1762,8/18 \times 11=8,9 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\text{при } A=1580,0 \text{ кгс, } \sigma_B=1580,0/18 \times 11=8 \text{ кгс/см}^2;$$

на задній опорі:

$$\sigma_B = B/d_0 b;$$

$$\text{при } B=2151,5 \text{ кгс, } \sigma_B=2151,5/18 \times 11=10,9 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\text{при } B=1800,4 \text{ кгс, } \sigma_B=1800,4/18 \times 11=9 \text{ кгс/см}^2;$$

### 6. Зусилля необхідне для подачі.

$$Q = S + \left[ \frac{2(G - V)x(X_B - fZ_B) - m_y}{(X_a - fZ_a) - (X_B - fZ_B)} + m_x / (h + z_0) + G - V \right] f;$$

$$\text{при } m_x=305264 \text{ кг/мм}$$

$$Q = 947 + \left[ \frac{2(700 - 534)x(102.5 - 0,1 \times 19) - 411196}{(51505 - 0.1 \times 199) - (102.5 - 0.1 \times 19)} + 305264/(358 + 109) + 700 - 534 \right] \times 0,1 = 1291.7 \text{ кгс};$$

$$\text{При } m_x=225496 \text{ кг мм}$$

$$Q = 947 + \left[ \frac{2(700 - 534)x(102.5 - 0,1 \times 19) - 411196}{(51505 - 0.1 \times 199) - (102.5 - 0.1 \times 19)} + 225496/(358 + 109) + 700 - 534 \right] \times 0.1 = 1274.7 \text{ кгс};$$

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4. Розрахунок параметрів гідропривода поздовжнього супорту

Вихідні дані розрахунку:

- максимальне навантаження при різанні  $P_M=20000\text{H}$ ;
- максимальна швидкість каретки при швидкому відводі  $V_M=0,67\text{м/с}$ ;
- номінальний тиск живлення  $P_H=4\text{ МПа}$ ;
- мінімальна подача  $S_{\text{min}}=6,3\text{ мм/хв}$ ;

1. По заданій максимальній силі різання і по номінальному тиску знаходимо діаметр циліндра:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{4xP_M / \pi x P_H x \eta_M} = \sqrt{4x20000 / 3,14x4x10^6 x 0,8} = 79,8\text{мм} ;$$

Приймаємо  $D_{\text{ц}}=85\text{мм}$ .

2. По заданій максимальній швидкості руху визначаємо витрати насосної установки:

$$Q_n = \pi x d^2 x V_M / 4 = 3,14x(0,025)^2 x 0,67 = 0,0003287\text{м}^3 / \text{с} = 19,72\text{л/хв} .$$

Приймаємо з урахуванням об'ємного ККД:

$$Q_H=21,1\text{л/хв}.$$

Основні параметри насоса типу Г12-32М:

- робочий об'єм –  $q_0=25\text{см}^3$ ;
- номінальна подача –  $q_H=21,2\text{л/хв}$ ;
- номінальний тиск –  $P_H=6,3\text{ МПа}$ ;
- максимальний тиск –  $P_{\text{max}}=7\text{ МПа}$ ;
- номінальна частота обертання –  $n=960\text{ об/хв}$ ;
- номінальна потужність –  $N_{\text{ном}}=2,8\text{ кВт}$ ;
- ККД об'ємний –  $\eta=0,88$ ;
- повний ККД –  $\eta=0,78$ ;
- ресурс роботи – 10000 годин;
- маса –  $P_{\text{нас}}=8,2\text{ кг}$ .

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Для регулювання робочих подач попередньо вибираємо регулятор потоку типу МПГ55-22.

Основні параметри регулятора витрат МПГ55-22:

- $D_y=10\text{мм}$ ;
  - максимальні витрати –  $Q_{\text{дм}}=25\text{ л/хв}$ ;
  - мінімальні витрати –  $Q_{\text{дmin}}=0,04\text{ л/хв}$ ;
  - номінальний тиск –  $P_n=20\text{МПа}$ ;
  - перепад тиску на дроселі -  $\Delta p_d=0,2\text{ МПа}$ ;
  - витрати мастила через закритий дросель  $\leq 30\text{см}^3/\text{хв}$ ;
- Маса – 4,6 кг.

4. Визначаємо мінімальну робочу подачу супорта:

$$S_{\text{min}} = 4Q_{\text{min}} / \pi x D_y^2 = 4x0,04x1000 / 3,14x8.5^2 = 0,629\text{см} / \text{хв} = 6,29\text{мм} / \text{хв} ;$$

5. Визначаємо максимальну робочу подачу супорта:

$$S_{\text{max}} = 4Q_{\text{max}} / \pi x D_y^2 = 4x21,2x1000 / 3,14x9^2 = 331,839\text{см} / \text{хв} = 3318,39\text{мм/хв} \text{ или } 55,3\text{мм/с}.$$

6. Визначаємо діапазон регулювання гідросупорта:

$$D_p = S_{\text{max}} / S_{\text{min}} = 3318,39 / 6,29 = 527,56;$$

7. Визначаємо швидкість повернення супорта:

$$V_{\text{обр}} = 4Q_n / \pi x (D_y^2 - D_n^2) = 4x21,1x1000 / 3,14x(8^2 - 7^2) = 1791,9\text{см} / \text{хв} = 298.65\text{мм/с}$$

### 3.5. Розрахунок пристрою подрібнення стружки

1. Вихідні параметри розрахунку:
2.  $f_{\text{max}}=10\text{Гц}$  – максимальна частота коливання різця;
3.  $P_3=0.1\text{Мпа}$  – тиск зливу;
4.  $D=40\text{мм}=0.04\text{м}$  – діаметр плунжера 2;
5.  $d=20\text{мм}=0.02\text{м}$  – діаметр плунжера 3;
6.  $A_{\text{max}}=1\text{ мм}$  – максимальна амплітуда коливання різця;
7.  $P=5000\text{Н}$  – сила різання.

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			45

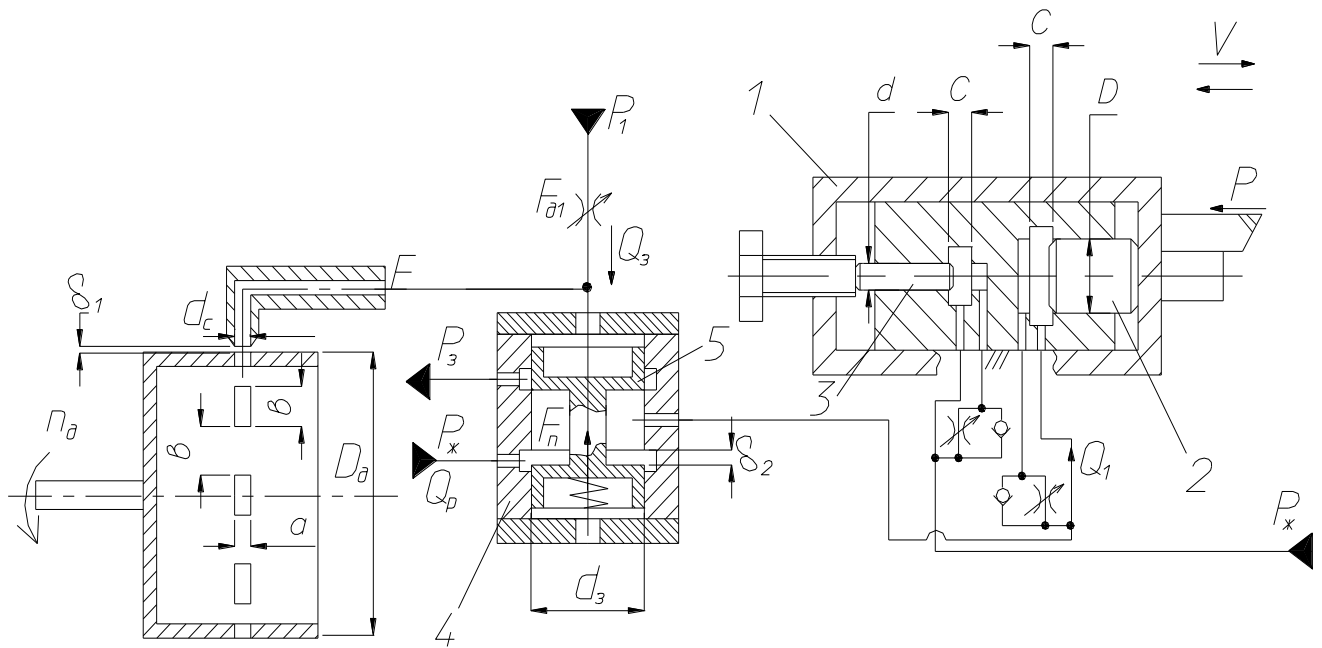


Рисунок 3.1 - Схема пристрою подрібнення стружки

1. Визначаємо середню швидкість руху різця для частоти  $f_{\max} = 10 \text{ Гц}$

$$V_c = \frac{2A}{t} = 2A f_{\max} = 2 \cdot 1 \cdot 10 = 20 (\text{мм/с}).$$

2. Зважаючи на те, що початкова швидкість руху різця дорівнює нулю, а середня  $V_c$ , максимальна швидкість дорівнює

$$V_{\max} = 2 \cdot V_c = 2 \cdot 20 = 40 (\text{мм/с}).$$

3. По максимальній швидкості визначаємо витрати рідини, що підводиться в робочу камеру плунжера 2:

$$Q_1 = V_{\max} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 40 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3.14}{4} \cdot 0.04^2 = 0.000050 (\text{м}^3 / \text{с}) = 3.01 (\text{л/хв}).$$

4. Визначаємо живлення  $P_{\text{ж}}$ , що подається в робочу камеру плунжера 2:

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P_{\text{ж}} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot P_{\text{ж}} = P / \eta_m.$$

$$P_{\text{ж}} = \frac{4 \cdot P \cdot 10^6}{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot \eta_m} = \frac{4 \cdot 10^6}{3.14 \cdot (0.04^2 - 0.02^2) \cdot 0.96} = 5.529 (\text{МПа}).$$

									015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Приймаємо  $P_{ж}=5.6$  МПа.

5. Визначаємо витрати рідини, що підводиться до розподільника 4. В процесі відкриття золотника 5 переріз його площі змінюється від 0 до максимального значення. Витрати рідини через нього змінюються від 0 до максимального:

$$Q_{\max} = Q_p = 2Q_1 = 2 \cdot 3.01 = 6.02 (\text{л} / \text{хв}).$$

6. Приймаємо, що витрати тиску на золотнику 5 дорівнюють 0.2 МПа.

Знайдемо ефективну площу щілини золотника:

$$Q_{\max} = \alpha \cdot F_3 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}; \quad F_3 = \frac{Q_{\max}}{\alpha \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}; \quad F_3 = \pi \cdot d_3 \cdot \delta_2;$$

$$\delta_2 = \frac{Q_{\max}}{\pi \cdot d_3 \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}} = \frac{6.02 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 3.14 \cdot 0.01 \cdot 0.72 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0.2 \cdot 10^6 \cdot 9.8}{8000}}} = 0.2 \cdot 10^{-3} (\text{м}) = 0.2 \text{ мм}.$$

7. Визначаємо витрати рідини, яка необхідна для переміщення золотника 5 на величину  $\delta_2$  за час  $t_3=0.05$ с.

$$F_3 \cdot V_3 = Q_3;$$

$$Q_3 = F_3 \cdot V_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \frac{\delta_2}{t_3} = \frac{3.14 \cdot 0.01^2}{4} \cdot \frac{0.2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 60}{0.05} = 0.018 (\text{л} / \text{хв}).$$

приймаємо  $Q_3=0.02$ л/хв.

8. Визначаємо величину тиску, який подається в камеру золотника 5.

Приймаємо, що сила пружини постійна і дорівнює  $F_n=30$ Н.

$$P_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{F_n}{\eta_m};$$

$$P_1 = \frac{4 \cdot F_n}{\eta_m \cdot \pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 30}{0.98 \cdot 3.14 \cdot 0.01^2} = 3899649 (\text{Н} / \text{м}^2) = 0.3899 \text{ МПа}.$$

Приймаємо  $P_1=0.4$ МПа.

9. Визначаємо витрати рідини через сопло з діаметром  $d_c$ :

									Арк.
									47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$Q_c = 2 \cdot Q_3 = 2 \cdot 0.02 = 0.04 (\text{л/хв}).$$

10. Приймаємо величину перепаду тисків на соплі:

$$\Delta P_c = P_1 - P_a = 0.11 - 0.1 = 0.01 \text{ МПа}.$$

11. Визначаємо діаметр сопла  $d_c$ :

$$Q_c = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}};$$

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_c}{\alpha \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_c}{\alpha \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2\Delta P \cdot g}{\rho}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.04 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 0.72 \cdot 3.14 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0.01 \cdot 10^6 \cdot 9.81}{8000}}}} =$$

$$= 0.000488 (\text{м}) = 0.488 (\text{мм});$$

Приймаємо  $d_c = 0.5 \text{ мм}$ .

12. Довжина вікна “в” визначається за формулою

$$v = v_o \cdot t = 0.5 \cdot 0.05 = 0.025 (\text{м}) = 25 \text{ мм},$$

де  $V_o = 0.5 \text{ м/с}$  - мінімальна швидкість дифлектора.

13. Приймаємо кількість вікон на колі  $n_b = 10$ .

14. Діаметр кола (дифлектора), на якому розміщено 10 вікон:

$$\pi \cdot D_o = n_e \cdot v \cdot 2; \quad D_o = \frac{2 \cdot n_e \cdot v}{\pi} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 25}{3.14} = 159.2 (\text{мм}).$$

15. Кількість обертів двигуна

$$n_o = \frac{n_i}{n_e} = \frac{10}{10} = 1 (\text{об/с});$$

$$n_o = 1 \text{ об/с}.$$

З наведеного розрахунку робимо висновок, що для того, щоб забезпечити частоту коливання різця 10 Гц з амплітудою коливань 1 мм, потрібно обертати дифлектор з швидкістю в 1 об/с, а сопло перемістити на коло, що має 10 вікон і довжина яких складає 25 мм. Тиск живлення потрібно налагодити на величину  $P_{ж} = 5.6 \text{ МПа}$ . Витрати насоса  $Q_{\text{max}} = 6.02 \text{ л/хв}$ .

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			48

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

В програмах економічного і соціального розвитку України відстежується лінія на зменшення ручної праці, тобто автоматизації виробництва, скорочення і ліквідації монотонної та важкої фізичної і малокваліфікованої праці, забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов і впровадження автоматизованого обладнання, що усувають виробничий травматизм і професійні захворювання.

Особливим важливим при цьому є дотримання правил безпеки праці при обробці матеріалів різанням, тому що цей процес є основним не тільки в машинобудуванні, але широко застосовується й в інших галузях народного господарства.

Науково-технічний прогрес у машинобудуванні багато в чому змінив характер і зміст праці, підвищивши вимоги до його культури і спеціальної, фахової і загальноосвітньої підготовки робітників. В умовах, коли зростає інтенсифікація виробництва великого значення набуло не тільки підвищення професійної майстерності, але і чітке, безумовне виконання робітниками правил безпеки праці й інструкцій, що регламентують працю верстатників. Аналіз показав, що значна кількість нещасних випадків при роботі на металорізальному устаткуванні відбувається з організаційних причин, внаслідок порушення робітниками-верстатниками правил та інструкцій з безпеки праці.

Корінне покращення стану справ з охорони праці є можливим на базі підвищення безпеки техніки при впровадженні нових виробництв і технологій, покращення дисципліни, зростання компетентності працівників у питаннях охорони праці.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1. Захисні огороження, фарбування і блокування, що забезпечують безпечну експлуатацію проектного устаткування

На проектованому верстаті небезпека локалізована в просторі навколо елементів, що рухаються: шпindelного барабана із закріпленими в ньому оброблюваними деталями, поздовжнього супорта, поперечного супорта. Тому всі вище перелічені складові частини верстата будуть мати захисні огороження.

Внутрішні поверхні дверей, що закривають місця знаходження рухомих елементів верстатів (шестерень), які потребують періодичного доступу при наладці (коробка швидкостей) ремня, *пофарбувати в жовтий сигнальний колір.*

На зовнішній поверхні огороження буде нанесений *попереджувальний знак небезпеки* за ГОСТ 12.4.026-76 (жовтого кольору рівносторонній трикутник з вершиною вгорі, з чорним контуром і чорним знаком оклику в середині).

Під знаком буде встановлена табличка за ГОСТ 12.4.026-76 з пояснюючим надписом «При включеному верстаті не відкривати».

Таблиця 4.1. - Блокування, передбачені у верстаті

	Що блокується і в якому випадку	Чим блокується
	Блокування включення шпindelя верстата у випадку відсутності тиску в приводі зажиму заготовки	Реле тиску типу ПГ62-11
	Блокування включення шпindelя верстата при незакритому захисному екрані зони різання	Кінцевий вимикач типу ВК-211

Блокування відкривання дверцят коробки швидкостей (змінні шестерні) при включеному верстаті	Кінцевий вимикач типу ВК-411
Блокування транспортера стружки від перевантаження	Запобіжна муфта

Для блокування використовують кінцеві вимикачі.

4.2. Облік вимог санітарії й охорони навколишнього середовища при застосуванні мастильно-охолоджуючих технологічних засобів

При роботі спроектованого верстата використовують масляні ЗОР марок: МР-1, ОСМ-3. Вказані ЗОР негативно діють на шкіру людини, визиваючи алергію. Для огороження зони різання з метою недопущення попадання стружки і ЗОР на людину, використовують захисні огороження, які складаються з корпусу, в якому розміщено оглядове віконце. З внутрішньої сторони оглядового віконця встановлено решітку, яка виготовлена з сталевих прутків діаметром 6мм. В місцях перетину прутки повинні бути з'єднані за допомогою зварювання. Товщина скла в захисному огороженні повинна бути 6 мм, скло - безпечне тришарове (ГОСТ 5727-83). Захисне огороження, яке використано для спроектованого верстата, відкриваючого типу і при установленому русі переміщається зусиллям 20Н.

Захисні дерматологічні засоби для робітників-верстатників

Найменування	Завод виготовлювач	Призначення
Гідрофільні засоби		
Паста ИЭР-1 (ФС 42-501-72), ХИОТ-6	Казанський хіміко-фармацевтичний завод	Захист рук при роботі з органічними

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

(ФС 42-442-72)		розчинниками, мінеральними оліями
Крем “Силіконовий” (ТУ 6-28-1-77)	Комбінат “Кримська троянда (м. Сімферополь)	Захист рук при роботі з замаслювачами типу парафінової емульсії: нафтопродуктами: органічними розчинниками
Паста “Айро” (ТУ 6-15-635-77)	Філія “Сподриба” ПО “Латвбитхім”	Захист рук від нерозчинних у воді забруднень
Відмивочно-захисна паста із солідолом (ФС 42-382-72)	Казанський хіміко- фармацевтичний завод	Захист рук при забрудненні оліями
Гідрофобні засоби		
Паста ИЭР-2 (ФС 42-95-72)	Казанський хіміко- фармацевтичний завод	Захист рук при роботі з водяними СОТС
Крем “Захисний” (ТУ 47-7-11 до/73)	Київської ПО косметичній промисловості “Воля”	Захист рук при роботі з водяними СОТС
Очисники шкіри		
Паста миюча для рук (ТУ 6-15-885-79)	ПО “Литбітзим”	Видалення олій, іржі
Паста “Ралі”	Дніпропетровський завод побутової хімії	Миття сильне забруднених рук
Очисник рук (ТУ 6-15-1044-77)	Дніпровський завод побутової хімії	Очищення від олій, іржі

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Мило ДНС-АК “Фея” (ТУ 6-15-615-79)	ВНИПИ поверхнево-активних речовин (м. Щебекіно)	Змивання масляних і інших забруднень
Паста “Церигель”	Саранський завод медичних препаратів	Загоєння дрібних подряпин, саден, тріщин

Для захисту шкіри рук робочого використовують пасту ІЭР-2(ФС 42-92-72). В якості очисника шкіри використовують пасту миючу для рук (ТУ 6-15-885-79). Антимікробний захист ЗОР повинен проводитись додаванням бактерицидних присадок і періодичної пастеризації рідини. Пастеризація ЗОР повинна проводитися нагріванням до 75° С, короткочасною витримкою і наступним охолодженням в охолоджувачі до робочої температури. Періодичність заміни ЗОР повинна встановлюватись за результатами контролю її складу, але не частіше одного разу на 6 місяців. Очистку ємності для приготування ЗОР, трубопроводів потрібно проводити один раз на 6 місяців. Відпрацьовані ЗОР необхідно збирати до спеціальних ємкостей. За зміну роботи спроектованого верстата накопичується біля 30 кг стружки.

В наслідок того, що стружки накопичується багато, то вручну звільнити стружкозбірник важко, тому прилаштовано верстатний транспортер стружки. В процесі обробки деталь охолоджується за допомогою мастильно-охолоджуючої рідини. Транспортер стружки охороняють від заклинювання шарових шарнірів, а від перенавантажень – передбачені запобіжні муфти. У муфті запобіжною ланкою є штифт, переріз якого розрахований на передачу відповідного крутного моменту.

При перевантаженнях цей штифт зрізається, виникає розрив відповідного кінематичного ланцюга і тим самим, запобігається пошкодження транспортера стружки.

Для зливу ЗОР передбачений запорний вентиль.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

### 4.3. Електробезпека проектового устаткування

Відповідно до правил встановлення електроустановок (ПУЕ), приміщення, де буде стояти проектований верстат, відноситься до класу приміщень особливо небезпечних. Внаслідок цього його можна характеризувати слідуючими ознаками:

- підвищена вологість;    - знаходження токопроводячого пилю;
- токопроводящі поли;    - хімічно – активне середовище;

Для виробничих приміщень з металорізальним обладнанням основними засобами захисту від ураження електричним струмом є наступні: забезпечення недоступності струмопровідних частин, які знаходяться під напругою, від випадкового дотику; знешкодження безпеки ураження при появі напруги на різних частинах обладнання в результаті використання малих напруг; використання подвійної ізоляції; занулення. В цеху з металоріжучим обладнанням використовують трьохфазну мережу з глухозаземленою нейтраллю напругою 220/380В.

Для такої мережі основними заходами, які забезпечують безпеку появи на неструмоведучих частинах обладнання є навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин обладнання (станин верстатів, корпусів електродвигунів), які можуть опинитися під напругою, вищою 42 В змінного струму, тобто занулення. Схема занулення обладнання наведена на рис.6.1.

Принцип дії занулення полягає в перетворенні замкнення на корпус обладнання в однофазне коротке замкнення, з метою спрацювання захисту автоматичного відключення пошкодженої установки від мережі живлення. Такий захист представляє собою плавкі запобіжники, які встановлюються перед обладнанням для захисту від струму короткого замикання. Згідно з правилами встановлення електроустановок опір заземлення нейтралі джерела струму повинен бути не більшим 4 Ом для мережі напругою 220/380 В, провідність нульового проводу – не меншою

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

половини провідності фазного проводу. Згідно з вимогами ГОСТ 12.2.009-80 опір ізоляції електрообладнання металорізальних верстатів в будь-якій точці повинен бути не меншим 1Мом, а ізоляції обмоток електродвигунів без підключених дротів – не менше 0,5 Мом. Вимірювання опору ізоляції повинне проводитись у виробничих умовах за допомогою мегометра 500-1000В.

Для металорізальних верстатів згідно з вимогами ГОСТ12.2.009-80 живлення рухомих світильників місцевого освітлення повинне бути 24 В.

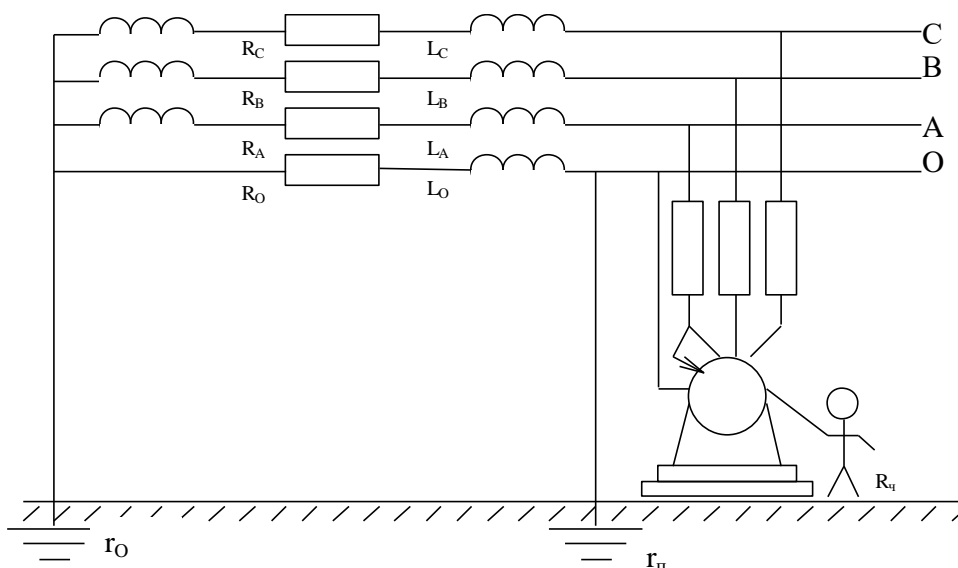


Рисунок 4.1 - Принципова схема занулення

У даній схемі функцію нульового проводу виконує багаторазово повторно заземлений контур заземлення, що крім забезпечення створення струму короткого замкнення в аварійний період сприяє зниженню напруги корпусу устаткування щодо землі до безпечної величини.

#### 4.4. Пожежна безпека

Підприємства машинобудівної промисловості нерідко відрізняються підвищеною пожежною небезпекою. Основною причиною пожежі при експлуатації проектного верстата є порушення технологічного режиму,

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			55

що пов'язано з великим різноманіттям і складністю технологічних процесів. Але також існують і інші причини пожежі, такі, як, несправність електрообладнання (коротке замкнення, перегрузки), самозапалювання промасленого ганчір'я, ремонт обладнання на ходу, конструктивні недоліки обладнання. Для тушіння осередку пожежі на обладнанні застосовують порошковий вогнегасник ОП-10.

Для гасіння мастильно-охолоджуючих рідин і масел застосовують вуглекислотний вогнегасник марки ОУ-8.

Сутність гасіння порошковим вогнегасником полягає в припиненні реакції горіння, в змішанні пару палаючих матеріалів і кисню в зоні горіння порошковою хмарою і газоподібними продуктами її розпаду. Для знаходження початкової стадії пожежі, повідомленні про її виникнення використовуємо теплові попереджувачі марки ДПС-038.

#### 4.5. Зменшення шуму і вібрації проектного устаткування

Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 нормування шуму за граничним спектром і за рівнем звуку встановлено допустимі для різних робочих місць рівні звукових тисків у восьми октавних полосах частот зі слідуєчими середньгеометричними частотами: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Нормуються характеристиками вібрації, що визначають її дію на людину, є середньоквадратичні значення віброшвидкості чи її логарифмічні рівні в октавних полосах частот. Для нормування вказаних параметрів загальної вібрації встановлені полоси зі середньгеометричними частотами 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Гц, а для місцевої вібрації – 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц. Гігієнічні норми вібрації впливу на людину у виробничих умовах наведені в табл. 4.3. Вони встановлені для тривалості робочої зміни 8 годин.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Таблиця 4.2. - Допустимі рівні шуму на робочому місці

Категорія працюючих	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних полосах зі середньгеометричними частотами, Гц								Рівень звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Робочі виробничих приміщень	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Таблиця 4.3. - Гігієнічні норми вібрації

Вид Вібрації	Осі, по яким нормується вібрація	Максимально допустимі середньоквадратичні значення віброшвидкості $V \cdot 10^{-2}$ , м/с і логарифмічні рівні вібростійкості $L_v$ , дБ в октавних полосах зі середньгеометричними частотами, Гц							
		2	4	8	16	31,5	63	125	250
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях	Вертикальна (по осі Z) чи горизонтальна (по осі X и Y)	1,3	0,45	0,22	0,2	0,2	0,2		
		108	99	93	92	92	92	---	---
		50	100	1					

Так як проєктований верстат відноситься до середніх верстатів ( $T=14500\text{кг}$ ), використовуємо віброізолюючі опори типу ОВ-31.

За табл. 9 с. 99 [ 2 ] вибираєм віброізолюючі опори, виходячи із знайденої висоти:

										Арк.
										57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	015Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

Таблиця 4.4. – Віброізолююча опора

Тип опори	Діаметр D, мм	Висота h, мм	Діаметр шпильки d, мм
ОВ-30-1-1	105	43	M12

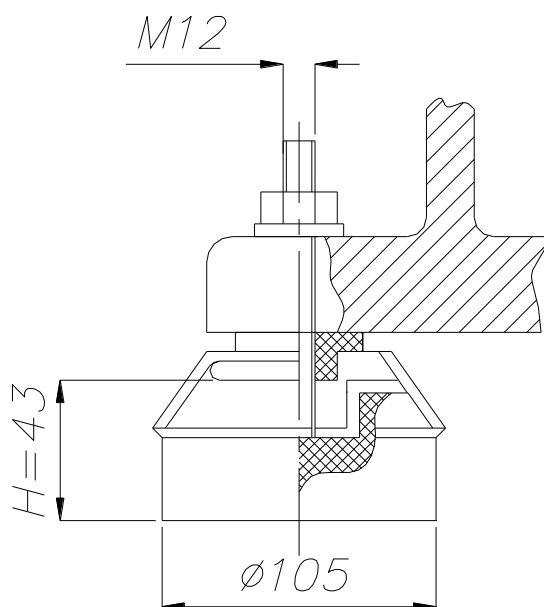


Рисунок 4.2 - Віброізолююча опора ОВ-30-1-1

#### 4.6. Розрахунок ефективності застосування віброізолюючих опор

Визначаємо навантаження на одну віброізоляційну опору верстата 1Б265П-6К:

$$P = \frac{m}{4}$$

де, m-маса верстата (m=14500 кг по паспорту верстата)

$$P = \frac{14500}{4} = 3625H$$

Так як параметри вібрації невідомі, необхідно виконати умову (с.160 [1]):

$$\frac{f_b}{f_c} = 3$$

						015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			58

Визначаємо частоту вимушених коливань:

$$f_b = \frac{n}{60}$$

де,  $n$ -частота обертання,  $\text{хв}^{-1}$

$$f_b = \frac{1600}{60} = 26,6 \text{Гц}$$

Тоді, частота власних коливань системи:

$$f_c = \frac{f_b}{3}$$

$$f_c = \frac{26.6}{3} = 8,88 \text{Гц}$$

Визначаємо коефіцієнт віброізоляції (див.с.97 [2]):

$$\eta_b = \frac{1}{\left[\frac{f_b}{f_c}\right]^2 - 1}; \quad \eta_b = \frac{1}{\left[\frac{26.6}{8.88}\right]^2 - 1} = 0,125 \approx 0,1$$

Визначаємо статичний осад системи по графіку (див. с. 161 [1])  
залежно від коефіцієнту її частоти вимушених коливань:

$$x_{cm} = 0,5 \text{см} = 0,005 \text{м}$$

Визначаємо потрібну висоту віброізоляторів (см. с. 161 [1]):

$$h = \frac{X_{cm} E}{\sigma},$$

де,  $X_{cm}$  -статичний осад системи, м;

$E$ -динамічний модуль пружності,  $\text{Н/м}^2$

$$(E=4.3 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2);$$

$\sigma$  - допустиме навантаження на стиск матеріалу прокладки

$$(\sigma = 5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2);$$

$$h = \frac{0.005 \cdot 4.3 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^5} = 43 \text{мм}$$

Підберемо переріз віброізолятора:

із умови міцності:  $F_p \geq \frac{P}{\sigma_p}$

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

де  $P$  – навантаження на віброізолюючу опору, Н;

$\sigma_p$  – розрахункова статична напруга, Н/м<sup>2</sup>

( $\sigma_p = 8 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>);

$$F_p \geq \frac{3625}{8 \cdot 10^5} = 0.0045 \text{ м}^2$$

Гасіння коливань виходить, якщо:

$$\frac{f_b}{f_c} > 2$$

$$\frac{26.6}{8.88} = 2.99 > 2$$

Визначаємо ефективність віброізоляції в децибелах (див.с.98 [2]):

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \left[ \left( \frac{f_b}{f_c} \right)^2 - 1 \right]$$

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \left[ \left( \frac{26.6}{8.88} \right)^2 - 1 \right] = 20 \cdot \lg 7.972 = 18.032 \text{ дБ}$$

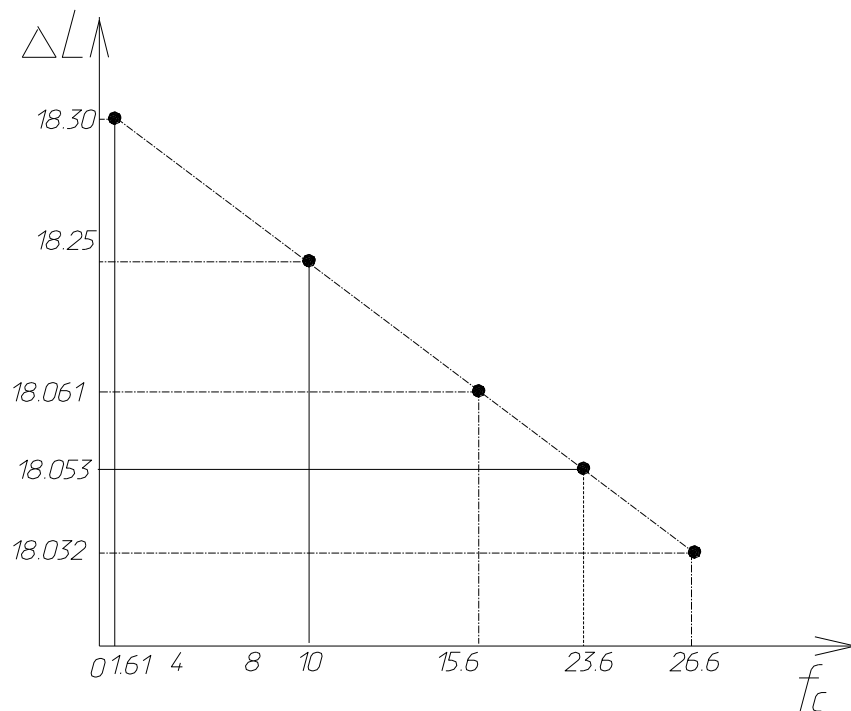


Рисунок 4.3 - Залежність ефективності віброізоляції від частоти обертання шпинделя

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційній роботі бакалавра виконано модернізацію багатошпиндельного токарного верстата для можливості розширення функціональних і технологічних можливостей.

В роботі зроблено патентний огляд вібраційних пристроїв подрібнення стружки, опис модернізованих вузлів і гідравлічної схеми, розрахункову частину, а також напрацьовані питання охорони праці. В першому розділі зроблено патентний огляд і проведено аналіз пристроїв подрібнення стружки, в другому розділі наведено опис вибраного пристрою подрібнення стружки, схеми гідравлічної і супорта поздовжнього. В розрахунковій частині проекту виконано розрахунок основних параметрів гідросупорта, статичний розрахунок гідроциліндра поздовжнього супорта, розрахунок пристрою подрібнення стружки і ін. Питання, пов'язані із захисними огороженнями, фарбуванням і блокуванням, що забезпечують безпечну експлуатацію проектного устаткування, обліком вимог санітарії й охорони навколишнього середовища при застосуванні мастильно-охолоджуючих технологічних засобів, електробезпекою проектного устаткування викладені в розділі охорони праці.

Виконані усі поставлені задачі, зокрема:

1. Розроблено пристрій для подрібнення стружки.
2. Розроблено державку для підрізки торця з подрібненням стружки.
3. Розроблено гідропривод переміщення поздовжнього супорта.
4. Розроблено гідравлічну схему верстата зі зміненими вузлами.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В.Д.Рудь, Т.Є.Божко, Т.Н.Гальчук. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 – Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр) / Навчальний посібник/ Під загальною редакцією професора В.Д.Рудя – Луцьк: Інформаційно-видавничий відділ Луцького НТУ. – 2017. – 500 с.
2. Кузнецов Ю. М., Придальний Б. І. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів. –Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 358 с.
3. Кузнецов Ю. М., Придальний Б. І. Проектування цільових механізмів маніпулювання верстатів нового покоління; 2-е видання– Луцьк: Вежа-Друк, 2014. — 428 с.
4. Joaquim Augusto Guerra Hamuyela, Kuznetsov Yu.N., Hamuyela T.O. Sintese Genetico-Morfologica de Porta-Mandris de Fixacao. Lushik: Veja- Imprensa, 2019. – 320 p.
5. Технологічна оснастка: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл. В. С. Медведєв, В. І. Тулупов, С. Г. Онищук – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 108 с.
6. Розробка технологічного процесу на прикладі виготовлення ступінчастого вала редуктора: Навчально-методичний посібник для виконання конструкторсько-технологічних розділів дипломного проекту бакалавра студентами спеціальності «Прикладна механіка» (спеціалізація «Інтегровані технології машинобудування») денної, заочної та дистанційної форм навчання / І.М. Пижов. – Х.: НТУ «ХП», 2018. – 91 с.
7. Технологічна оснастка: навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
8. Кушніров, П. В. Технологічна оснастка [Електронний ресурс] : навч. посіб. / П. В. Кушніров, А. В. Євтухов, І. М. Дегтярьов. — Суми :

										015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
											62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

СумДУ, 2020. — 140 с.

9. Петров О. В. Комп'ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
10. ГОСТ 3.1107 – 81. Опори, затискні та установочні пристрої.
11. Технологічна оснастка. Курс лекцій. Дичковський М.Г. Навчальний посібник -К.: Кондор, 2008. - 328с.
12. Черпаков Б. І. Техногічна оснастка: Підручник для установ серед. проф. освіти. – М.: Видавничий центр “Академія”, 2003. – 288 с.

					015Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63