

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 АВТОМАТА МОД. КА-456

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІМз-41  
Ловін Микола Анатолійович

(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**

Ловіну Миколі Анатолійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Розробка конструкції вузлів багатошпindelного токарного автомата мод. КА-456*

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, покращення технологічних параметрів багатошпindelних токарних автоматів

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

Реферат. Вступ. 1. Аналітичний огляд. 2. Конструкторська частина. 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. Механізм фіксації і затиску – 1 ф. А1; 2. Карта налагодження – 1 ф. А1; 3. Маніпулятор – 1 ф. А1; 4. Живник – 1 ф. А1; 7. Штіндельний вузол – 2 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>Аналітичний огляд</i>	<i>14.03.24</i>	
2.	<i>Конструкторська частина</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)

Ловін М.А.  
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Редько Р.Г.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Ловін М.А. Розробка конструкції вузлів багатошпindelного токарного автомата мод. КА-456. 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 літературний огляд, в якому наведені загальні відомості про токарні автомати, принцип роботи та обробки деталей, а також наведені основні методи і принципи підвищення техніко-економічних показників і розширення технологічних можливостей токарних автоматів. В конструкторській частині роботи проведений аналіз методів і схем розширення діапазону затискуваних прутків без переналагодження, обґрунтування розробок, зокрема обґрунтування застосування СЦП, застосування ДПП, застосування ШЦП, приведено опис механізму затиску і подачі прутка, опис пристрою самоналагоджувального цангового патрону, пристрою зведеного патрону подачі, і ін. В розрахунковій частині наведені розрахунки параметрів додаткового патрону подачі, самоналагоджувального цангового патрону, механізму фіксації, широкодіапазонного затискного патрону тощо. Також виконані розрахунки по розділу з охорони праці.

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

## ABSTRACT

Lovin M.A. Development of the design of nodes of a multi-spindle automatic lathe mod. KA-456. 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 sections, 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 literature review, which provides general information about automatic lathes, the principle of operation and processing of parts, as well as the main methods and principles of increasing technical and economic indicators and expanding the technological capabilities of automatic lathes. In the design part of the work, an analysis of methods and schemes for expanding the range of clamped bars without readjustment, substantiation of developments, in particular, justification of the use of STP, the use of DPP, the use of STP, a description of the mechanism of clamping and feeding of the bar, a description of the device of the self-adjusting collet chuck, the device of the double feed chuck, and others Calculations of the parameters of the additional feed chuck, self-adjusting collet chuck, locking mechanism, wide-range clamping chuck, etc. are given in the calculation part. Calculations for the section on labor protection have also been completed.

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

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД .....	12
1.1. Загальні відомості про токарні автомати .....	12
1.2. Принцип обробки деталей на багатошпіндельних автоматах ....	12
1.3. Цикл роботи і циклограма автоматів .....	16
1.4. Підвищення техніко-економічних показників і розширення технологічних можливостей токарних автоматів.....	17
1.4.1. Підвищення точності, надійності і швидкодії подачі пруткового матеріалу.....	17
1.4.2. Підвищення точності позиціонування робочих органів токарних автоматів .....	21
1.4.3. Підвищення точності і жорсткості затиску заготовок .....	22
1.4.4. Стабілізація і регулювання сили затиску заготовок .....	25
1.5. Обґрунтування і доцільність розробки .....	27
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	28
2.1. Аналіз методів і схем розширення діапазону затискуваних прутків без переналагодження .....	28
2.2. Обґрунтування розробок .....	39
2.2.1. Обґрунтування застосування СЦП .....	39
2.2.2. Обґрунтування застосування ДПП .....	40
2.2.3. Обґрунтування застосування ШЦП .....	40
2.3. Механізм затиску і подачі прутка (вар. 1) .....	41
2.4. Опис пристрою самоналагоджувального цангового патрону....	43
2.5. Опис пристрою здвоєного патрону подачі .....	44
2.6. Механізм затиску і подачі прутка (вар.2) .....	45
2.7. Опис пристрою ШДЗП .....	46
2.8. Опис пристрою СПрЗ .....	47

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

2.9.	Механізм затиску і подачі прутка .....	50
2.10.	Опис пристрою широкодіапазонного цангового патрону .....	50
3.	РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА .....	52
3.1.	Розрахунок параметрів додаткового патрону подачі .....	52
3.1.1.	Розрахунок цанги .....	52
3.1.2.	Розрахунок пружних елементів .....	53
3.2.	Розрахунок самоналагоджувального цангового патрону .....	55
3.3.	Розрахунок механізму фіксації .....	57
3.4.	Розрахунок широкодіапазонного затискного патрону (ШДЗП) .....	61
3.4.1.	Вибір конструктивних параметрів ШДЗП токарних модулів .....	61
3.4.2.	Силовий розрахунок патрону .....	63
3.4.3.	Розрахунок сумарної осьової сили затиску .....	64
3.4.4.	Розрахунок характеристик точності ШДЗП .....	66
3.5.	Розрахунок шпиндельного вузла і ШДЗП (з урахуванням податливості опор) .....	70
3.6.	Розрахунок на міцність деталей ШДЗП .....	72
3.6.1.	Розрахунок штока на розрив.....	72
3.6.2.	Розрахунок місця контакту плунжера і штока.....	73
3.6.3.	Розрахунок на зминання напрямних кулачка.....	74
3.6.4.	Розрахунок на зминання «Т» – подібних пазів кулачка.....	75
3.6.5.	Розрахунок на зріз болтів корпусу.....	75
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ .....	77
4.1.	Вступ .....	77
4.2.	Захисні огороження, фарбування і блокування, що забезпечують безпечну експлуатацію проектованого устаткування .....	78

4.3.	Автоматичне збирання стружки на багатошпindelних токарних автоматах .....	79
4.4.	Електробезпе́чність проєктованого устаткування .....	79
4.5.	Зменшення шуму і вібрації проєктованого устаткування .....	81
4.6.	Перелік вимог охорони навколишнього середовища при застосуванні змащувально-охолоджуючої рідини (СОР) .....	83
4.7.	Пожежна безпека проєктованого устаткування.....	84
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ .....		85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		86
ДОДАТКИ .....		88

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## ВСТУП

Задачі, які поставлені перед сучасним машинобудуванням, можна розв'язувати тільки при ефективному використанні технічно досконалого верстатного обладнання. Це в повній мірі відноситься до такої широко поширеної в багатьох галузях промисловості групи верстатів, як токарні багатошпindelні пруткові автомати і патронні напівавтомати. Розвитку цих верстатів сприяв ряд творчих рішень, таких як винайдення багатошпindelних токарних верстатів паралельної дії, револьверної головки, револьверного верстата, револьверного автомата і багатошпindelного токарного верстата з поворотним шпindelним блоком.

Конструкція токарних багатошпindelних автоматів постійно вдосконалювалась і, пройшовши довготривалий шлях розвитку, забезпечила цим верстатам наступні основні відмінні особливості:

- 1) достатньо високу продуктивність обробки; використання багатошпindelних автоматів замість універсальних токарних верстатів і одношпindelних автоматів в умовах масового та крупносерійного виробництва призводить до значної економії виробничих площ, робочої сили і заробітної плати;
- 2) високу точність обробки деталей, яка дозволяє забезпечити стабільні малі припуски для наступних чистових видів обробки, або безпосередньо отримати готові деталі з розмірами, що мають достатньо точні допуски;
- 3) широкі технологічні можливості, які дозволяють виготовляти на багатошпindelних автоматах деталі досить складної форми;
- 4) простоту в обслуговуванні (робота на багатошпindelних автоматах не потребує від оператора високої кваліфікації – як правило, один оператор другого-третього розряду працює на двох-

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трьох багатшпіндельних автоматах, а один налагоджувальник п'ятого-шостого розряду обслуговує п'ять-сім таких верстатів);

Переваги токарних багатшпіндельних автоматів сприяли їх широкому використанню в підшипниковій, автотракторній, арматурній, приладобудівній і інших галузях промисловості.

Ефективність проектування і впровадження передової технології, комплексна механізація й автоматизація процесів виготовлення металорізальних верстатів забезпечується широкорозвинутою спеціалізацією виробництва на основі агрегування, уніфікації і нормалізації деталей та цілих вузлів. Перевагою верстатів, що випускаються нашою промисловістю, є можливість вмонтовування їх в автоматичні лінії.

В токарних багатшпіндельних автоматах останніх моделей значно підвищена геометрична точність основних вузлів, жорсткість супортів і їх приводів, а також розширені їх технологічні можливості, що дозволяє здійснювати на них фрезерування і поперечне свердління при зупиненому шпінделі, подачу прутка в двох протилежних позиціях, різноманітні частоти обертання шпінделів в окремих позиціях обробки.

Крім вказаних переваг багатшпіндельні пруткові токарні автомати мають наступні недоліки:

- 1) подача прутка здійснюється (внаслідок проковзування подавальної цанги) з достатньо великим осьовим припуском, що приводить до зменшення коефіцієнту використання матеріалу;
- 2) дані автомати призначені для обробки каліброваних прутків, в яких відхилення (допуск) діаметру знаходиться в межах від 0,1 до 0,4 мм. При закріпленні гарячекатаних прутків, які є більш дешевими, виникають великі зусилля в механізмах затиску, що може привести до їх поломки.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

3) немає можливості вести автоматизовану обробку штучних заготовок (обробка штучних заготовок виконується напівавтоматами, а їх подача – вручну), на що витрачається додатковий час, а тому такі верстати неможливо організувати в автоматичні лінії.

Тому метою даної кваліфікаційної роботи є можливість затиску некаліброваних прутків, підвищення діапазону діаметрів заготовок, що затискаються, можливість автоматизованої обробки деталей, а також підвищення точності і зменшення собівартості обробки.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

#### 1.1. Загальні відомості про токарні автомати

Всі токарні багатошпиндельні автоматизовані верстати поділяють на дві великі групи: пруткові автомати і патронні напівавтомати.

Пруткові автомати призначені для виготовлення деталей із прутків і труб, а напівавтомати – для виготовлення деталей із штучних заготовок.. Номенклатура деталей, які можуть бути повністю або частково оброблені на автоматах, досить велика. Це різної форми штуцери, золотники, клапани, корпуси вентилів, шківни, маховики, фланці тощо.

Пруткові автомати після завантаження них оброблювальним матеріалом працюють за повністю автоматичним циклом до тих пір, доки не закінчиться матеріал. В ті моменти, коли матеріал використано хоч би в одному із шпинделів, виключається обертання розподільчого валу і над верстатом загоряється сигнальна лампа.

#### 1.2. Принцип обробки деталей на багатошпиндельних автоматах

Існує чотири принципи обробки деталей на багатошпиндельних автоматах: послідовний, паралельно-послідовний, паралельний, безперервний. Кожний із принципів визначає конструктивні особливості верстатів. Автомати, що працюють за принципом паралельної обробки, не мають поворотного шпиндельного блоку. Шпинделі цих верстатів розташовані в один ряд вертикально. Автомати, що працюють за принципом безперервної обробки, виготовляються тільки в спеціальному виконанні для автоматичних ліній.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Принцип послідовної обробки (який використовується на автоматі мод. 1Б216-6К) можна розглянути на прикладі обробки конкретної деталі (рис.1.1).

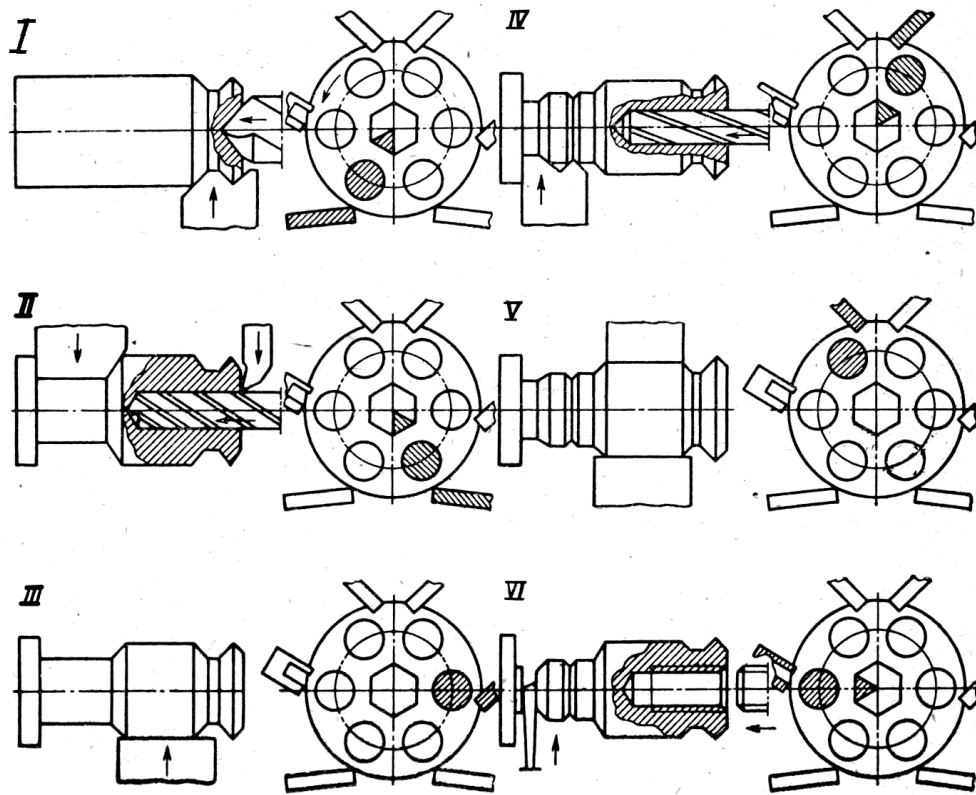


Рисунок 1.1 - Технологічний процес обробки деталі на багатощиндельному автоматі

В поворотному шпиндельному блоці обертаються затиснуті в шести робочих шпинделях шість оброблюваних прутків. Навпроти кожного із шпинделів розташовані поперечні супорти і одна із шести граней загального поздовжнього супорта із установленими на них ріжучими інструментами. Шпиндельний блок періодично повертається на  $1/6$  частину оберту в напрямку, вказаному стрілкою. Положення, які займає шпиндель при кожному черговому повороті, називаються позиціями обробки. Обробка закінчується в поз. VI. Тут готова деталь відрізається, оброблюваний пруток подається на потрібну довжину, і шпиндельний блок

повертається на 1/6 частину оберту. Пруток, який поданий для обробки, потрапляє в поз. I. Тут він оброблюється з поздовжнього супорта центровим свердлом, а з поперечного – фасонним різцем. Після завершення обробки інструменти відводяться, а шпиндельний блок повертається ще на 1/6 частину оберту. Оброблений в поз. I двома інструментами пруток переходить в позицію II, де оброблюється свердлом і підрізним різцем. В той же час в поз. I центровим свердлом і фасонним різцем оброблюється другий пруток, що поданий перед цим в поз. VI. Потім шпиндельний блок повертається ще на 1/6 частину оберту. Таким чином, пруток, який поданий в поз. VI, послідовно проходить поз. I, II, III, IV і V, де кожний раз оброблюється новим набором інструментів. В поз. VI обробка закінчується і деталь відрізається. Таким чином, в шпиндельному блоці автомата, що працює, одночасно в шести позиціях оброблюється шість прутків. Час обробки на всіх позиціях повинен бути однаковим. При кожному повороті шпиндельного блоку на одну позицію із верстата виходить одна готова деталь.

В приведеному прикладі деталь оброблюється десятьма інструментами, однак кількість інструментів залежить від форми деталі, що оброблюється, і може досягати двадцяти і більше.

Принцип паралельно-послідовної обробки використовується для деталей нескладної форми, обробка яких не потребує великої кількості інструментів і переходів. Для обробки таких деталей створено автомати, які працюють за паралельно-послідовним принципом обробки – це автомат з подвійною індексацією шпиндельного блоку і пруткові автомати з подвійною подачею оброблюваного матеріалу.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



послідовної обробки. В цьому випадку на них можна виготовляти деталі вдвічі довші, ніж на звичайних багатошпиндельних автоматах.

### 1.3. Цикл роботи і циклограма автоматів

Всі механізми автоматів, за виключенням приводів обертання, отримують рух від кулачків розподільного валу (РВ). За один оберт РВ здійснюється повний комплекс рухів механізмів автомату. При кожному наступному повороті розподільного валу всі рухи повторюються. Робочий процес, що здійснюється усіма механізмами автомату за один повний оберт РВ називається циклом обробки, а час, за який здійснюється цей процес – часом циклу. Час циклу вимірюється, як правило, в секундах.

Цикл роботи автомата ділиться на два періоди – швидкий хід і робочий хід. Цим періодам відповідають дві швидкості обертання РВ: швидку і робочу. Під час швидкого ходу здійснюються всі допоміжні рухи механізмів, рухи, що не пов'язані з процесом різання, а саме:

- 1) швидкий відвід всіх супортів від деталі, що оброблюється, в крайнє заднє положення;
- 2) розтискання заготовки;
- 3) подача оброблюваного матеріалу до упору;
- 4) затискання оброблюваного матеріалу і відвід упору у вихідне положення;
- 5) розфіксування шпиндельного блоку;
- 6) поворот шпиндельного блоку на одну або дві позиції, залежно від способу обробки (послідовного або паралельно-послідовного);
- 7) фіксація шпиндельного блоку;
- 8) швидкий підвід супортів.

Після того, як закінчується швидкий підвід супортів, РВ починає обертатись повільно, із швидкістю робочого обертання. Цю швидкість можна налагоджувати змінними зубчастими колесами.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Швидке обертання РВ для автоматів кожної моделі, як правило, є величиною постійною. Однак, в останній час з'явилися конструкції, в яких швидкість швидкого обертання РВ також налагоджується змінними зубчастими колесами.

Швидкий хід займає в циклі по куту повороту РВ 200-220°. Відповідно, на робочий хід залишається 160-140° циклу. Цикл роботи напівавтоматів відрізняється тим, що знімання готової деталі і завантаження верстата новою заготовкою здійснюється під час робочого ходу.

Для автоматів кожної моделі будується циклограма – графічне зображення положення кожного з механізмів верстата в будь-якій точці циклу. Цикл зображується в кутах повороту РВ.

#### 1.4. Підвищення техніко-економічних показників і розширення технологічних можливостей токарних автоматів

##### 1.4.1. Підвищення точності, надійності і швидкодії подачі пруткового матеріалу.

Точність подачі прутка в токарному автоматі мод. 1Б216-6К можна підвищити збільшенням жорсткості упору, кількості пелюсток подавальної цанги (або зменшенням їх жорсткості), а також пониженням розкиду жорсткості упору і цанг, зменшенням зведення пелюсток і коефіцієнтів зчеплення подавальних цанг з прутком.

При збільшенні кількості пелюсток  $z$  (або зменшенні їх жорсткості) діапазон допустимих відхилень діаметрів прутка  $\Delta d = d_{\max} - d_{\min}$  ( $d_{\max}$ ,  $d_{\min}$  – максимальний і мінімальний діаметри прутка) збільшується, а показник нестабільності сили  $\epsilon_p = \Delta P_{\text{п}} / \Delta d$  зменшується ( $\Delta P_{\text{п}}$  – різниця максимальної і мінімальної сил зчеплення), тобто збільшується запас на зношення при підвищенні точності подачі. Це є основний шлях для створення

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

широкодіапазонних подавальних цанг для токарних автоматів з ЧПУ, що вмонтовуються у гнучкі виробничі системи.

На рис. 1.3 наведені довговічні і широкодіапазонні подавальні патрони, в яких використовується багатопелюсткове і багаторядне охоплення прутка, що подається. При цьому в цанзі сила подачі  $P_{п}$  значно більша за силу набору  $P_{н}$  внаслідок ефекту закусування прутка.

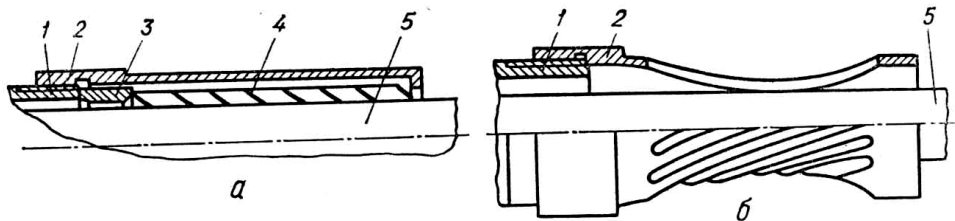


Рисунок 1.3 - Багатопелюсткові довговічні (а) і широкодіапазонні (б) подавальні цанги:

1- труба подачі; 2- корпус; 3- кільце; 4- штаповані корончасті багатопелюсткові втулки; 5- пруток

Основним елементом багатопелюсткових цанг є штапована корончаста багатопелюсткова втулка 4, яка розташована в корпусі 2, що зв'язаний з трубою подачі 1 (рис. 1.3, а). Багатопелюсткові подавальні цанги можуть бути уніфікованим елементом для подачі і підтримки прутка різної довжини в двох (спереду і позаду подавальної труби), трьох (і посередині подавальної труби) місцях або на усій довжині труби подачі (рис. 1.4), що суттєво підвищує надійність і довговічність механізму подачі прутка. При застосуванні багатопелюсткових цанг із штапованою пружною частиною значно економиться метал.

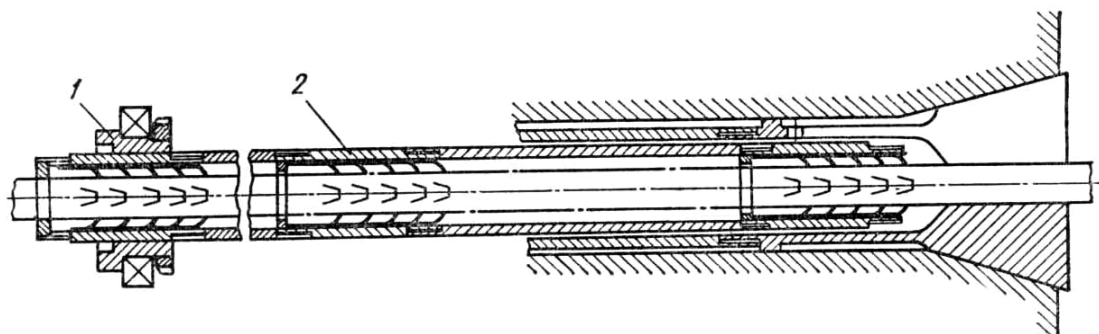


Рисунок 1.4 - Схема розташування уніфікованої багатопелюсткової подавальної цанги (1) в трубі подачі (2)

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

В подавальних цангах із скрученими пелюстками (див. рис. 1.3, б) для забезпечення зусилля затиску прутка використовується потенційна енергія попередньо зігнутих і закручених пелюсток. Пелюстки до скручення утворюються ненаскрізними розрізами на зубофрезерному верстаті. Такі цанги можна багатократно відновлювати додатковим скручуванням.

Точність подачі прутка до упора можна підвищити зменшенням величини відскоку при високій швидкодії. Для цього необхідно: змінити закон подачі так, щоб при підході до упора швидкість знижувалась; використати сили магнітного притягання сталю прутка до жорсткого упора; застосувати демпфуючий упор (рис. 1.5) із жорсткою основою, який містить рухому частину 1, що зустрічає пруток із попередженням  $\Delta=3\dots 8$  мм, нерухому частину 2 у вигляді порожнини 3, що заповнена рідиною, канали і клапани в поршні 4 для автоматичного регулювання характеристик дисипативного зв'язку.

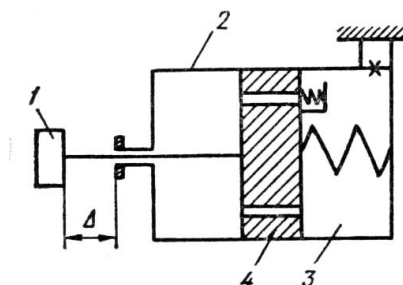


Рисунок 1.5 - Принципова схема демпфуючого упору для підвищення точності подачі прутка

Застосування демпфуючих упорів в БТА дозволило практично усунути відскок прутка від упора при зміні його кінетичної енергії до 1000 і більше разів і часу гальмування демпфером від 0,03 до 0,05 с.

На рис. 1.6 наведена покращена типова конструкція механізму подачі прутка. Привід механізму подачі прутка виконаний аналогічно приводу

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

багатошпindelного токарно-відрізного автомата. Куліса 6, що зв'язана з кулачком 7 на розподільному валі, дозволяє подвоїти хід на кулачку.

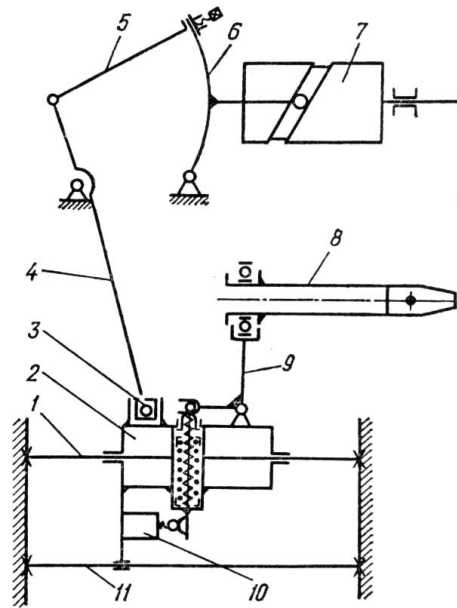


Рисунок 1.6 - Типова схема механізму подачі прутка БТА

Вона з'єднана з тягою 5, яка взаємодіє з важелем 4, який дозволяє збільшити подачу від куліси у 2-3 рази. Як наслідок цьому, хід кулачка можна за допомогою куліси 6 і важеля 4 збільшити у 6 разів. Така конструкція дозволить отримати будь-який хід повзуна подачі. Двохплечий важіль 4 через камінь 3 зв'язаний із повзуном подачі 2, що встановлений на двох круглих направляючих 1 і 11. Направляюча 1 призначена для переміщення шпинделем повзуна 2, а направляюча 11 – для запобігання провороту повзуна. На повзуні 2 встановлено запобіжно-блокувальний пристрій 9 у вигляді поворотного важеля, один кінець якого з'єднаний з трубою подачі 8, а другий – з кінцевим вимикачем 10 пристрою контролю наявності прутка.

										Арк.
										20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	016Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

1.4.2. Підвищення точності позиціонування робочих органів токарних автоматів.

Точність позиціонування робочих органів залежить від ряду факторів, степінь впливу яких можна визначити, якщо проаналізувати процес останову робочого органу масою  $m$  за координатою  $x$  (рис. 1.7), який рухається із швидкістю  $v$  від приводу  $M$  з часом спрацювання (відключення)  $t_{cp}$ .

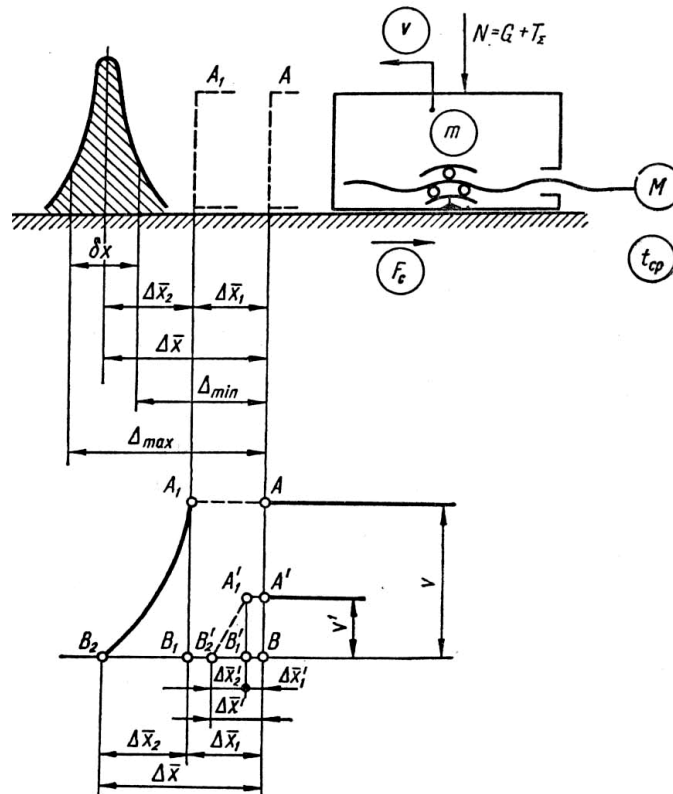


Рисунок 1.7 - Спрощена модель процесу позиціонування робочого органу поступальної дії

Після команди від системи ЧПК на останов робочий орган зміститься на величину  $\Delta\bar{x} = \Delta x_1 + \Delta x_2$ , де  $\Delta\bar{x}_1 = vt_{cp}$  – математичне очікування перебігу робочого органу із швидкістю  $v$  за час спрацювання  $t_{cp}$  системи відключення двигуна  $M$ ;  $\Delta\bar{x}_2$  – математичне очікування пробігу робочого органу після спрацювання (відключення) двигуна  $M$  за рахунок сил опору (гальмування).

Величина  $\Delta\bar{x}_2$  визначається з умови, що кінетична енергія робочого органу, що рухається,  $E=mv^2/2$  переходить в роботу сил опору  $A_c = F_c\Delta\bar{x}$ , тобто  $E = A_c$ , звідки  $mv^2 / 2 = F_c\Delta\bar{x}_2$ , а  $\Delta x_2 = mv^2 / 2F_c$ , після перетворення отримаємо:

$$\Delta\bar{x} = vt_{cp} + mv^2 / 2F_c$$

З цієї формули видно, що для підвищення точності позиціонування пониженням складових похибок останову необхідно:

- 1) понизити швидкість  $v$  підходу робочого органу до заданого положення. Для цього в приводах верстатів передбачені ланцюги повзучої (сповільненої) швидкості подачі  $v'$  або команди системи ЧПК з подачею  $v'$ , що дозволяє зменшити перебіг з величини  $\Delta\bar{x}$  до  $\Delta\bar{x}' = \Delta\bar{x}'_1 + \Delta\bar{x}'_2$  (рис.1.7), тобто  $BB'_2 = BB'_1 + B'_1B'_2$ ;
- 2) зменшити масу  $m$  рухомих частин робочого органу в момент відключення руху шляхом правильного вибору положення (місця) механізму відключення;
- 3) скоротити час спрацьовування  $t_{cp}$ , використовуючи швидкодіючі механізми;
- 4) підвищити сили опору  $F_c$  шляхом встановлення гальмівних пристроїв і затиском рухомих вузлів в момент відключення.

#### 1.4.3. Підвищення точності і жорсткості затиску заготовок.

Основні характеристики затиску (сила, жорсткість, точність, швидкодія) і їх відхилення залежать від багатьох факторів, які можна розділити на чотири групи.

До першої групи відносять характеристики заготовки (матеріал і його фізико-механічні властивості; відхилення розміру, форми і шорсткості поверхні, що затискається; маса, довжина, форма поперечного

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

перерізу тощо); до другої – принцип затиску, структура, схема і конструктивні параметри затискного механізму, що визначають вид силового потоку в системі привід-патрон, тип силового контуру затискного механізму, приводу, патрону і напрям зусилля затиску в системі патрон-деталь; до третьої – кінематичні і динамічні фактори (закони руху і маси ланцюгів); центробіжні сили неврівноважених частин; сили тертя, зчеплення і їх розкид і ін.

Нерівномірна жорсткість затискних елементів, наприклад, нерівномірність розрізки пелюсток і губок, яка визначається відношенням максимальних значень хорд або центральних кутів перерізу пелюстки, особливо впливає на перекіс (конусність). Так, при нерівномірності розрізки 5% перекіс збільшується в 3-4 рази.

При значному позитивному відхиленні діаметру оправки (0,4 мм) биття і конусність зменшуються, що пояснюється стабілізацією місць контакту, а відповідно, сили затиску. Із збільшенням бази затиску (довжини робочої частини трубки) радіальне биття і перекіс, пропорційний різниці биття на більшому і меншому вильотах, зменшуються майже лінійно. При рівних кутах конусів цанги і шпинделя довжина конусної частини незначно впливає на радіальне биття при  $\Delta d > 0$ , а при  $\Delta d \leq 0$  із збільшенням довжини конусної частини биття зменшується.

Жорсткість і радіальна точність затиску взаємопов'язані: із збільшенням жорсткості затиску радіальне биття зменшується. При закріпленні заготовки, діаметр якої більший на 0,5-1 мм діаметру робочого отвору цанги, жорсткість і радіальна точність максимальні, тому що контакти найбільш щільні.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Теоретично встановлено і експериментально підтверджено, що на жорсткість системи “патрон-деталь” значно впливає спосіб закріплення заготовки. Наприклад, коефіцієнт зацімлення заготовки, що консольно закріплена в цанговому патроні, при одинарному затиску коливається від 0,5 до 1,2 мм, при додатковій підтримці спеціальними пристроями – від 1 до 1,5мм, при подвійному затиску – від 1,5 до 2 мм. Як наслідок, зміна способу закріплення може суттєво підвищити жорсткість системи “патрон-деталь”, наприклад, застосування патронів з подвійним затиском або затиск по обидва боки зони різання.

Відмінною особливістю цангових патронів подвійного затиску є наявність двох рядів затиску, причому другий ряд може бути виконаним у вигляді нерухомої в осьовому напрямку додаткової цанги або додаткових губок. Конструкція цангового патрону подвійного затиску до БТА приведена на рис. 1.8. Даний патрон складається із основної 2 і додаткової 3 цанг, а також пружного елемента 4, розташованого між конусами двох цанг.

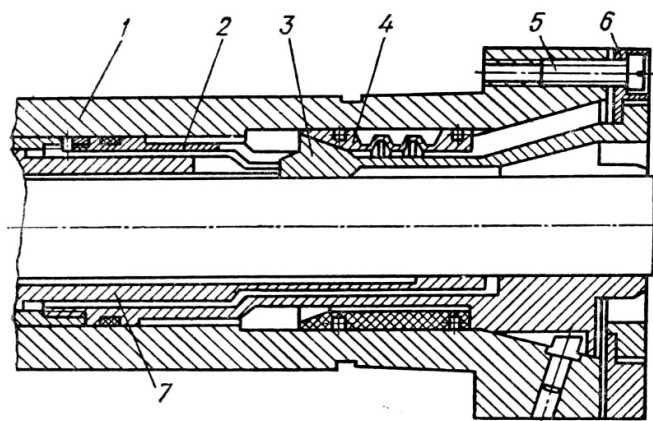


Рисунок 1.8 - Цанговий патрон подвійного затиску до багатошпindelного автомата

Цанга 3 закріплена до фланця 6, що приєднаний гвинтами 5 до шпинделя 1. Цанга 2 за допомогою труби з'єднана з приводом затиску.

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			24

Всередині труби розташована подавальна цанга 7, пелюстки якої після подачі прутка для скорочення довжини його залишку розміщені між губками додаткової цанги 3. Пружний елемент виконаний із гофрованої втулки, розрізаної на три сегменти. Прорізи заповнені резиновими прокладками, а сегменти утримуються двома браслетними пружинами або розрізними кільцями.

Даний патрон підвищує радіальну жорсткість системи “патрон-деталь” у 1,5-2,5 рази, понижує нестабільність радіальної жорсткості по кутовій координаті в 1,5-3,3 рази, зменшує припуски під наступну чистову обробку (шліфування), а також витрати на оброблюваний матеріал і на інструмент.

#### 1.4.4. Стабілізація і регулювання сили затиску заготовок.

Постійність сили затиску стабілізує жорсткість і точність системи “патрон-деталь”, а також підвищує точність обробки.

На токарних автоматах для затиску гарячекатаних прутків успішно застосовують самоналагоджувальні цангові патрони (СЦП). Налагодження СЦП здійснюється підпружиненими затискними елементами, які вибирають в системі привід-патрон-деталь зазори або зводять їх до мінімуму. СЦП отримані шляхом повного кутового розчленування (в поздовжньому напрямку) клинового затискного елемента і введенням пружних зв'язків (в осьовому напрямку) проміжного елемента (клина) із шпинделем верстата (корпусом патрону) або з основним затискними елементами (затискною цангою або кулачками патрону з різними передатно-підсилювальними ланками).

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Широкого поширення в токарних автоматах (в тому числі в автоматі 1Б216-6К) отримали високоточні СЦП з проміжною внутрішньою цангою (рис.1.9).

Патрони (рис.1.9) складаються із основної цанги 1 з конусним отвором в губках, де поміщена внутрішня двохрозрізна цанга 2. В конусному отворі основної цанги 1 і на конусній поверхні внутрішньої цанги 2 виконані кільцеві канали, в який встановлена пружна втулка 3. Патрон самоналагоджується в кутовому і радіальному напрямках, що робить його ефективним при роботі з круглими і профільними (шестигранними каліброваними і гарячекатаними) прутками. На цій основі розроблені і уніфіковані конструкції патронів для багатошпindelних (рис. 1.9,а) і одношпindelних токарних автоматів (рис. 1.9, б).

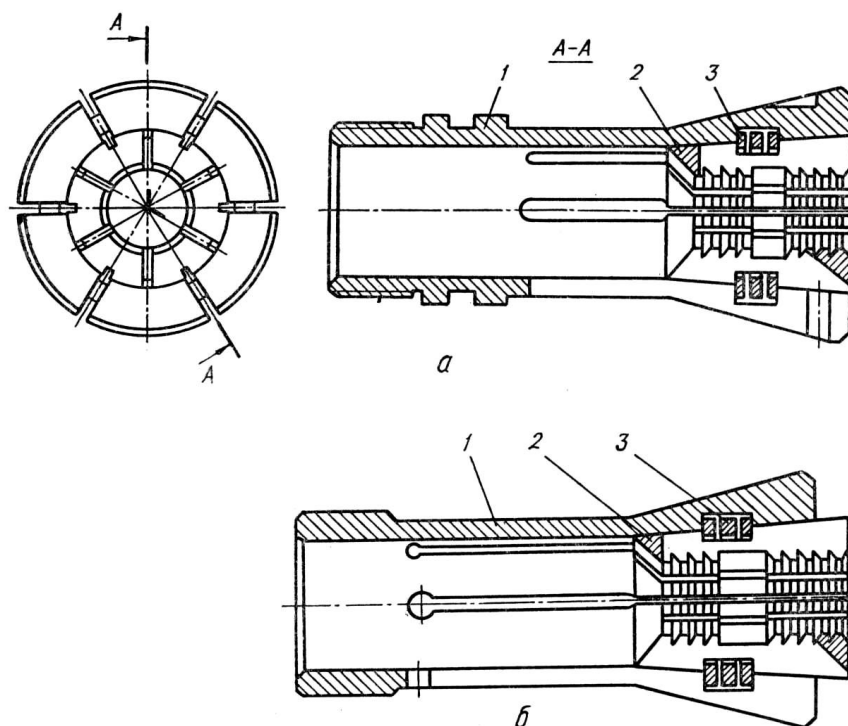


Рисунок 1.9 - Високоточні самоналагоджувальні цангові патрони до багатошпindelних (а) і одношпindelних (б) токарних автоматів

Самоналагоджувальні цангові патрони, які синтезовані методом повного кутового розчленування затискного елемента, автоматично

вибирають зазори і стабілізують як осьову, так і радіальну силу. Тому подальша робота в цьому напрямку дозволить створити більш точні і надійні затискні механізми для багатошпindelних токарних автоматів.

#### 1.5. Обґрунтування і доцільність розробки

Автомат токарний шестишпindelний, горизонтальний, патронний, спеціальний моделі КА-456 призначений для крупносерійного і масового виробництва із штучної заготовки однотипної деталі.

Даний токарний шестишпindelний автомат відноситься до автоматів послідовної дії. Усі процеси обробки на ньому цілком автоматизовані і вимагають тільки початкового налагодження і спостереження.

Заготовки можна одержувати методом лиття чи гарячого штампування, з мінімальним припуском на обробку, що дозволяє істотно знизити витрату металу для одержання деталей, скоротити тривалість циклу обробки, збільшити термін служби інструмента і час при контролюванні його зносу.

Останнім часом у машинобудуванні набуває ваги тенденція в потребі виробництва однотипних деталей у великих кількостях для конвеєрної зборки типових вузлів. Так у верстатобудуванні з'явилася потреба у виробництві надійних верстатів-автоматів.

Збільшення кількості шпindelів і супортів дозволяє збільшити кількість операцій на верстаті й істотно підвищити продуктивність

Основні технічні дані і характеристики верстата, а також загальні відомості про автомат наведені в додатку А. Будова і принцип роботи верстата і його складових частин наведені в додатку Б.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

## РОЗДІЛ 2

### КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз методів і схем розширення діапазону затискуваних прутків без переналагодження

Розширення діапазону затискуваних прутків значною мірою залежить від подавальних і затискних механізмів.

Відомий самоцентрувальний патрон (СЦП) (а.с. СССР №4868248), що містить корпус з нахиленими відносно осі патрону отворами, в яких розміщені з можливістю переміщення плунжери із сухарями, які мають клинові поверхні, які взаємодіють з клиновими поверхнями, виконаних на змінних затискних кулачках. Даний патрон містить, також, привод переміщення плунжерів. На плунжерах з протилежного боку клинових поверхонь виконані додаткові маси з порожнинами, що заповнені речовиною з високою питомою вагою, а між плунжерами, додатковими масами і похилими отворами корпусу з боку додаткових мас виконані зазори, які перевищують контактні зближення між плунжерами і корпусом. Недоліком вказаного патрону є те, що плунжер, який є в патроні, нетехнологічний і збільшує габарити патрону.

Існує також самоцентрувальний патрон (а.с. СССР №1349888), який містить корпус із розташованими під кутом отворами, в яких розміщені з можливістю осьового переміщення плунжери, оснащені затискними кулачками, привод переміщення плунжерів, на кінці одного з яких виконаний прямокутний виступ, спряжений з виконаним на плунжері скосом, а на другому плунжері, що зв'язаний з приводом їх переміщення, виконаний прямокутний виступ одного плунжера, що призначений для взаємодії із стінками пазу другого плунжера. Недоліком патрону є невеликий діапазон діаметрів затискуваних заготовок при використанні одного комплекту затискних кулачків, необхідність розточування кулачка

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

під кожний діаметр затискуваних заготовок, низька допустима частота обертання внаслідок наявності великих відцентрових сил, що розвиваються затискними кулачками з плунжерами в процесі обертання, великі габарити.

Патрони (а.с. СССР №1604510) мають корпус із розташованими під кутом отворами, в яких розміщені з можливістю осевого переміщення плунжери, зв'язані з ними змінні затискні кулачки, привод переміщення плунжерів, зв'язаній зі штоком. Між плунжером і змінними затискними кулачками, що радіально переміщаються, розміщені жорстко зв'язані з плунжерами сухарі, оснащені Т-подібними поверхнями під відповідні пази в змінних затискних кулачках, що контактують з прутком, причому кути нахилу плунжерів і Т-подібних пазів кулачків протилежні за напрямком.

Одним із основних недоліків, що присутні у вищевказаних патронах, є великі габарити. Одним із елементів патронів, що впливають на це, є плунжер, недоліки в конструкції якого не тільки збільшують габарити, але й ускладнюють технологію обробки деталей.

Для можливості затиску прутків декількох номінальних діаметрів без зміни цанги або вкладок застосовуються цанги, затискні елементи яких отримані методом розчленування трикутником, що створює ефект послідовної мультиплікації.

Прикладом може бути широкодіапазонна затискна цанга (рис.2.1,а). Вона складається із пружної частини 1, яка розділена на елементи 3 і 4 радіальними прорізами 5, і затискної частини 2, оснащеної конічною поверхнею 6, яка містить основні 7 і додаткові 8 затискні елементи. Останні розташовані між основними затискними елементами і утворені розрізами частини 2 по аксіальним площинам 9. Пружні елементи 3 та 4 загартовані в розтиснутому стані так, що бокові грані 9 додаткових елементів 8 із натягом прилягають до основних елементів 7. У зв'язку з меншою жорсткістю додаткові пружні елементи більше переміщуються в

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

радіальному напрямку, ніж основні. Для запобігання зіткнень основних елементів в процесі радіального переміщення на них виконані лиски 10. Додаткові елементи 8 мають фаски 11, розташовані в місці спряження бокових граней 9 і поверхні затискного отвору 12.

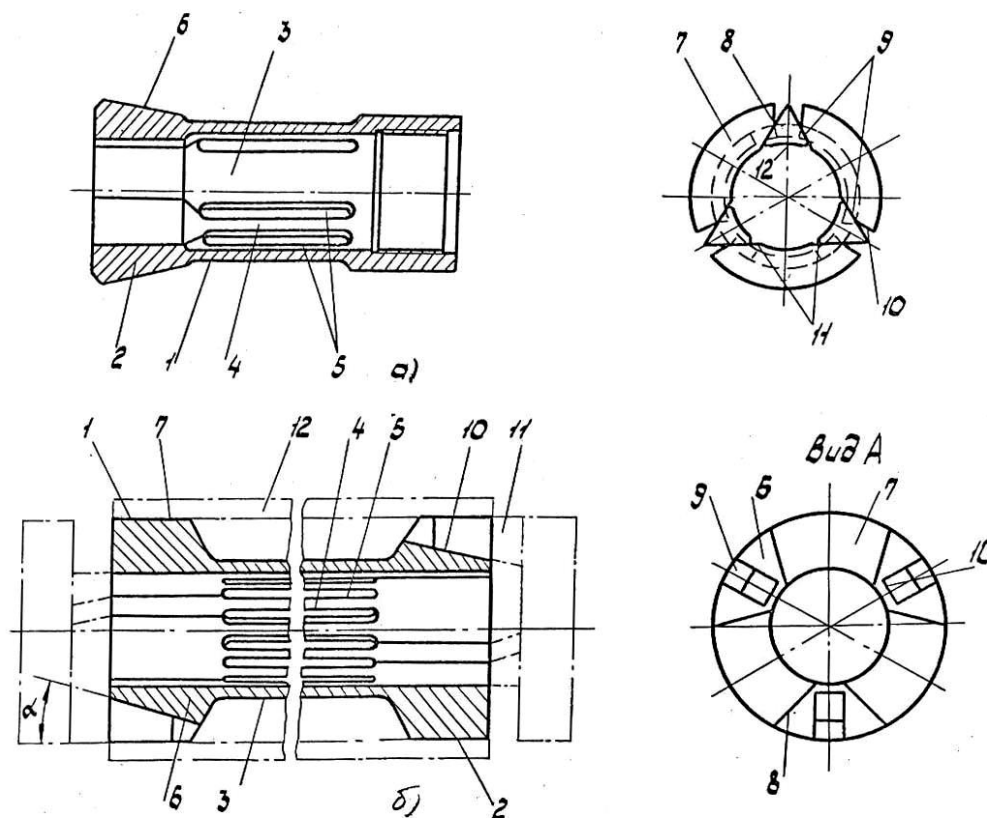


Рисунок 2.1 - Широкодіапазонні цанги

Затиск заготовок у верхньому діапазоні діаметрів здійснюється основними елементами 7 з радіусом кривизни отвору, що більший радіуса кривизни додаткових губок на 15-20%. Затиск заготовок в нижньому діапазоні діаметрів здійснюється додатковими губками.

Переваги таких цанг: широкий діапазон відхилення діаметрів  $\Delta d = 0,1 - 0,15d_n$  ( $d_n$  – номінальний діаметр заготовки); високі демпфуючі властивості завдяки наявності плоских стиків і сухого тертя; економія часу на заміну цанг і скорочення їх номенклатури; надійний затиск некаліброваних заготовок.

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Використання широкодіапазонних затискних цанг з мультиплікацією потребує збільшення ходу і потужності приводу затиску. Для затиску порожнистих деталей із середини з великими відхиленнями діаметру затискуваного отвору при забезпеченні високої жорсткості затиску призначені здвоєні розтискні цанги (рис. 2.1, б).

Цанга складається із двох циліндричних робочих частин 1, 2 і пружної частини 3, що складається із пружних елементів 4, що розділені радіальними шліцами 5. Робочі частини 1 і 2 містять затискні 6 і розтискні 7 пелюстки, отримані в результаті розрізу робочих частин по аксіальним площинам з отриманням бокових поверхонь 8. При цьому кожний розтискний пелюсток 7 однієї робочої частини утримується двома пружними елементами 4, між якими також розташовано пружний елемент, що утримує затискну пелюстку в другій робочій цанзі. На затискних пелюстках робочої частини під кутом  $120^\circ$  виконані пази 9 із утворенням похилих поверхонь 10.

При взаємодії клинових поверхонь 10 з клиновими елементами 11 приводу затиску пелюстки 6 отримують радіальне сходження, виштовхуючи назовні пелюстки 7 і забезпечуючи затиск деталі 12 зсередини у двох місцях по довжині.

Охоплення усього робочого діапазону діаметрів прутків на токарних автоматах можливий за рахунок багатокаскадності в патроні. Цанговий патрон з подвійною мультиплікацією (рис.2.2) складається із конусної втулки 1, розташованої всередині шпинделя 2 затискної цанги 3, яка містить основні затискні елементи 7 з надрізами, додаткові елементи 8, виконані як одне ціле з другою частиною цанги. Всередині цанги 3 розташована циліндрична цанга 4 з основними 9 і додатковими 10 затискними елементами. Робочий діапазон такого патрону обчислюється за формулою:

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta d = 2X_T \operatorname{tg} \alpha / \cos^2 \beta_y = 2X_T \operatorname{tg} \alpha / \cos^2 \frac{\pi}{z},$$

де  $X_T$  – хід труби затиску 6;

$\alpha$  – половина кута конусу цанги;

$\beta_y = \pi/z$  – половина кутового кроку між додатковими елементами в одному ряді;

Приймають  $\Delta d = 5-10$  мм.

Розширення  $\Delta d$  до 15-20 мм є можливим за рахунок збільшення каскадності затискних елементів, зміщених на величину кутового кроку (багато каскадний або багатоступінчастий клиновий мультиплікатор), а також за рахунок комбінації само наладки і мультиплікації.

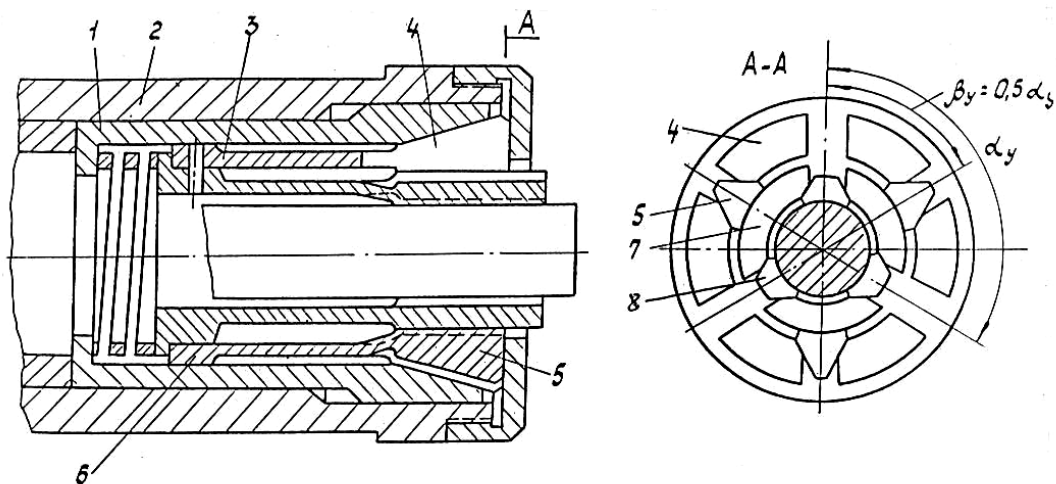


Рисунок 2.2 - Широкодіапазонний цанговий патрон з подвійною мультиплікацією

У патроні із самоналагодженням і одинарною мультиплікацією (рис.2.3) при переміщенні труби затиску 7 вліво конусна втулка 1 в шпинделі 2 наїжджає на конус цанги 3, при цьому клинові кулачки 4 переміщуються в радіальному напрямку на величину  $0,5\Delta d_1$ , а під дією пружин 5 за рахунок осевого зміщення (само налагодження  $X_c$ ) – на величину  $0,5\Delta d_2$ . Таким чином, патрон може перекрити діапазон діаметрів прутка від  $d$  до  $d_{\max}$ :

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32

$$\Delta d = \Delta d_1 + \Delta d_2 = 2(X_T \operatorname{tg} \alpha / \sin \gamma + X_c \operatorname{tg} \beta_k),$$

де  $\gamma = 90^\circ - \beta_y$  – половина кута нахилу грані кулачка до осі патрону.

Широкодіапазонні затискні механізми по діапазону затискних діаметрів, що вони охоплюють, без регулювання і зміни елементів патрону (приводу) можуть бути 5 типів:

1 тип – для одного точного розміру; в основному затиск різальних інструментів з циліндричним хвостовиком (наприклад, декілька затискних цанг на один номінальний діаметр);

2 тип – для каліброваної заготовки (холоднотягнутого прутка) одного номінального діаметру;

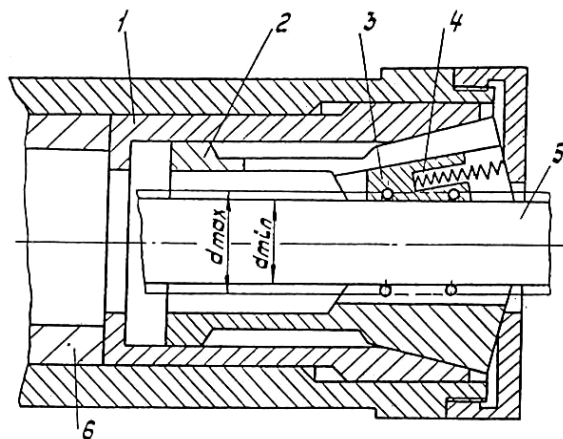


Рисунок 2.3 - Широкодіапазонний цанговий патрон з одинарною мультиплікацією і самоналагодженням

3 тип – для некаліброваної заготовки (гарячекатаного прутка) одного номінального діаметра;

4 тип – для двох і більше номінальних діаметрів заготовки;

5 тип – для усього діапазону діаметрів затискуваних діаметрів на верстаті.

З урахуванням змінюваних параметрів круглих деталей (діаметра і довжини) можливі 4 варіанти стану їх постійних і змінних значень. В показники широкодіапазонності ЗМ входить робочий діапазон діаметрів  $\Delta d$ , який визначається ходами приводів і затискних елементів патрону,

тобто їх передатним відношенням – кінематичною характеристикою  $U_n$ ,  $U_{пр}$ ,  $U_n$ . Таким чином, аналіз можливостей розширення діапазону  $\Delta d$  доцільно проводити, використовуючи алгебру логіки і теорію множин, що дозволяють розкрити своєрідну “алгебру” структур ЗМ як впорядковану множину елементів, ланок і вузлів з різноманітними зв’язками між ними – логічними відношеннями цієї множини.

Відмінною особливістю самоналагоджувальних цангових патронів (СЦП) є наявність проміжних клинових елементів з кутом  $\beta_k \leq \varphi$  ( $\varphi$  – кут тертя), рухомих в осьовому напрямку, що забезпечує затиск гарячекатаних прутків і штучних заготовок з великими відхиленнями діаметру (1-3 мм і більше). Схеми СЦП з різними зв’язками приведені на рис.2.4.

Патрони (рис. 2.4, а), що містять цангу 1, клини 2 з кутом в межах кута самогальмування, що підпружинені пружиною 4 відносно упорного диска 3, доцільно застосовувати на багатошпindelних токарних автоматах. Для одношпindelних токарних автоматів доцільно застосовувати СЦП з натискною втулкою 5 (рис.2.4, б), де упором для пружин 3 є гайка 4, нагвинчена на шпindel. Для затиску тонкостінних труб з рівномірною розподіленою зусиллям вигідно застосовувати патрон (рис. 2.4, в) з кількістю 6, 9 допоміжних клинових елементів, і навіть більшою, розташованих у вікнах фланця і підпружинених, наприклад, мембраною 4. Для підвищення жорсткості затиску за рахунок збільшення бази доцільно застосовувати СЦП зі шпонкою 6 в пазах цанги 1 (рис. 2.4, г), з додатковою рухомою цангою 3 (рис. 2.4, д), зусилля якій передається від конусної підпружиненої втулки 7, і з плаваючим люнетом у вигляді здвоєних клинів 9 і 10, підпружинених пружиною 8 (рис. 2.4, е). Для підвищення технологічності конструкції і зручності зборки в цанзі 1 (рис. 2.4, ж) доцільно виконати конічний отвір і по два штифти, що входять у поздовжній паз; клин 2 підпружинений двома пружинами 3, що відштовхуються від дискового упора 4, виконаного складеним.

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

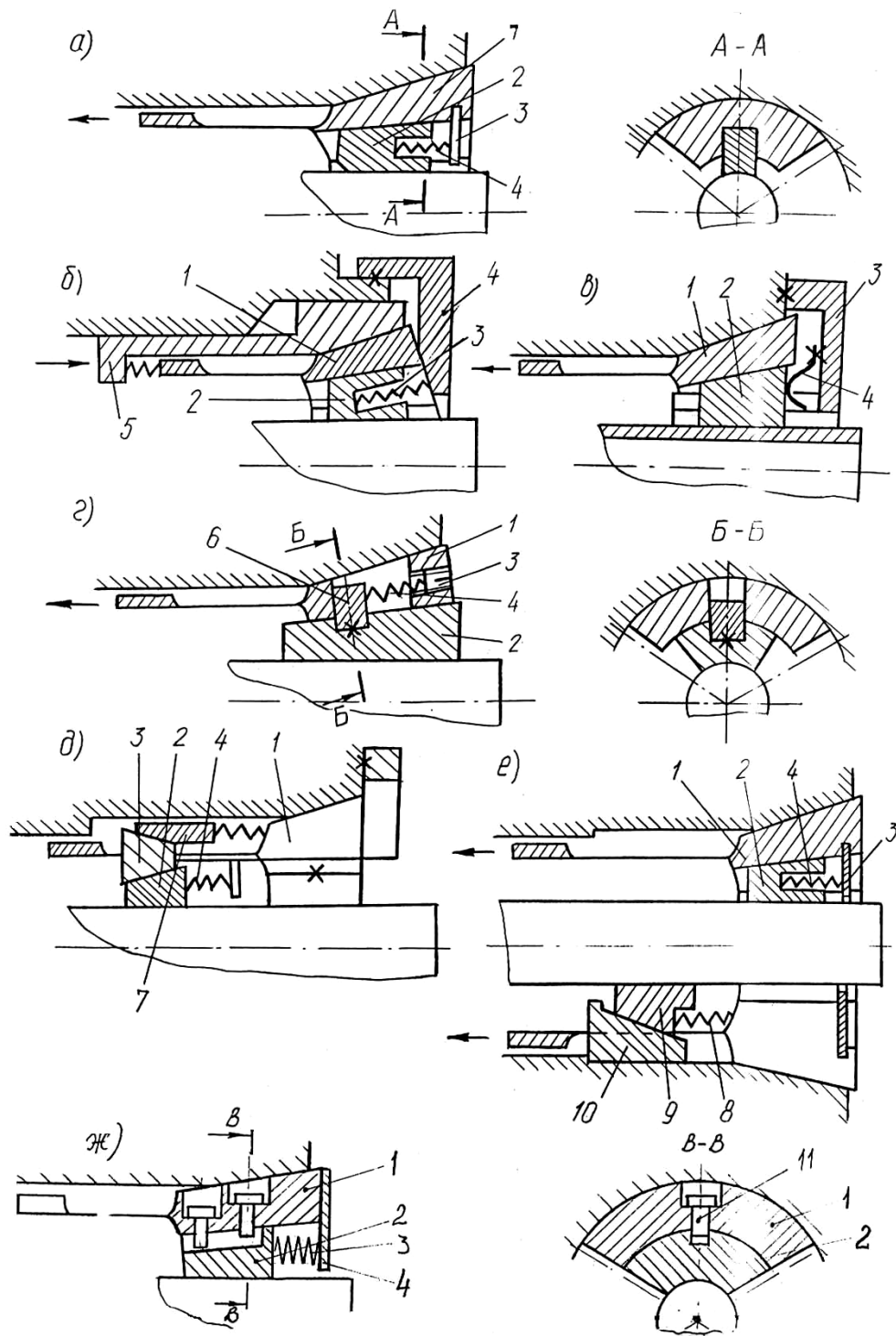


Рисунок 2.4 - Схеми самоналагоджувальних цангових патронів

Додаткові переваги СЦП: висока осьова точність затиску; підвищення швидкодії затиску в 2-5 разів; зниження зусилля ручного затиску у 2-3 рази; підвищення довговічності патрону по міцності і зносостійкості у 5-10 разів і більше; регламентований по силі затиск; скорочення часу на

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			35

переналагодження верстата за рахунок скорочення комплектів змінних елементів.

Патрон (рис. 2.5, а) складається із затискної цанги 1 тягнучого типу, клинів 2, пружних кілець 5 і 6, пружин 3 і дискового упору 4. В губках затискної цанги виконані поздовжні пази під кутом  $\beta_k = 4-8^\circ$ , близьким до кута самогальмування при терті-ковзанні. В пазах розташовані клини 2. Пружні кільця 5 вставлені в канавки клинів з осьовим зазором, а пружне кільце 6 – в канавку губок цанги з радіальним зазором. Пружини 3 розміщені в отворах клинів 2 і стиснуті дисковим упором, що установлений в кільцевій канавці цанги. При розтиснутій цанзі клини під дією пружин 3 автоматично вибирають радіальний зазор між похилими пазами цанги і прутком 7. Після подачі прутка і спрацювання приводу затиску пруток за допомогою клинів затискується з визначеною постійною радіальною силою, яка не залежить від відхилення його діаметра.

Синхронний осьовий рух клинів 10 (рис. 2.5, б), що утримуються від випадання пружинним кільцем 2, може бути забезпечений введенням сепаратора 1, зв'язаного через штифти 3, 5 і пружини 4 з цангою 6, що упирається в гайку 11. Затиск прутка 7 після його подачі цангою 8 здійснюється при переміщенні конусної втулки 9 вправо від приводу затиску. Клини 3 (рис. 2.5, в) можуть бути жорстко зв'язані гвинтами 5 зі шпонками 4, що розміщені в пазах цанги 1 і оснащеними напрямними штифтами 6 під пружини 7, натяг яких забезпечується гвинтами 8. Утримування клинів від випадання і їх розтиск забезпечується двома пружинними кільцями 2.

Суттєве підвищення довговічності патронів при затиску каліброваних прутків на одно- і багатошпindelних токарних автоматах досягається виконанням в СЦП проміжних клинових елементів у вигляді додаткової багатопелюсткової цанги 2 (рис. 2.6, а), розрізаної з двох боків і розміщеної в конічному отворі затискної цанги 1. Штифти 3 призначені

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

для орієнтування цанги 2 відносно цанги 1, а також для розкриття цанги 2 при її осьовому переміщенні під час подавання прутка.

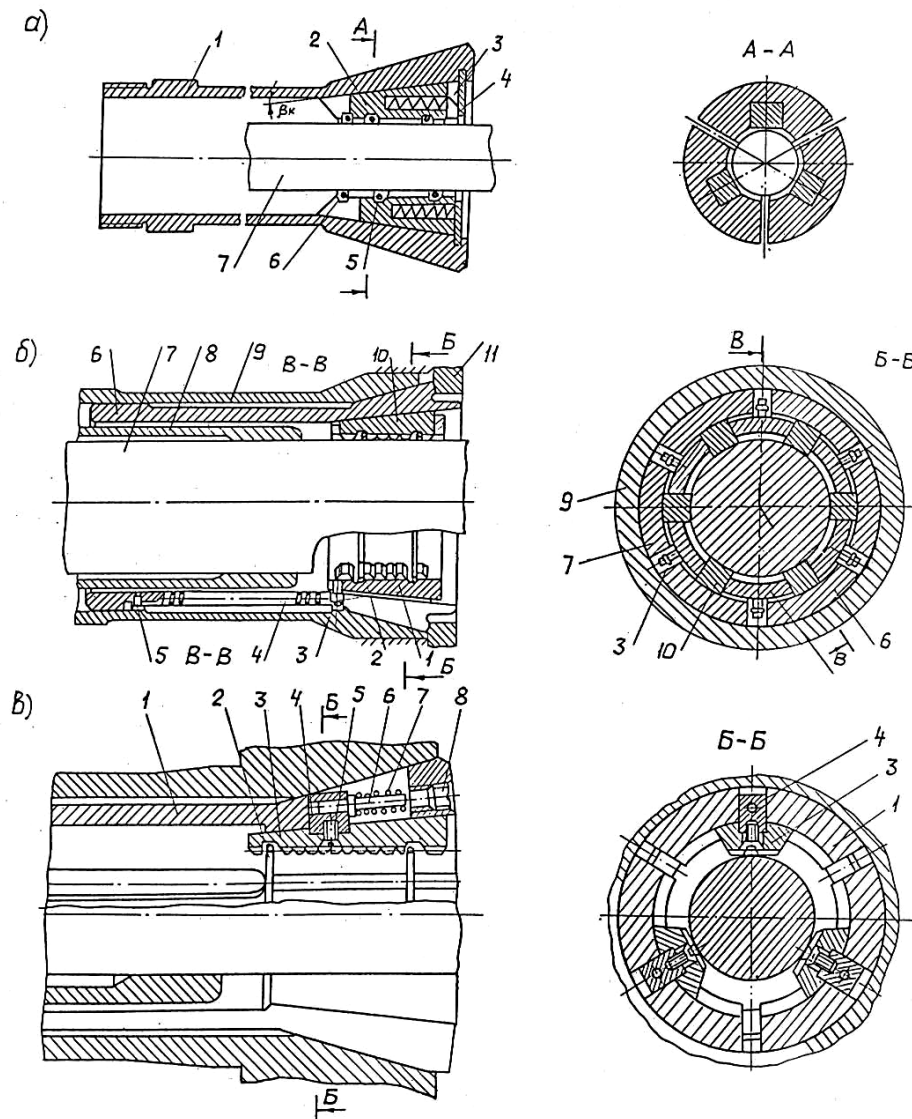


Рисунок 2.5 - Самоналагоджувальні цангові патрони з плоскими клинами (а), підпружиненим сепаратором (б), сегментними клинами (в)

СЦП різних конструкцій повинні отримати широке поширення в пруткових та патронних автоматах. Основною особливістю патронів для затиску тонкостінних деталей є збільшення кількості затискних елементів до 9 і більше, що суттєво підвищує точність затиску заготовок. Для забезпечення діапазону відхилення діаметрів до 0,5-2 мм використовується принцип самоналагодження.

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

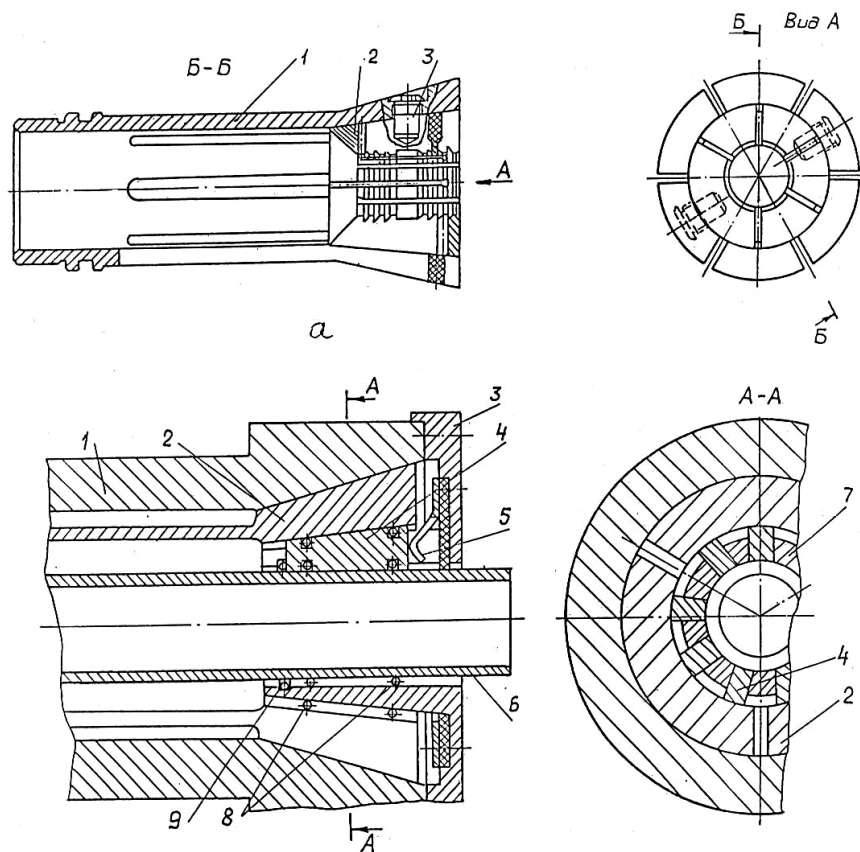


Рисунок 2.6 - Самоналагоджувальні цангові патрони для багатшпindelьних токарних автоматів із багатопелюстковою цангою (а), з клиновими кулачками (б)

Патрон (рис. 2.6, б) із розміщеної в шпинделі 1 затискної цанги 2, з якою жорстко зв'язаний фланець 3 поздовжніми прорізами під клинові кулачки 4, що утримуються в зборі пружинними кільцями 8, мембрани 7 з пелюстками 5, що відігнуті в сторону кулачків 4. Осьове переміщення кулачків обмежене пружинним кільцем 9. При розтиснутій цанзі кулачки 4 під дією пелюсток 5 мембрани 7 всередину конічного отвору цанги і щільно заповнюють простір між губками цанги і заготовки – трубою 6. При затиску цанга 2 зміщується вліво на невелику глибину, необхідну для створення радіального зміщення кулачків на величину контактних зближень, що відповідають необхідному зусиллю затиску. Патрон забезпечує регламентований по силі затиск тонкостінних труб з відхиленням діаметра до 0,5-1 мм.

										Арк.
										38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	016Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

СЦП повинні стати основною конструкцією патронів одно- і багатошпindelних токарних автоматів замість стандартних. Широке впровадження СЦП дасть: великий економічний ефект за рахунок переведення обробки ряду деталей на токарні автомати; економію металу; підвищення довговічності патронів і зниження їх кількості; скорочення часу на налагодження і переналагодження; підвищення продуктивності.

## 2.2. Обґрунтування розробок

### 2.2.1. Обґрунтування застосування СЦП.

Самоналагоджувальний цанговий патрон застосовується з метою забезпечення високої осьової точності затиску, підвищення швидкодії затиску, зниження зусилля ручного затиску, підвищення довговічності патронів і зменшення їх кількості (для забезпечення затиску діаметрів заготовок діапазоном від 12 мм до 25 мм самоналагоджувальних цангових патронів буде потрібно 7 комплектів, а стандартних затискних цанг – 14 комплектів); скорочення часу на налагодження і переналагодження (наявність самоналагоджування).

Застосування СЦП забезпечує надійний затиск гарячекатаних прутків і штучних заготовок з великим відхиленням діаметра (1-3 мм і більшим).

СЦП має основну цангу з конусним отвором в губках, де знаходиться внутрішня двох розрізна цанга. В конусному отворі основної цанги і на конусній поверхні внутрішньої цанги виконані кільцеві канали, в яких установлена пружна втулка.

Висока точність затиску досягається за рахунок об'єднання функції сепаратора і клинових елементів, а також введення проміжної внутрішньої цанги.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

### 2.2.2. Обґрунтування застосування ДПП.

Застосування додаткового патрону подачі (ДПП) може бути використане для подавання як каліброваного, так і некаліброваного гарячекатаного прутків.

Здвоєний механізм подачі прутка відрізняється від відомих тим, що додатково введено патрон подачі, розташований на трубі подачі і зв'язаний через трубу подачі з багатопелюстковою цангою, що розташована поблизу затискного патрону. З метою розширення діапазону діаметрів прутків, що подаються, патрон подачі, розташований зі сторони привода, виконаний у вигляді корпусу із закріпленою із середини конічною втулкою, більший діаметр якої повернутий до упора, і цангою, губка якої виконана із зовнішньою конічною поверхнею. За допомогою пружини губка цанги притиснута зовнішньою поверхнею до конічної поверхні, а внутрішньою поверхнею – до прутка.

Застосування пристрою подачі із розподіленими по довжині прутка силами зчеплення, суттєво покращує динамічні характеристики механізму подачі, так як довгий пруток подається в зону обробки подавальною цангою і цангою додаткового патрону, а короткий пруток – тільки подавальною цангою.

Дана схема дозволяє зменшити величину проковзування прутка при подачі і підвищити довговічність подавальних цанг.

Введення додаткового патрону різко зменшить вібрації прутка, що передаються шпинделю.

### 2.2.3. Обґрунтування застосування ШЦП.

Широкодіапазонні цангові патрони (ШЦП) призначені для можливості затиску прутків декількох номінальних діаметрів без зміни цанг або вкладок до них.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги таких цанг перед звичайними полягають в наступному: широкий діапазон відхилень закріплюваних діаметрів, високі демпфуючі властивості завдяки наявності рухомих плоских стиків з сухим і в'язким тертям; економія часу на заміну цанг і скорочення їх номенклатури (для затиску діаметрів заготовок в діапазоні от 12 мм до 25 мм ШЦП потребується 3-4 комплекти, а стандартних затискних цанг – 14 комплектів), надійний захист некаліброваних заготовок.

При затиску прутків різного діаметру досягається широкодіапазонність за рахунок застосування затискних елементів у вигляді оболонки, що охоплюють пруток ШЦП забезпечують надійний затиск пруткової заготовки з діапазоном відхилення діаметрів до 3-5 мм.

### 2.3. Механізм затиску і подачі прутка (вар. 1)

На четвертому листі зображено перший варіант шпindelної бабки (ШБ) із СЦП. Це змінений варіант: замість стандартної затискної цанги пропонується СЦП, що дозволяє за рахунок наявності клинових елементів, рухомих в осьовому напрямку, забезпечити надійний затиск гарячекатаних прутків і каліброваних прутків – круглих і з гранями, з великими відхиленнями діаметрів (1-3 мм). Застосування СЦП дозволяє зекономити метал, підвищити довговічність патронів і знизити їх кількість, підвищити продуктивність праці.

Для подачі прутка пропонується ДПП (опис пристрою дивись далі), за допомогою якого довгий пруток (від 1 до 4 м) буде подаватись у двох місцях, а короткий (до 1 м) – в одному.

Ще одна перевага ДПП – всередині патрону розташована плаваюча цанга, яка автоматично налагоджується на потрібний розмір прутка. Це дозволяє покращити подачу, знизити биття вільного кінця прутка, підвищити жорсткість затиску, а, відповідно, і режими обробки.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В цьому варіанті запропоновано шариковий (роликівий) привод затиску з геометричним замиканням.

Кінематична схема механізмів подачі і затиску прутка наведена на рис. 2.7, де позначено: 1 – електродвигун;

- 2 – черв'ячна передача;
- 3 – кінцевий вимикач;
- 4 – кулачок подачі;
- 5 – важіль подачі;
- 6 – повзун;
- 7 – додатковий патрон подачі;
- 8 – кулачок затиску;
- 9 – важіль затиску;
- 10 – муфта геометричного замикання;
- 11 – кульки;
- 12 – регулювальна гайка на трубі затиску;

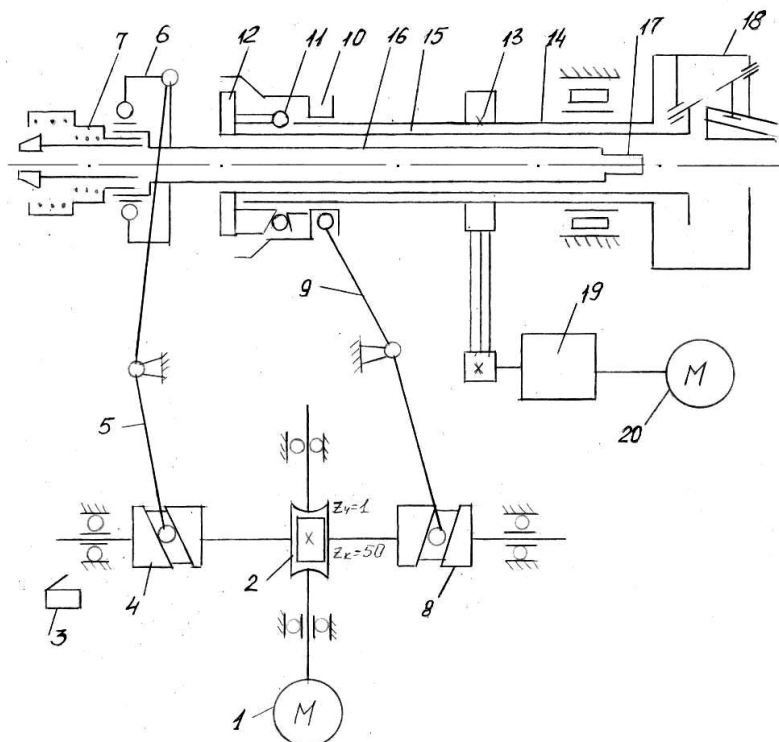


Рисунок 2.7 - Кінематична схема механізмів подачі і затиску прутка

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			42

- 13 – приводний шків;
- 14 – шпindelь;
- 15 – труба затиску;
- 16 – труба подачі;
- 17 – цанга подачі;
- 18 – затискний патрон;
- 19 – коробка швидкостей;
- 20 – електродвигун головного руху.

#### 2.4. Опис пристрою самоналагоджувального цангового патрону

Самоналагоджувальний цанговий патрон (рис. 2.8) складається із основної цанги 1 з конусним отвором в губках, де поміщена внутрішня двох розрядна цанга 2. В конусному отворі цанги і на конусній поверхні двох розрізної цанги виконані кільцеві канавки, в яких установлена пружна втулка 3. Патрон збирають в положенні, коли цанга 1 знаходиться зовні шпинделя.

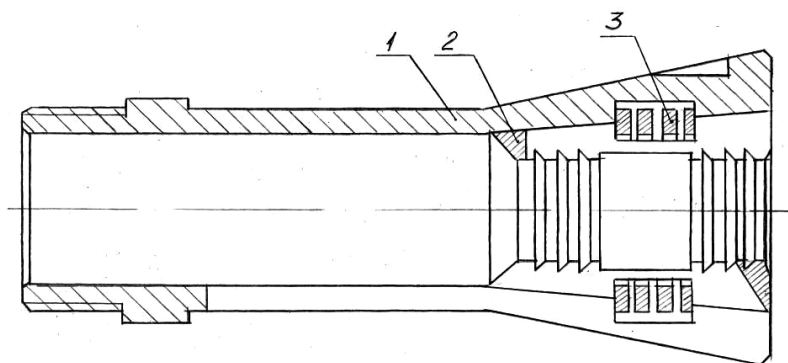


Рисунок 2.8 - Високоточний самоналагоджувальний цанговий патрон

Патрон само налагоджується в кутовому і радіальному напрямках, що робить його ефективним при роботі з круглими і профільними прутками.

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			43

## 2.5. Опис пристрою здвоєного патрону подачі

В стакан труби подачі 9 установлюється спеціальна цанга 3 (рис. 2.9), підпружинена пружиною 4. Цанга 3 всередині взаємодіє з прутком 1 і зовнішньою поверхнею губок – з конічною втулкою 5, зв'язаною з рухомим в осьовому напрямку стаканом 6, який підпружинений пружиною 7, що установлена в отворі зовнішньої обойми 8.

Пристрій працює наступним чином. При відсутності прутка цанга 3 знаходиться в крайньому лівому положенні. При заправці прутка труба подачі взаємодіє з цангою 3, відводячи її вправо до тих пір, доки внутрішній діаметр цанги, який збільшується по мірі руху останньої вправо внаслідок пружності пелюсток, настане дорівнювати діаметру прутка. Таким чином, цанга автоматично налагоджується на розмір прутка. Діапазон розмірів прутка визначається величиною ходу цанги 3 і величиною кута нахилу внутрішньої поверхні втулки і губки цанги.

Пруток переміщують далі вправо і заправляють в подавальну цангу. При наборі прутка труба подачі з додатковим патроном і подавальною цангою переміщається вліво, сковзаючи по зовнішній поверхні прутка. Цанга 3 під дією пружини 4 і сил зчеплення з прутком здійснює зворотно-поступальний рух, відслідковуючи розмір прутка.

При подачі прутка труба подачі переміщується вліво. Цанга 3 заклинюється у втулці 5 і разом з подавальною цангою подає пруток в зону обробки на задану довжину.

Коли довжина прутка стане меншою довжини труби подачі, то пруток виходить із цанги 3 додаткового патрону подачі, і працює тільки подавальна цанга.

Якщо в процесі подачі виникає перевантаження, наприклад, в результаті удару прутка в упор, то спрацьовує запобіжний пристрій. Пруток проковзує до подавальної цанги 2 і більш щільно заклинює цангу 3 додаткового патрону подачі у втулці 5. Остання разом з плаваючим

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

стаканом 6 взаємодіє з пружинами 7, стискує їх, переміщує вліво, зменшуючи, таким чином, силу заклинювання між цангою і втулкою.

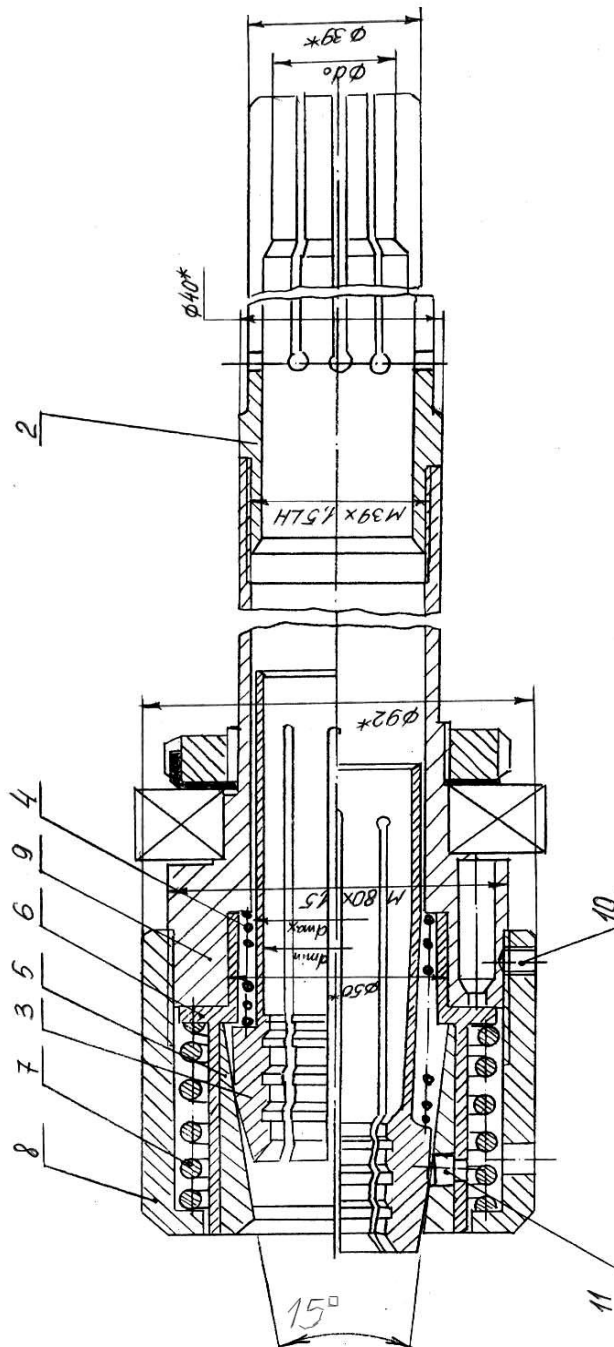


Рисунок 2.9 - Допоміжний патрон подачі

## 2.6. Механізм затиску і подачі прутка (вар.2)

На 5-му листі зображена наступна лінія шпіндельна бабка – широкодіапазонний затискний патрон. Тут допоміжний привод подачі

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			45

залишається замість кулькового приводу затиску з геометричним замиканням. Використовується самоналагоджувальний привод затиску (СПрЗ) із геометричним замиканням. Він призначений для автоматичного вибору зазорів між затискними елементами і прутком шляхом зміни сумарної висоти двох напівмуфт, які взаємодіють між собою, а також для наступного затиску.

Переваги самоналагоджувального приводу затиску – розширення діапазону діаметрів заготовок, які затискаються без переналагоджування затискного патрону; збільшення ходу приводу з 3-4 мм в стандартного до 12 мм у СПрЗ.

В цьому варіанті пропонується широкодіапазонний затискний патрон. Переваги його у порівнянні із стандартною затискною цангою – закріплення пруткових заготовок у на всьому діапазоні діаметрів; підвищення довговічності і зменшення кількості (для діапазону діаметрів 12-25 мм стандартних затискних цанг є необхідним 14 комплектів, а широкодіапазонних цангових патронів – 1).

## 2.7. Опис пристрою ШДЗП

Широкодіапазонний затискний патрон призначений для закріплення пруткових і трубних заготовок на усьому робочому діапазоні діаметрів. Принцип роботи патрона (рис. 2.10) полягає у використанні ефекту двох підсилювальних ланок (плунжерної і клинної).

Закріплення прутка 7 виконується при переміщенні штоку 1 в крайнє ліве положення, внаслідок чого плунжери 2 отримують осьове і радіальне переміщення по отворах в корпусі 3, розташованих під кутом  $\alpha$  до осі патрону, а затискні кулачки 6 – радіальне переміщення до центру патрону по напрямних корпусу і напрямних підкулачника з кутом  $\beta$ , що жорстко закріплений на плунжері 2. Розтиск заготовки виконується в оберненій послідовності.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

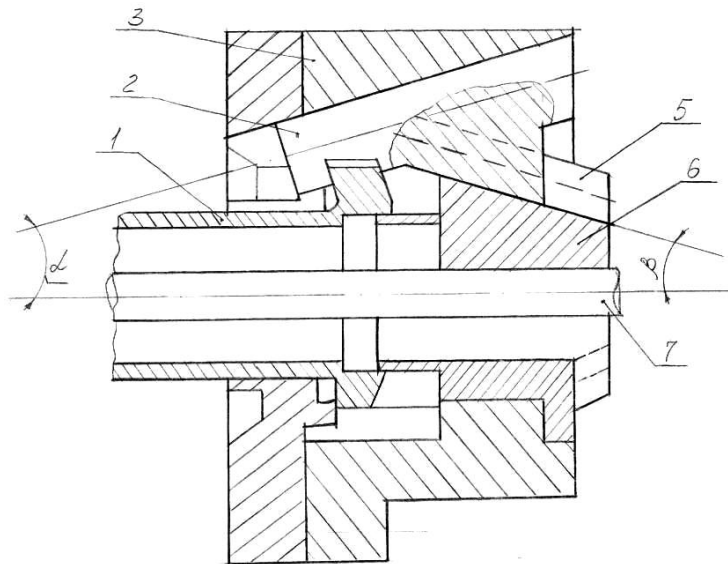


Рисунок 2.10 - Широкодіапазонний клиноплунжерний патрон

## 2.8. Опис пристрою СПрЗ

Самоналагоджувальний привод затиску призначений для автоматичної вибірки зазорів між затискними елементами і прутком шляхом зміни сумарної висоти двох кулачкових напівмуфт, що взаємодіють, а також для наступного затиску.

СПрЗ встановлений на шпинделі верстата і включає в себе дороблений привод затиску існуючої конструкції.

СПрЗ містить установлену всередині шпинделя 1 (рис. 2.11) трубу затиску 2 з регулювочною гайкою 3, оснащену фіксатором. Напівмуфти 4 і 5 взаємодіють одна з одною по похилих самогальмівних поверхнях. Напівмуфта 5 (права) є ведучою, установлена на втулці 6 з можливістю повороту на певний кут в поперечному перерізі. Напівмуфта 4 є веденою, установлена на тій же втулці 6 аксіально рухомо і зафіксована від кутового повороту відносно шпинделя шпонками 7 і 8. Між напівмуфтами установлена пружина 9, відігнуті кінці якої входять в отвори напівмуфт 4 і 5 і затиснуті гвинтами 10.

										Арк.
										47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	016Б-24.00.00.00.000 ПЗ					

В радіальних отворах напівмуфти 5 закріплені діаметрально протилежно два пальці 11 з роликами 12, що взаємодіють з фасонними вирізами, що виконані на керуючій обоймі 13. Остання має вид втулки, закріпленої за допомогою гайки 14 і контргайки 15 на муфті затиску 16. Обойма має два розташовані діаметрально протилежно симетричні вирізи, що взаємодіють через ролики 12 і пальці 11 з напівмуфтою 5. Виріз обойми – нахилена прямокутна ділянка. Форма вирізу – трикутна, з катетом, що паралельний осі обертання шпинделя.

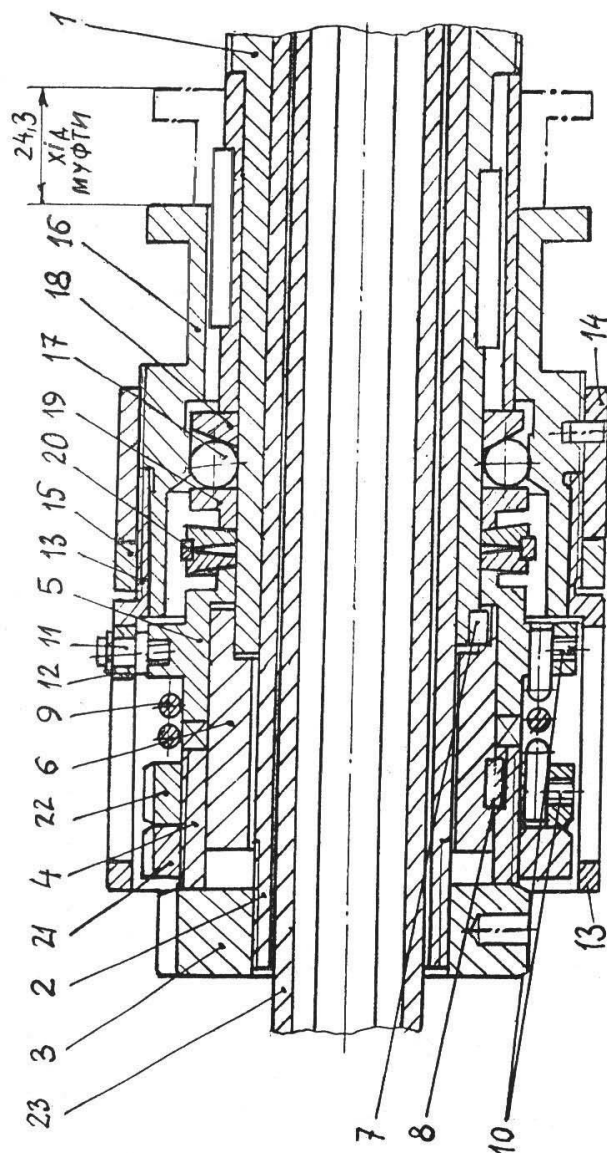


Рисунок 2.11 - Самоналагоджувальний привод затиску  
для проєктованого верстата

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			48

Напівмуфта 4 несе на собі дві гайки 21 і 22; в гайці 22 закріплена пружина 9.

При розжатій заготовці затискні кулачки відведені від осі прутка, торці напівмуфт 4 і 5 максимально зближені один до одного, пружина 9 закручена, палець 11 знаходиться всередині вирізу обойми 13. Муфта затиску при цьому знаходиться в крайньому положенні.

Робота СПр3 здійснюється наступним чином.

Після подачі прутка відбувається його затиск. Для цього муфта затиску за допомогою привода зміщується вліво. Рухи, що виникають при цьому, можна розділити на два етапи – I і II, внаслідок яких виникає відповідно вибірка зазорів між затискними елементами і прутком і завершальний затиск.

На I етапі обойма 13 рухається і в результаті взаємодії з її вирізом палець 11 з роликком 12 переміщується у розширюючу частину вирізу. Так як пружина 9 прагне повернути напівмуфту 5 з пальцем 11, то обмежений від осьового переміщення палець 11 переміщується вгору, підтискуючись до нахиленої поверхні вирізу. При цьому він здійснює разом з напівмуфтою 5 поворот. В результаті цього взаємодіючи по нахилених ділянках торці напівмуфт 4 і 5 віддаляються один від одного в результаті зміщення вліво напівмуфти 4. Описані рухи припиняються, як тільки затискні елементи патрону доторкнуться до прутка.

На етапі II забезпечується затиск прутка. При взаємодії конічного отвору муфти 16, яка рухається вліво, кульки 17 переміщуються в радіальному напрямку, впираючись при цьому на похилий торець опорної шайби 18 (рис. 2.5); вони зміщуються також і в осьовому напрямку вліво. Дане осьове зміщення відбувається через компенсатор 20, напівмуфти 5 і 4, гайку 3 і трубу 2 передається затискному патрону. Відбувається завершальний затиск. Для розтиску прутка муфту 16 зміщують вправо. Кульки 16 отримують можливість відійти від осі шпинделя всередину

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розширюючого конічного отвору муфти 16, в результаті чого під дією зусилля допоміжної циліндричної пружини стиску затискного патрону труба затиску 2 зміщується вправо і пруток розтискується.

Подача прутка здійснюється за допомогою труби подачі 23.

## 2.9. Механізм затиску і подачі прутка

На 5 листі зображено останній варіант шпindelної бабки із ШЦП (підвищено діапазон діаметрів, пруток  $\varnothing 32$  мм).

ШЦП можуть бути призначені для затиску некаліброваних прутків, діапазон відхилення діаметрів 3-5 мм.

Переваги ШЦП порівняно із стандартною затискною цангою аналогічні СЦП, ШДЗП: економія часу на заміну цанг і скорочення їх номенклатури в 3-4 рази, надійний затиск некаліброваних заготовок.

В пропонуваному варіанті також використовується ДПП, але уже замість СПрЗ – шариковий привод затиску з геометричним замиканням.

## 2.10. Опис пристрою широкодіапазонного цангового патрону

ШЦП призначений для можливості затиску прутків декількох номінальних розмірів без зміни цанг або вкладок до них.

В цанзі 1 (рис.2.12) між основними і додатковими 3 губками встановлені пластини 4. До основних пелюсток кріпляться за допомогою гвинтів 5, 6.

Для зменшення сили тертя між основними і додатковими пелюстками, пластини і додаткові пелюстки шліфують.

При русі труби затиску вліво затискна цанга з робочою конічною 1 і пружною 2 частинами переміщується вліво. Затискні елементи 3 з пластинами 4 тиснуть на додаткові елементи, які своїми робочими поверхнями затискують прутки різних діаметрів.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

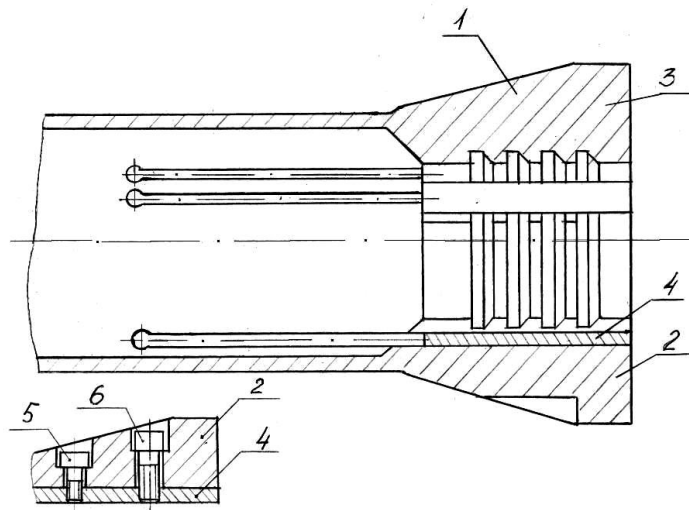


Рисунок 2.12 - Цанговий патрон із одинарною мультиплікацією

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

#### 3.1. Розрахунок параметрів додаткового патрону подачі

##### 3.1.1. Розрахунок цанги.

Додатковий патрон подачі представлений на рис. 2.9.

Жорсткість пружини повинна бути такою, щоб осьова сила, яка розвивається пружиною, змогла забезпечити зчеплення між прутком і цангою.

Зовнішній діаметр цанги  $D=38$  мм;

внутрішній –  $d=34$  мм;

кількість пелюсток –  $z=12$ ;

довжина пелюстки –  $l_{п}=85$  мм;

ширина прорізу –  $t_1=3$  мм.

Допустима жорсткість пелюстки цанги визначається із умови заправки прутка в механізм подачі, вибравши осьову силу, що розвивається пружиною  $P_{пр}=200$  Н.

$$[C_n] = \frac{P_{пр}}{z \delta \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} = \frac{200}{12 \cdot 10 \cdot \operatorname{tg}(7^\circ 30' + 10^\circ)} = 5,9 \text{ Н / мм},$$

де  $\alpha$  – половина кута конусу цанги 3 (втулки 5);

$\varphi$  – кут тертя;

$$\delta = 0,5(d_{\max} - d_{\min}) = 0,5(32 - 12) = 10 \text{ мм}.$$

Фактична жорсткість пелюстки:

$$C_n = \frac{3EI}{\xi_{п}^3 + I_n \xi_{п} (1 + 2\lambda_{п})},$$

де  $I$  – момент інерції,

$$I = K_1(R^4 - r^4) - K_2 \frac{R^3 - r^3}{R^2 + r^2} = 2362 \text{ мм}^4;$$

									Арк.
									52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	

де  $K_1$  і  $K_2$  – безрозмірні коефіцієнти, що залежать від центрального кута.

$$K_1=0,125(0,01745\psi+\sin\psi)=0.0542;$$

$$K_2=25,4618(1-\cos\psi)/\psi=5,5133$$

$$\psi=360/z-2\arcsin(t_1/(R+r))=25^\circ 23' \text{ (0,4439 рад)}$$

$$\cos\psi=0.9046; \sin\psi=0.4263$$

$$E=2,1 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}^2 \text{ – модуль пружності;}$$

$$\xi=1 \text{ – коефіцієнт форми постійного поперечного перерізу;}$$

$$\varepsilon=7,04 \text{ 1/мм}^2 \text{ – стала зацімлення;}$$

$$\lambda=0,21389 \text{ 1/мм}^2 \text{ – коефіцієнт затухання;}$$

$$\varepsilon = K_5 \frac{1}{(R-r)^2}; \quad K_5 = \frac{46300(0,01745\psi + \sin \psi)}{\psi^2};$$

$$\lambda = \frac{1,915}{\sqrt{R^2 - r^2}};$$

$$C_n = \frac{21 \cdot 10^4 \cdot 2362}{1 \cdot 85^3 + 2362 \cdot 7,04 \cdot 85(1 + 0.2138 \cdot 85)} = 1,95 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}.$$

Таким чином,  $[C_n] > C_n$

Визначимо силу зчеплення цанги з прутком:

$$P_{зч}=P_{пр}\text{ctg}(\alpha+\varphi)\mu,$$

де  $\mu$  – коефіцієнт зчеплення;

$$P_{зч}=20\text{ctg}(7.5^\circ+10^\circ)\cdot 0.45=342 \text{ Н}$$

Хід цанги

$$h=0,5(d_{\max}-d_{\min})\text{ctg}\alpha=0.5 \cdot 10\text{ctg}7,5^\circ=37.9 \text{ мм.}$$

### 3.1.2. Розрахунок пружних елементів.

Робочі пружина 4 призначена для забезпечення зчеплення між цангою 3 і прутком. Зусилля пружини вибиралось із врахуванням зручного розташування прутка, вручну.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Сила пружини при попередній деформації  $P=75$  Н.

Робочий хід  $h=38$  мм.

Зовнішній діаметр  $D=45$  мм.

Відносний зазор

$$S=1-P_2/P_3=0,25.$$

Сила пружини при максимальній деформації:

$$P_3=P_2(1-\delta)=75(1-0,25)=100 \text{ Н.}$$

Із таблиці відповідного стандарту ГОСТ 13766-68 вибираємо параметри пружини:

$$P_3=100 \text{ Н; } d=2,5 \text{ мм; } z_1=15,2 \text{ Н/мм; } D=44 \text{ мм; } f_3=6,57 \text{ мм.}$$

Жорсткість пружини

$$z_2=(P_2-P_1)/h=(75-20)/38=1,44 \text{ Н/мм.}$$

Кількість робочих витків пружини:

$$n=z_1/z_2=15,2/1,44=10,5.$$

Кількість повних витків

$$n_1=n+1,5=10,5+1,5=12/$$

При 1,5 неробочих витків повна кількість витків  $n_1=12$ .

Крок пружини  $t=f_3+d=6,57+2,5=9,07$  мм; приймаємо  $t=9$  мм.

Робоча деформація пружини

$$F_2=P_2/z_2=75/1,44=52,1 \text{ мм.}$$

Максимальна деформація

$$F_3=P_3/z=100/1,44=69,4 \text{ мм.}$$

Висота пружини у вільному стані

$$H_0=H_3+F_3=28,75+69,4=98,15 \text{ мм,}$$

$$\text{де } H_3=d(n_1+1-n_3)=2,5(12+1-1,5)=28,75 \text{ мм.}$$

Довжина розгорнутої пружини

$$L=3,2D_0n_1=1593 \text{ мм.}$$

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

### 3.2. Розрахунок самоналагоджувального цангового патрону

Матеріал: гарячекатаний пруток за ГОСТ 2590-88.

Діапазон діаметрів прутків 18 – 32 мм.

Виходячи із аналізу граничних відхилень гарячекатаного прутка за ГОСТ 2590-88  $\varnothing 18$  мм можна зробити висновки:

1) поле допуску для прутка звичайної точності складає

$$0,3+0,5=0,8 \text{ мм на діаметр.}$$

2) для прутків  $\varnothing 20 - 25$  мм поле допуску складає 0,9 мм;

3) для прутків  $\varnothing 26 - 48$  мм – 1,1 мм.

Таким чином, при затиску прутка  $\varnothing 18$  мм потрібно, щоб губки внутрішньої цанги зміщувались в радіальному напрямку.

$$\Delta D = \Delta d + \Delta,$$

де  $\Delta d$  – відхилення діаметру прутка;

$\Delta$  – зазор між прутком і внутрішньою цангою,

$$\Delta = 0,4 \text{ мм.}$$

$$\Delta D = 0,8 + 0,4 = 1,2 \text{ мм.}$$

Приріст довжини кола

$$\Delta L = \Delta D \cdot \pi = 3,76 \text{ мм.}$$

Приймаємо величину наскрізного пазу 4 мм. Це величина, на яку повинна сходитись багатопелюсткова цанга.

Визначаємо величини площадок контакту цанги з прутком.

Розрахункова схема торця патрону зображена на рис. 3.1.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Позначення:  $\alpha$  – кут між пелюстками;  $z$  – кількість пелюсток цанги;  $b$  – ширина пазу між пелюстками;  $d$  – внутрішній (робочий) діаметр цанги;  $L$  – ширина площадки контакту цанги з прутком.

1. При  $z=12$

$$\alpha=360^\circ/12=30^\circ; b=3 \text{ мм}; d=18 \text{ мм};$$

$$L=2\text{tg}\alpha/2 \cdot d/2 - b = 1,8 \text{ мм}.$$

2.  $z=16$

$$\alpha=360^\circ/16=22,5^\circ; b=1 \text{ мм}; d=18 \text{ мм};$$

$$L=2,5 \text{ мм}.$$

Форма паза – двохступінчата (ширина 1 мм на висоту 3 мм, інша шириною 3 мм).

3.  $z=18$

$$\alpha=360^\circ/18=20^\circ; b=1 \text{ мм}; d=18 \text{ мм}.$$

Таким чином, доцільно вибирати другий варіант виконання проміжної цанги.

Розрахунок переміщень елементів СЦП.

Величина радіального переміщення губок основної цанги СЦП на сторону:

$$y=x_{ц}\text{tg}\alpha=4\text{tg}15^\circ=1,07 \text{ мм},$$

де  $x_{ц}=4$  мм – хід приводу цанги на затиск;

На діаметр:

$$y_{д}=1,07 \cdot 2=2,14 \text{ мм}.$$

Проміжна багатопелюсткова цанга має можливість осьового переміщення на величину  $x_{п}=3$  мм.

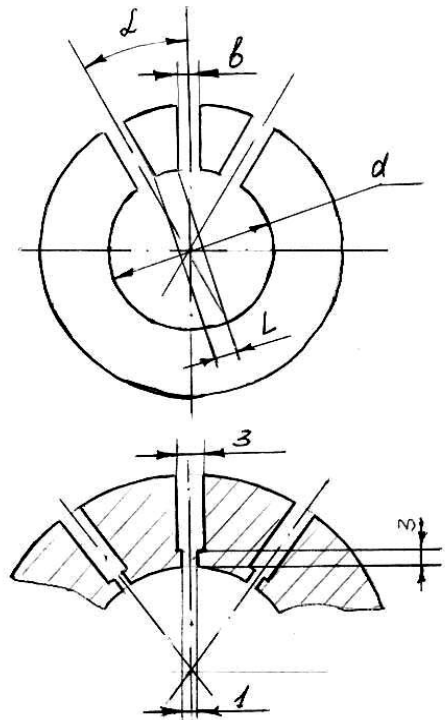


Рисунок 3.1 - Розрахункові схеми для визначення параметрів СЦП

Радіальне переміщення її складає (на сторону):

$$y_{\text{п}} = x_{\text{п}} \operatorname{tg} \alpha_{\text{п}} = 3 \operatorname{tg} 4^{\circ} = 0,21 \text{ мм.}$$

Радіальне переміщення на діаметр:

$$y_{\text{пд}} = 2y_{\text{п}} = 2 \cdot 0,21 = 0,42 \text{ мм.}$$

### 3.3. Розрахунок механізму фіксації

Для забезпечення стійкого положення поворотної частини револьверної головки зовнішній діаметр муфти  $D_e$  вибирають максимальним, виходячи із конструктивних міркувань. Кількість зубів  $z$  вінців вибирають кратним кількості позицій, тобто  $z=96$  (тому що револьверна головка 12-позиційна).

Основні параметри зубчастих вінців з прямими зубами (рис. 3.2):

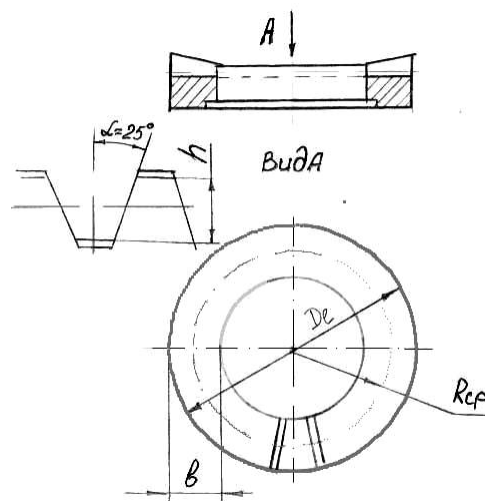


Рисунок 3.2 - Геометричні параметри зубчастих фіксаторних пристроїв

Модуль зубів

$$m = D_e / z = 350 / 96 = 3,64.$$

Приймаємо 4 мм.

Робоча сторона зуба

$$h_p = 1,4m = 5,6 \text{ мм.}$$

Середній радіус вінця

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$R_{\text{ср}} = k_R \cdot m,$$

де  $k_R$  – коефіцієнт,  $k_R = 40$ .

$$R_{\text{ср}} = 40 \cdot 4 = 160 \text{ мм.}$$

Довжина зуба (ширина вінця)

$$b = k_b \cdot m,$$

де  $k_b = 5$ ;  $b = 5 \cdot 4 = 20 \text{ мм.}$

Зовнішній діаметр

$$D_e = 2R_{\text{ср}} + b = 2 \cdot 160 + 20 = 340 \text{ мм.}$$

Площа проекції стику

$$F_Q = b h_p z t g \alpha,$$

де  $\alpha$  – половина кута профілю,  $\alpha = 25^\circ$ .

$$F_Q = 20 \cdot 5,6 \cdot 96 \cdot \text{tg} 25^\circ = 5013,74 \text{ мм}^2.$$

Осьовий момент інерції площі стику

$$I_Q = F_Q \cdot R_{\text{ср}}^2 / 2 = 5013,74 \cdot 160^2 / 2 = 64,2 \cdot 10^6 \text{ мм}^4.$$

Оптимальною вважають таку силу затягу  $P_z$  напівмуфти, при якій забезпечується необхідна жорсткість (рис. 3.3). Практика показує, що мінімально допустимий тиск на середньому радіусі не повинен падати нижче 1 МПа.

Умовна площадка стику двох напівмуфт являє собою кільце. На верхню рухому напівмуфту діють сили затягу  $P_z$  і складові сил різання  $P_x$  і  $P_y$ ,  $P_z$ , які прикладені в точці  $R$  з координатами  $x_r$ ,  $y_r$ ,  $z_r$ .

Розрахунок сил різання проводимо за методикою, яка викладена в [4, т. 1], для першого переходу (див. карту наладки) – зовнішнє обточування циліндра  $\varnothing 20 \text{ мм}$ . Оброблювальний матеріал – сталь 45.

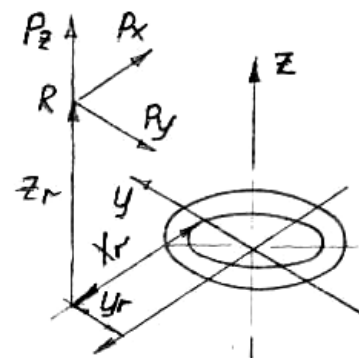


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема зубчастого фіксаторного пристрою

За таблицями вибираємо  $S=0,3$  мм/об,  $n=1000$  хв<sup>-1</sup>.

Швидкість різання

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} k_v,$$

де  $T$  – стійкість інструменту,  $T=30$  хв;

$t=2,5$  мм;

$k_v$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки  $K_{\mu v}$ , стан поверхні  $K_{\eta v}$ , матеріал інструменту  $K_{i v}$ , кути в плані різця  $k_\phi$  і радіуса при вершині  $k_r$ .

$$K_v = K_{\mu v} \cdot K_{\eta v} \cdot K_{i v} \cdot k_\phi \cdot k_r = 1,44 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,94 = 1,74.$$

$$K_{\mu v} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_\epsilon} \right)^{n_v} = \left( \frac{750}{610} \right)^{1,75} = 1,44.$$

Значення коефіцієнту  $c_v$  і показників степені у формулах швидкості різання при обробці різцями (матеріал різальної частини Т15К6):

$$c_v=350, x=0,15, y=0,35, m=0,2.$$

$$v = \frac{350}{30^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 1,74 = 413,3 \text{ м / хв.}$$

Сила різання визначається за формулою:

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x S^y v^n k_p,$$

де  $k_p = k_{mp} k_{\phi p} k_{\gamma p} k_{\lambda p} k_{rp}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

Чисельні значення за таблицями.

$$k_{mp} = (\sigma_b / 750)^n = (610 / 750)^{0,75} = 0,86.$$

$k_{\phi p}$ : для  $P_z=1,08$ , для  $P_y=1,3$ , для  $P_x=0,78$ ;

$$k_{\gamma p} = 1;$$

$$k_{\lambda p} = 1;$$

$$k_{rp} = 1;$$

$$k_{pz} = 0,86 \cdot 1,08 = 0,93;$$

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_{py}=0.86 \cdot 1.3=1.12;$$

$$k_{px}=0.86 \cdot 0.78=0.67.$$

Значення коефіцієнту  $C_p$  і показників степені:

$$P_z: C_p=300, x=1, y=0,75, n=-0,15;$$

$$P_y: C_p=243, x=0,9, y=0,6, n=-0,3;$$

$$P_x: C_p=339, x=1, y=0,5, n=-0,4.$$

$$P_z=10 \cdot 300 \cdot 2,5 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 413,3^{-0,15} \cdot 0,93=1145,4 \text{ Н};$$

$$P_y=10 \cdot 243 \cdot 2,5^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 413,3^{-0,3} \cdot 1,12=494,7 \text{ Н};$$

$$P_x=10 \cdot 339 \cdot 2,5 \cdot 0,3^{0,5} \cdot 413,3^{-0,4} \cdot 0,67=279,4 \text{ Н}.$$

При переносі сил різання (рис. 3.3) в точку О на площадку стику діють сили  $P_x, P_y, P_z$  і моменти:

$$M_x=P_y z_r+P_z y_r=494,7 \cdot 150+1145,4 \cdot 150=246015 \text{ Н}\cdot\text{мм};$$

$$M_y=-P_x z_r-P_z x_r=-279,4 \cdot 150-1145,4 \cdot 300=-385530 \text{ Н}\cdot\text{мм};$$

$$M_z=P_x y_r-P_y x_r=279,4 \cdot 150-494,7 \cdot 300=-106500 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Приймаємо  $x_r=300$  мм,  $y_r=150$  мм,  $z_r=150$  мм.

Сили  $P_x$  і  $P_z$  і момент  $M_z$ , змінюючи номінальний тиск в стику, не порушують рівномірності його розподілу. Моменти  $M_x$  і  $M_y$  створюють сумарний згинальний момент, який перерозподіляє тиск в стику:

$$M_{z\text{з}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{246015^2 + (-385530)^2} = 457336,6 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Мінімальний тиск буде спостерігатись в площині дії моменту  $M_{z\text{з}}$  на менш навантажений стороні кільця.

Граничне зусилля затягування

$$\begin{aligned} P_3 &\geq [\sigma_{\min}] F_Q + P_z + [2\sqrt{M_x^2 + M_y^2} + |M_z| \text{tg}\alpha] / R_{cp} = \\ &= 1 \cdot 5013,74 + 1145,4 + [2 \cdot 457336,6 + 106500 \cdot \text{tg}25^\circ] / 160 = \\ &= 5013,74 + 1145,4 + 6027,1 = 12186,2 \approx 12,2 \text{ кН}. \end{aligned}$$

$$P_3 \geq 12,2 \text{ кН},$$

									016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

де  $[\sigma]_{\min}=1$  МПа – мінімально допустимий тиск в стику при умові збереження ним необхідної жорсткості.

### 3.4. Розрахунок широкодіапазонного затискного патрону (ШДЗП)

#### 3.4.1. Вибір конструктивних параметрів ШДЗП токарних модулів.

Проектування повинне вестись зверху вниз – від принципу до конструкції по рівнях, для яких при аналізі і виборі кращих варіантів формуються основні вимоги і показники якості, складаються основні математичні, динамічні і математичні моделі. При конкретизації задач проектування виділяють домінуючі вимоги із врахуванням діапазону діаметрів закріплюваних заготовок, схеми обробки, режимів різання, точності і шорсткості обробленої поверхні. Задача проектувального розрахунку ШДЗП включає в себе структурно-схемний синтез, визначення оптимальних параметрів і характеристик, розробку комплексу конструкторської документації. Визначення параметрів затискного патрону (ЗП) доцільно виконувати після формування вихідних даних з тим, щоб сформулювати уточнені дані для проектування. З цією метою уточнюють обмеження, що визначають вибір принципу затиску, типів передатно-підсилювальних ланок (ППЛ), структур і зв'язків між елементами, схеми затиску, схеми ЗП:

а) технологічні (тип заготовки, діапазон діаметрів обхвату, необхідна сила затиску, жорсткість, необхідна точність закріплення, швидкодія ЗП, мінімальні і максимальні частоти обертання, наявність ЗОР і т.д.);

б) конструктивні (тип, обладнання, розміри робочого простору, габарити розроблювальної конструкції, схема прикладення зусиль, технологічність конструкції, кількість затискних елементів);

в) експлуатаційні вимоги до надійності і довговічності, ремонтпридатність, принцип взаємозамінності і т.д.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



[Д] – діаметр корпусу патрона, який допустимий робочим простором верстата.

Для ТРВ мод. 1325Ф30 [Д]=140 мм, тому приймаємо  $D_k=135$  мм.

3. Діаметр розточки отвору під плунжери 3:

$$D_{пл} \leq (1,1 \div 1,25) d_{заг.маx} + 2btg\beta + d_n \cos\alpha,$$

$$D_{пл} = 1,25 \cdot 32 + 2 \cdot 48 \operatorname{tg} 15^\circ + 32 \cos 15^\circ = 96,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $D_{пл} = 100$  мм.

4. Довжина плунжера

$$l_n \leq l_k - x_T / \cos\alpha;$$

$$l_n = 84 - 12 / \cos 15^\circ = 71,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $l_n = 60$  мм.

5. Діаметр штока

$$d_{ш} = D_{пл} + \sin\alpha(l_n - 2l_3) - 0,1 d_n = 100 + \sin 15^\circ(60 - 2 \cdot 10) - 0,1 \cdot 32 = 107,15 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d_{ш} = 62$  мм.

6. Висота напрямних кулачка

$$h \geq (0,3 + \sin\beta)b = (0,3 + \sin 15^\circ) \cdot 42 = 23,47 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $h = 25$  мм.

7. Умова наявності постійного зачеплення між штоком і плунжером:

$$d_{ш} \geq D_{пл} - 2\sin\alpha(l_n - l_3 - l_T) - d_n \cos\alpha + d_n \cdot 0,1 = 100 - 2\sin 15^\circ(60 - 10 - 8) - 32 \cos 15^\circ + 32 \cdot 0,1 = 50,55 \text{ мм.}$$

Так як  $d_{ш} = 62$  мм, то умова виконується.

3.4.2. Силовий розрахунок патрону.

1. Розрахунок сил різання.

Проводимо для обробки зовнішньої циліндричної поверхні ( $\varnothing 20$ ).

Оброблювальний матеріал – сталь 45, матеріал різального інструменту – Т15К6.

Частота обертання  $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$ , глибина різання  $t = 2,5$  мм;  $d_{пр} = 25$  мм.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Значення швидкості різання і сил різання визначались раніше (див.3.4.1).

Тому:

$$v=413,3 \text{ м/хв};$$

$$P_z=1145,4 \text{ Н};$$

$$P_y=494,7 \text{ Н};$$

$$P_x=279,4 \text{ Н}.$$

Потужність на обробку

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1145,4 \cdot 413,3}{1020 \cdot 60} = 7,74 \text{ кВт} < N_{ном} = 8,5 \text{ кВт}.$$

2. Розрахунок моменту різання і осьової сили.

Момент різання і осьова сила визначаються за формулами:

$$M_p = P_z \cdot d/2 = 1145,4 \cdot 0,2/2 = 114,54 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$P_0 = P_x = 279,4 \text{ Н}.$$

3. Розрахунок сумарної радіальної сили затиску.

Сумарна сила затиску

$$T_\Sigma = \frac{\kappa_{зап} R_\Sigma}{\mu} = \frac{\kappa_{зап}}{\mu} \sqrt{P_z^2 + P_0^2} = \frac{1,5}{0,3} \sqrt{1,145^2 + 0,28^2} = 5,89 \text{ кН},$$

де  $\kappa_{зап}$  – коефіцієнт запасу;

$\mu$  – коефіцієнт тертя.

Радіальна сила затиску на один кулачок:

$$T = 1/3 \cdot T_\Sigma = 1963 \text{ Н}.$$

Із врахуванням жорсткості системи патрон-деталь сила затиску повинна бути збільшена для забезпечення щільних контактів в стиках.

3.4.3. Розрахунок сумарної осьової сили затиску.

Розрахунок сумарної осьової сили затиску виконується за формулою:

$$S_\Sigma = T_\Sigma / \kappa_{пс},$$

де  $\kappa_{пс}$  – коефіцієнт підсилення патрону,

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{пс}} = K_{\text{пс1}} \cdot K_{\text{пс2}},$$

де  $K_{\text{пс1}}$  і  $K_{\text{пс2}}$  – відповідно коефіцієнти підсилення плунжерної і клинової передатно-підсилювальної ланки.

Розрахункова схема плунжерної і клинової передатно-підсилювальної ланок зображені на рис. 3.5.

Коефіцієнт підсилення плунжерного механізму:

$$K_{\text{пс1}} = \frac{0,5d_n \text{tg}^2 \varphi \cos \alpha + \frac{0,5l_n}{\text{tg} \varphi} \cos \alpha + \text{tg} \varphi (0,5l_n - l_3) \cos \alpha}{0,5d_n \text{tg} \varphi \frac{\cos(\alpha + \beta + \varphi)}{\sin(\beta + \varphi)} + \frac{0,5l_n}{\text{tg} \varphi} \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta + \varphi)}{\sin(\beta + \varphi)} - \frac{\cos(\alpha + \beta + \varphi)}{\sin(\beta + \varphi)} (l_3 + l_1 - 0,5l_n) - \frac{\sin(\alpha + \beta + \varphi)}{\sin(\beta + \varphi)}};$$

$$K_{\text{пс1}} = \frac{0,5 \cdot 25 \text{tg}^2 8^\circ \cos 15^\circ + \frac{0,5 \cdot 50}{\text{tg} 8^\circ} \cos 15^\circ + \text{tg} 8^\circ (0,5 \cdot 50 - 2,5) \cos 15^\circ}{0,5 \cdot 25 \text{tg} 8^\circ \frac{\cos 38^\circ}{\sin 23^\circ} + \frac{0,5 \cdot 50}{\text{tg} 8^\circ} \cdot \frac{\sin 38^\circ}{\sin 23^\circ} - \frac{\cos 38^\circ}{\sin 23^\circ} (2,5 + 40 - 0,5 \cdot 50) - \frac{\sin 38^\circ}{\sin 23^\circ}} = \frac{175,11}{309,805} = 0,566.$$

Коефіцієнт підсилення клинового механізму

$$K_{\text{пс2}} = \frac{\frac{h}{2 \text{tg} \varphi \text{tg}(\beta + \varphi)} - \frac{btg \varphi}{2} - \frac{a}{\text{tg}(\beta + \varphi)} - \left(\frac{h}{2} - m\right)}{\frac{h}{2 \text{tg} \varphi} + l} =$$

$$= \frac{\frac{22}{\text{tg} 8^\circ \text{tg}(15 + 8^\circ)} - \frac{6 \text{tg} 8^\circ}{2} - \frac{6}{\text{tg}(15 + 8^\circ)} - \left(\frac{22}{2} - m\right)}{\frac{22}{2 \text{tg} 8^\circ} + 3} = \frac{169,65}{84,26} = 2,09.$$

Тут  $d_n, l, l_2, l_3, l_4, m, h$  – плечі прикладення зусиль;

$\alpha, \beta$  – кути, утворені відповідно плунжерною і клиновою парами з віссю патрона;

$\varphi$  – приведений кут тертя, прийнятий рівним на усіх спряженнях.

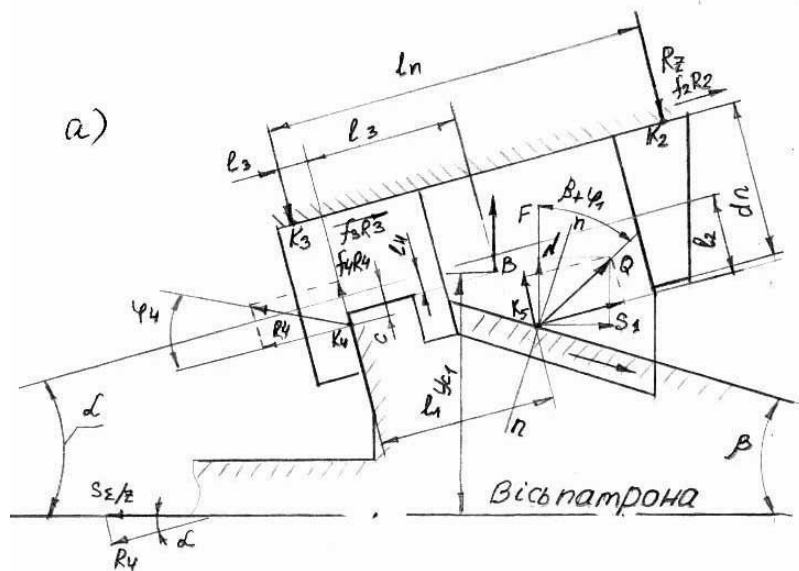
Коефіцієнт підсилення патрону

$$K_{\text{пс}} = 0,566 \cdot 2,09 = 1,18.$$

Сумарна осьова сила затиску

$$S = 5890 / 1,18 = 5000 \text{ Н} = 5 \text{ кН}.$$

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



б)

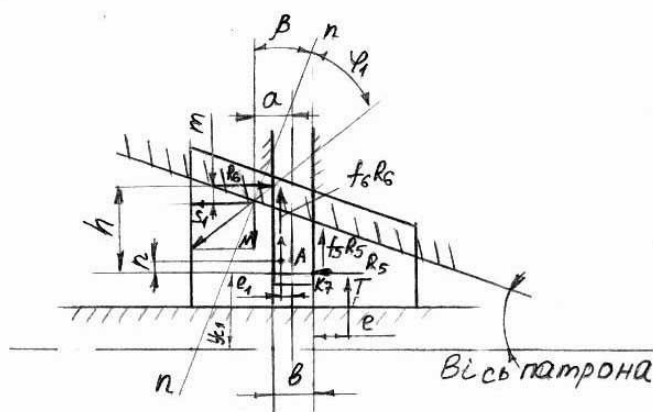


Рисунок 3.5 - Поелементні розрахункові схеми плунжерної (а) і клинової (б) ППЛІ широкодіапазонного клиноплунжерного затискного патрону

#### 3.4.4. Розрахунок характеристик точності ШДЗП.

Згідно ГОСТ 1654-86 точність центрування контрольних оправок в патроні оцінюється по радіальному  $E_p$  і торцевому  $E_t$  биттям, які відповідно дорівнюють:

$$E_p = 2(e + \sum_{i=1}^m \omega \varphi_i),$$

$$E_m = \text{tg} \varphi \omega D_{\text{оп}},$$

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			66

де  $e$  – паралельне зміщення осі оправки відносно осі обертання шпинделя;

$\varphi_i$  – поворот осі оправки відносно осі обертання шпинделя;

$\varphi_\omega$  – кут повороту торця оправки відносно осі обертання шпинделя;

$D_{оп}$  – діаметр, на якому відмічається величина торцевого биття оправки.

Процес утворення похибок відносно положення поверхонь оправки при centruванні і закріплення її в патроні можна представити як відхилення від задани переміщень систем, побудованих на ланках системи “СПД”, які безпосередньо впливають на появу похибок centruвання і закріплення.

На рис. 3.6 показане відносне положення координатних систем шпинделя  $\epsilon_{ш}$  ( $OX_{ш}Y_{ш}Z_{ш}$ ), патрона  $\epsilon_{п}$  ( $OX_{п}Y_{п}Z_{п}$ ) і деталі ( $OX_{д}Y_{д}Z_{д}$ ).

На рис. 3.6 прийняті позначення:

$d_1, d_2, D_k, l_k, l_2$  – конструктивні параметри патрона;

$\varphi, \varphi_\phi$  – кути перекоосу відповідно оправки і фланця відносно осі обертання шпинделя;

$l_1$  – відстань від торців кулачка до індикатора;

$d/2$  – відстань від осі оправки до індикатора;

$d_{оп}$  – діаметр оправки.

Слідую враховувати, що похибки  $\omega\delta, \omega\delta_3, \omega\delta_4, \omega\delta_7$  є систематичними і при розрахунку кулачків і патроні вони компенсуються.

$$\omega S_{1max} = Sh_{nmax} = 13 \text{ мкм}$$

$$\omega S_{1min} = Sh_{nmin} = 0 \text{ мкм}$$

$$\omega S_{2max} = x_T / \cos\beta \cdot \text{tg}\Delta\beta_{max} = 0 \text{ мкм}$$

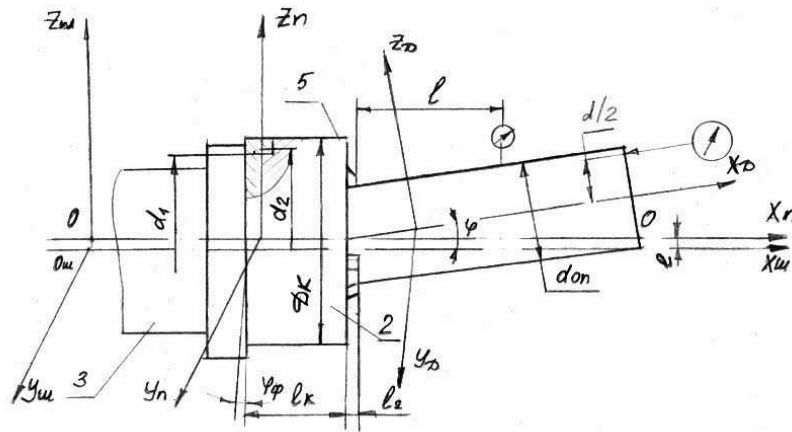
$$\omega S_{2min} = x_T / \cos\beta \cdot \text{tg}\Delta\beta_{min} = 12 / \cos 15^\circ \cdot \text{tg} 0.016 = 0.003 \text{ мкм.}$$

$$\omega S_{3max} = \text{tg}\theta_{max} \cdot l_{кул} = 0,188$$

$$\omega S_{3min} = \text{tg}\theta_{min} \cdot l_{кул} = 0.08$$

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а)



б)

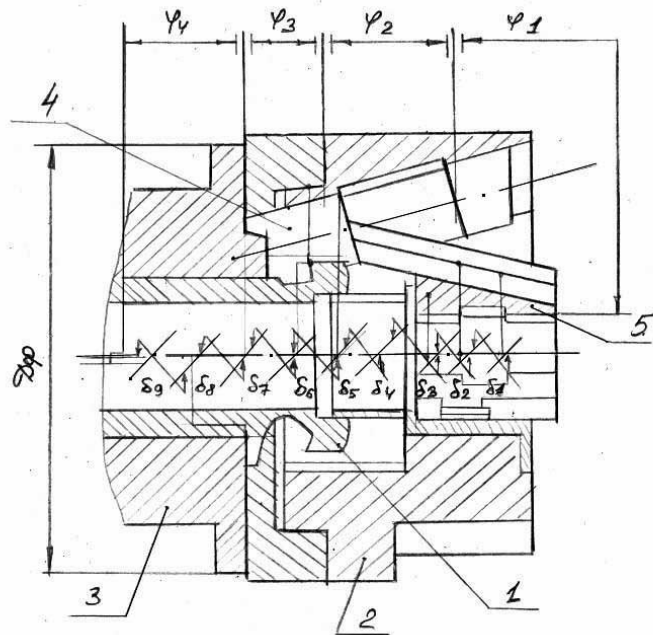


Рисунок 3.6 - Відносні параметри ШДЗП, а – відносне положення координатних систем шпинделя, патрону і оправки; б – розмірні ланцюги патрону

При мінімальному діаметрі заготовки і максимальному:

$$\theta = \arctg(\Delta U / H_3), \quad \theta = \arctg(\Delta U / H_3')$$

$$H_3 = H_{\text{напр}} + d_{\text{оп}} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{C_{\text{напр}}}{4}\right)^2} - a = 23,5 + 32 - \sqrt{(40/2)^2 - (28/4)^2} - 1,5 = 35,26 \text{ мм}$$

$$H_3' = H_{\text{напр}} + d_{\text{оп}}' - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{C_{\text{напр}}}{4}\right)^2} - a = 23,5 + 12 - \sqrt{(40/2)^2 - (28/4)^2} - 1,5 = 15,27 \text{ мм}$$

$$\Delta U = |K| - |Л| = 0,2 - 0,02 = 0,18 \text{ мм.}$$

									016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						68

$$\theta = \arctg(0.18/35.26) = 5.1 \cdot 10^{-3},$$

$$\theta = \arctg(0.18/15.27) = 1.17 \cdot 10^{-2}.$$

$H_{\text{напр}}$  – довжина напрямного кулачка;

$C_{\text{напр}}$  – ширина напрямного кулачка;

$l_{\text{кул}}$  – довжина кулачка,  $l = 35$  мм;

$D$  – діаметр отвору в корпусі.

$$\omega S_{4\text{max}} = \text{tg}\varphi_{\text{max}} \cdot l_{\text{п}} = 0,005$$

$$\omega S_{4\text{min}} = \text{tg}\varphi_{\text{min}} \cdot l_{\text{п}} = 0,016$$

$$\varphi_{\text{min}} = \arctg((d_0 - d_n)/l_k) = \arctg(0.005/60) = 8.3 \cdot 10^{-5}$$

$$\varphi_{\text{max}} = \arctg(0.016/60) = 2.66 \cdot 10^{-4}.$$

$$\omega S_{5\text{max}} = x_T / \cos\alpha \cdot \text{tg}\Delta\alpha_{\text{max}} = 12 / \cos 15^\circ \cdot \text{tg}\Delta\alpha_{\text{max}} = 0;$$

$$\omega S_{5\text{min}} = x_T / \cos\alpha \cdot \text{tg}\Delta\alpha_{\text{min}} = 12 / \cos 15^\circ \cdot \text{tg}0.0167 = 0.017;$$

$$\omega S_{6\text{max}} = 3/4 \text{tg}\alpha_{2\text{max}} \text{tg}\alpha \cdot D_1 = 3/4 \text{tg}1.50 \cdot \text{tg}15^\circ \cdot 42 = 0.178 \text{ мм.}$$

$$\omega S_{6\text{min}} = 3/4 \text{tg}\alpha_{2\text{min}} \text{tg}\alpha \cdot D_1 = 3/4 \text{tg}1.46 \cdot \text{tg}15^\circ \cdot 42 = 0.17 \text{ мм}$$

$$\alpha_{2\text{min}} = \arctg(\Delta l/l_1) = \arctg(0.64/25) = 1.46; \quad \alpha_{2\text{max}} = 1,50.$$

$$\Delta l_{\text{min}} = |D| - |D_1| = 43 - 42.36 = 0.64 \text{ мм.}$$

$$\Delta l_{\text{max}} = 0.662 \text{ мм.}$$

$\alpha_2$  – кут перекриття штоку в корпусі;

$D$  – діаметр отвору під шток;

$D_1$  – діаметр штоку.

При установці патрону на шпindelю по циліндричній поверхні:

$$\omega S_{7\text{max}} = d_{\text{корп. max}} - d_{\text{шп. min}} = 0.018 \text{ мм};$$

$$\omega S_{7\text{min}} = d_{\text{корп. min}} - d_{\text{шп. max}} = 0.018 \text{ мм};$$

$$\omega S_{8\text{max}} = E_{\text{рш max}}/2 = 0.0015 \text{ мм};$$

$$\omega S_{8\text{min}} = E_{\text{рш min}}/2 = 0 \text{ мм},$$

$E_{\text{рш}}$  – радіальне биття шпинделя,  $E_{\text{рш}} \leq 0.003$  мм.

Розрахункові залежності розмірних ланцюгів  $\varphi$ .

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$\varphi_1 = \omega\varphi_1 = \delta\varphi_1 = 1'$$

$$\varphi_{2\min} = \operatorname{arctg} \frac{\frac{\Delta U_{\max}}{H_3} - \frac{\delta_{T\max}}{D_k}}{1 + \frac{\Delta U_{\min}}{H_3} \cdot \frac{\delta_{T\max}}{D_k}} = \operatorname{arctg} \frac{\frac{1.2}{35.6} - \frac{0.01}{140}}{1 + \frac{1.2}{35.26} \cdot \frac{0.01}{140}} =$$

$$= \operatorname{arctg}(3,39 \cdot 10^{-2}) = 2,6^\circ$$

$$\varphi_{2\max} = \operatorname{arctg} \frac{\frac{\Delta U_{\min}}{H_3} - \frac{\delta_{T\min}}{D_k}}{1 - \frac{\Delta U_{\min}}{H_3} \cdot \frac{\delta_{T\min}}{D_k}} = \operatorname{arctg} \frac{\frac{1.18}{15.27} - \frac{0.008}{140}}{1 - \frac{1.18}{15.27} \cdot \frac{0.008}{140}} =$$

$$= \operatorname{arctg}(7,72 \cdot 10^{-2}) = 4,9^\circ$$

$$\varphi_{3\max} = \delta_{\text{фшmax}} / D_{\text{ф}} = 0,03 / 140 = 2,1 \cdot 10^{-4},$$

$$\varphi_{3\min} = \delta_{\text{фшmin}} / D_{\text{ф}} = 0,$$

$\delta_T$  – допуск на перпендикулярність торця (кулачка) корпусу відносно його осі;

$\delta_{\text{фш}}$  – перпендикулярність торця фланця шпинделя відносно осі.

Умовні похибки установки затискних кулачків:

$\varphi_1$  – через кутовий допуск на розточку кулачків;

$\varphi_2$  – через непаралельність напрямних кулачків і торців корпусу патрона;

$\varphi_3$  – через непаралельність торця фланця шпинделя відносно його осі.

Дані похибки є систематичними і компенсуються при розточенні кулачків в патроні.

### 3.5. Розрахунок шпиндельного вузла і ШДЗП (з урахуванням податливості опор)

Розрахунок зроблений за допомогою ЕОМ. Вихідні дані розрахунку і його результати по розрахункових схемах представлені нижче і

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			70

дозволяють зробити висновок про достатню жорсткість шпиндельного вузла.

Вихідні дані:

Виліт переднього кінця шпинделя	$a = 297 \text{ мм}$
Відстань між опорами	$l = 455 \text{ мм}$
Довжина деталі	$l_{\text{det}} = 55 \text{ мм}$
Довжина патрона	$l_{\text{pat}} = 132 \text{ мм}$
Коефіцієнт защемлення в передній опорі	$\epsilon = ,3$
Модуль пружності матеріалу шпинделя	$E = 210000 \text{ Н/мм}$
Радіальна жорсткість передньої опори	$Cr1 = 1500000 \text{ Н/мм}$
Радіальна жорсткість задньої опори	$Cr2 = 1200000 \text{ Н/мм}$
Сила різання	$P = 1868 \text{ Н}$
	$d_{\text{ГП}} = 110 \text{ мм}$
	$d_{\text{ОП}} = 88 \text{ мм}$
	$d_{\text{нк}} = 120$
	$d_{\text{ОК}} = 93$
Зовнішній діаметр деталі	$d_{\text{нар}} = 48 \text{ мм}$
Внутрішній діаметр деталі	$d_{\text{вн}} = 28 \text{ мм}$
	$i1 = 6507116 \text{ мм}^4$
	$i2 = 4243363 \text{ мм}^4$
Момент тертя в умовному шарнірі	$mtr = ,3 \text{ Н/мм}$

Результати розрахунку:

Деформація шпинделя без патрона:  $Y_{\text{бп}} = 1,234804\text{E-}02 \text{ мм}$

Деформація шпинделя з патроном:  $Y_{\text{сп}} = 3,998788\text{E-}02 \text{ мм}$

$$\frac{Y_{\text{сп}}}{Y_{\text{бп}}} = 3,238398$$

						016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
							71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

### 3.6. Розрахунок на міцність деталей ШДЗП

Вихідні дані для розрахунку:

– Складальне креслення і деталювання широкодіапазонного затискного патрона ШДЗП КА-456;

– Максимальне осьове зусилля:  $S = 58500 \text{ Н}$

– Небезпечні перерізи (див. ШДЗП КА-456):

1) Шток у найбільш слабкому перерізі сприймає навантаження на розрив;

2) Місце контакту штока і плунжера при затисненні максимальних діаметрів заготовок – деформація зминання та деформація на розрив вилки.

3) Напрямні кулачка сприймають деформації на зминання при затисненні мінімальних діаметрів оброблюваних заготовок.

4) «Т» – подібні пази кулачка при затисненні мінімальних діаметрів оброблюваних заготовок.

5) Гвинти корпусу патрона сприймають деформації на зріз.

#### 3.6.1. Розрахунок штока на розрив.

Вихідні дані:

$D = 80 \text{ мм}$

$d = 70 \text{ мм}$

Матеріал штока – сталь 12ХН3А

$\sigma_p := 255 \text{ МПа}$

У перетині знаходиться концентратор напруги: отже вводимо коефіцієнт концентрації напружень:

$k = 1,75$

Виходячи з цих факторів розраховуємо допустиме зусилля на розрив:

Площа перетину:

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$F := 3,14 \cdot \frac{D^2 - d^2}{4}$$

$$S_{dop} := F \cdot \frac{\sigma_p}{k}$$

$$S_{dop} = 1,716 \cdot 10^5, \text{ Н}$$

Очевидно, що  $S < S_{dop}$  – виходить, що розглянутий переріз є достатньо міцним.

### 3.6.2. Розрахунок місця контакту плунжера і штока.

Вихідні дані:

Матеріал плунжера – сталь 12Н33

$$\sigma_{cm} = 280 \text{ МПа}$$

$$\tau_{cp} = 450 \text{ МПа}$$

Зусилля зминання:

$$S_{cm} = \frac{S}{\cos\left[\frac{3,14}{12}\right]}$$

$$S_{cm} = 6,056 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Знайдемо дійсну площу контакту методом масштабної сітки:

$$F_{kon\_min} = 520 \text{ мм}^2$$

З огляду на те, що плунжерів у патроні – три:

$$F_{cm} := 3 \cdot F_{kon\_min}$$

$$F_{cm} = 1,56 \cdot 10^3 \text{ мм}^2$$

Мінімальна розрахункова площа контакту:

$$F_{cm\_min} := \frac{S_{cm}}{\sigma}$$

$$F_{cm\_min} = 216,291 \text{ мм}$$

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Мінімальна площа на зрізу вилки плунжера:

$$F_{cp\_min} = \frac{S}{3 \cdot \tau} \quad F_{cp\_min} = 43,333 \text{ мм}^2$$

Очевидно, що  $F_{cp\_min} < F_{cm}$

і  $F_{cp\_min} < F_{cp}$

- значить переріз є достатньо міцним.

### 3.6.3. Розрахунок на зминання напрямних кулачка.

Розрахункова схема для розрахунку на зминання напрямних кулачка приведена на рис. 3.7.

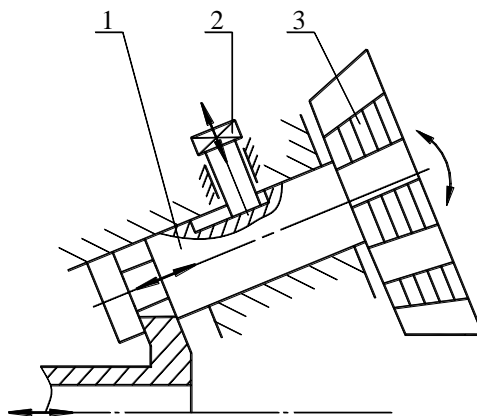


Рис.3.7. Розрахункова схема для розрахунку на зминання напрямних кулачка

Вихідні дані:

Допустиме напруження на зминання матеріалу кулачка:

$$\sigma_{ст} := 280 \text{ МПа}$$

Кут тертя:  $\rho_0 = 0,07 \text{ рад}$

Сила стиску:  $T = 3,404 \cdot 10^4 \text{ Н}$

Зусилля зминання (див. рис 3.1.):

$$R := T \cdot \tan \left[ \left[ \frac{3,14}{12} \right] - \rho_0 \right]$$

$$R = 6,605 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Знайдемо мінімальну дійсну площу контакту:

$$F_{cm} = 2 \cdot 17 \cdot 10 \quad F_{cm} = 340 \text{ мм}^2$$

Очевидно, що  $F_{cm} > F_{cm\_min}$  – тому переріз достатньо міцний!

3.6.4. Розрахунок на зминання «Т» – подібних пазів кулачка.

Допустиме напруження на зминання матеріалу кулачка:

$$\sigma_{cm} = 280 \text{ МПа}$$

Зусилля зминання:

$$N2 := \frac{S}{3 \cdot \sin\left[\left[\frac{3,14}{6}\right] + \rho_0\right] \cdot \cos\left[\left[\frac{3,14}{6}\right] - \rho_0\right]}$$

$$N2 = 3,553 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Знайдемо мінімально допустиму площу контакту:

$$F_{cm\_min} = \frac{N2}{\sigma_{cm}}$$

$$F_{cm\_min} = 126,88 \text{ мм}^2$$

Дійсна площа контакту плунжера і кулачка:

$$F_{cm} = 29 \cdot 10,$$

$$F_{cm} = 290 \text{ мм}^2$$

Очевидно, що  $F_{cm} > F_{cm\_min}$ , тому «Т» – подібні пази достатньо міцні.

3.6.5. Розрахунок на зріз болтів корпусу.

Мрез = 100000 Н

$\sigma_{srez} := 450 \text{ МПа}$  - допустиме напруження зрізу.

$d := 10 \text{ мм}$  - діаметр болтів.

Загальна площа зрізу:

$$F_{cp} := 3 \cdot 3,14 \cdot \frac{d^2}{4}$$

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

$$F_{cp} := 235,5 \text{ mm}^2$$

Знайдемо дійсну напругу зрізу:

$$R_{bolt} = 79 \text{ mm}$$

$$\sigma := \frac{M_{rez}}{R_{bolt} \cdot F_{cp} \cdot 10^{-2}}$$

$$\sigma = 316,456 \text{ МПа}$$

Звідси видно, що болти досить міцні!

Висновки:

Виходячи з того, що в усіх найбільш слабких місцях, з погляду міцності, розглянутий широкодіапазонний затискний патрон витримує максимальні навантаження і має значний запас по міцності, можна зробити висновок, що патрон досить міцний.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 4.1. Вступ

До числа небезпечних відносяться фактори, що приведуть до травми чи до раптового різкого погіршення здоров'я працюючого (ГОСТ 12.0.002 - 80). На відміну від них шкідливі виробничі фактори приведуть до захворювання чи до зниження працездатності робітника.

До небезпечних факторів при обробці металів різанням відносяться: частини верстатів, що рухаються, загострені кромки заготовки, стружка й осколки інструментів, нагріті поверхні устаткування, інструменту і заготовок, висока напруга в силовій електричній мережі і статична електрика, підйомно-транспортні пристрої і переміщувані вантажі.

Шкідливими виробничими факторами є: підвищена чи знижена температура, високі вологість і швидкість руху повітря робочої зони, підвищені рівні ультразвуку, теплових, іонізуючих, інфрачервоних і інших випромінювань, підвищений зміст пилу і газів в області робочої зони, високий рівень шуму і вібрації, недостатня освітленість, підвищена яскравість світла і пульсації світлового потоку.

При роботі з автоматичними пристроями, зокрема з багатошпindelними токарними автоматами, з перерахованих вище факторів особливе значення, як показує досвід експлуатації, мають наступні фактори: частини верстата і деталі, що рухаються, зливна металева стружка або розпечені частинки подрібненої стружки, перевантаження верстата, викликані порушенням правил експлуатації верстата чи порушенням режимів різання, шум і вібрація при роботі верстата, шкідливий вплив ЗОР, пилові частки металу при обробці бронзи, латуні, чавуну й інших тендітних матеріалів.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

4.2. Захисні огороження, фарбування і блокування, що забезпечують безпечну експлуатацію проектованого устаткування

Згідно вимог ГОСТ 12.2.009 – 80\* рухомі частини, розташовані поза корпусами верстатів, що представляють небезпеку травмування, повинні мати огороження, що мають відповідну міцність, і які при необхідності оснащуються пристроями для легкого і безпечного відкривання і зняття, переміщення й установки.

Крім того, особливу небезпеку для робітника являє собою стружка, що відлітає, особливо при врахуванні того, що нова конструкція шпинделя дозволяє працювати з великими обертами шпинделя і великим значенням подачі.

Таким чином на багатошпиндельному токарному автоматі, оснащеному спроектованим патроном, захисними огороженнями повинні бути захищені наступні елементи:

- шпиндельний барабан;
- робоча зона різання.

Внутрішні поверхні дверцят захисних огорожень фарбують в червоний колір, а з зовнішнього боку дверцят установлюється попереджувальний знак за ГОСТ 12.4.026-76 (жовтого кольору рівносторонній трикутник вершиною догори з чорним знаком оклику усередині). Внаслідок необхідності частого доступу в робочу зону автомата для зняття й установки нових заготовок і деталей, дверцята захисних споруджень повинні переміщатися зусиллям не більшим 40 Н, однак дверцята виготовляються зі сталевих листів товщиною не менше 0.8 мм., або пластикових з міцної пластмаси товщиною не менше 4 мм.

Виступаючі поверхні кулачків підйомного патрона фарбуються смугами чорного і жовтого кольорів, що чергуються, тому що вони обертаються зі швидкістю, більшою 150 мм/с.

									016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

З метою забезпечення безпечної роботи верстата в ньому застосовуються блокування, описані в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. - Блокування, що забезпечують безпеку верстата

№ п/п	Що блокується й у якому випадку	Чим блокується
1.	Блокування включення шпинделів у випадку незакриття захисних дверцят	Кінцевий вимикач
2.	Блокування включення робочого циклу автомата у випадку незакриття кришок коробки передач	Кінцеві вимикачі
3.	Блокування передачі обертання на розподільному валу при перевантаженні	Зрізна шпонка на розподільному валу
4.	Обмеження руху всіх супортів у передньому положенні	Жорсткий упор
5.	Поворот блока шпинделів можливий тільки після подачі спеціальної команди на обертання завантажувального шпинделя, що свідчить про закінчення процесу завантаження	Електричне реле

4.3. Автоматичне збирання стружки на багатошпиндельних токарних автоматах

Особливу небезпеку для робітника являють собою різні види стружки. Небезпека поранення стружкою, що відлітає, і запобіжного заходу описані в розділі 5.2. Розглянемо міри боротьби зі зливною стружкою. Для знешкодження зливної стружки застосовуються пристрої її завивання чи дроблення.

На багатошпиндельних токарних автоматах враховуючи, що при роботі утворюється більше 30 кг стружки, застосовують транспортер для її видалення з верстата.

4.4. Електробезпеку проектуваного устаткування

Проходячи через організм людини, електричний струм викликає термічний, електролітичний і біологічний вплив.

Термічний вплив приводить до опіків різних ступенів.

Електролітичний вплив виявляється в розкладанні крові і лімфи, у зміні їх фізико-хімічного складу.

Біологічний вплив електричного струму обумовлює роздратування і порушення живих тканин організму, мимовільні судорожні скорочення м'язів рук, легень і серця.

У результаті дії струму в організмі людини виникають порушення різної складності, аж до повного припинення діяльності органів кровообігу і дихання.

Перераховані види впливу електричного струму на організм людини можуть бути викликані електричними травмами й ударами.

За безпекою поразки електричним струмом приміщення поділяються на три класи: без підвищеної небезпеки, з підвищеною небезпекою й особливо небезпечні. Металорізальний цех, оснащений багатошпиндельними верстатами-автоматами, відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки струмом, тому що в цеху можлива поява струмопровідного пилю, є велика кількість металокопункцій, з'єднаних із землею (верстати, транспортери, накопичувачі, залізні опори і т.д.), є можливість дотику людини одночасно до корпусу верстата і заземленої металокопункції.

У токарному автоматі присутні наступні напруги:

- 3-х фазна напруга 380 В (чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю).
- керуюча напруга 36 В постійного струму.
- керуюча напруга 110 В постійного струму.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.2.009-80 для безпечної роботи з такими напругами передбачені наступні міри й умови експлуатації.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоступність неізольованих струмоведучих частин забезпечується кожухами й електричними шафами суцільного типу (тому що відсутні напруги більші 1000 В).

Опір ізоляції електроустаткування в будь-якій незаземленій точці не нижчий 1 МОм., а для обмоток електродвигунів – не менше 0,5 МОм. Вимірювання опорів ізоляції проводиться за допомогою мегометра під напругою 500 - 1000 В.

Для силової електромережі з напругою 380 В змінного струму необхідно попереднє електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин устаткування (станина верстата, корпус електродвигунів, каркаси шаф, пульти керування), тобто занулення. Метою занулення є перетворення замикання на корпус устаткування в однофазне коротке замикання з метою спрацьовування захисту (згоряння запобіжників). Час відключення в цьому випадку складає 5...7 секунд.

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

Робота токарних багатошпindelних пруткових автоматів особливо при різанні заготовок із твердих сплавів супроводжується високими рівнями шумів і вібрацій. Це впливає на організм людини, знижує продуктивність праці і якість продукції, що випускається. Вплив на нервову систему працюючих, шум і вібрація викликають швидке стомлення, збільшують кількість помилок при роботі, сприяють підвищенню травматизму.

Шум класифікується відповідно до ГОСТ 12.1.003-83. Розрізняють низько-, середньо-, і високочастотний спектри шуму. Низькочастотний спектр має максимальний рівень звукового тиску на частотах до 400 Гц, середньочастотний - 400...1000 Гц, високочастотний вище 1000 Гц.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шум багатошпиндельного токарного автомата має наступні основні джерела: обертальні елементи передач (зубчасті колеса, шпинделі), пруток (удари по направляючій трубі), двигуни, процеси різання. Такий шум можна охарактеризувати, як середньочастотний і частково високочастотний. Для орієнтованої оцінки шуму рівень звуку вимірюють у децибелах; цей метод дозволяє оцінити гучність, тому що спектр у цьому випадку не аналізується.

Допустимі рівні звукового тиску в октавних гамах частот на робочих місцях для металорізальних цехів зведені в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2. - Допустимі рівні шуму в металорізальному цеху

Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівень звукового тиску, Дб	99	92	86	83	80	78	76	74

Вібрація токарного автомата виникає в основному за рахунок вібрації прутка в направляючій трубі, поступальних рухів великої кількості супортів, що мають дисбаланс, так само за рахунок пружних деформацій валів, підшипників, зубчастих коліс, сил тертя й інших факторів. До основних параметрів вібрації відносять амплітуду і частоту, а основною характеристикою вібрації є спектр рівня віброшвидкості. Загальні вібрації передаються людині через підлогу, а місцеві вібрації передаються через предмети дотику.

Велика кількість джерел шуму і вібрації в самому токарному автоматі вимагає приділення особливої уваги заходам щодо зниження шуму і вібрації. До таких заходів можна віднести:

- проектування шумопоглищення будівельно-акустичними методами: раціональне розміщення верстатів (можливо менша щільність не менш 1,5 м.), застосування екранів і вигоронок, звуковбирні облицювання, витягнута форма приміщення;

- зниження шуму звукоізолюючими кожухами;
- застосування звуко- вібропоглинальних матеріалів і конструкцій;
- акустична віброізоляція машин.

Для зменшення одного із самих активних джерел шуму і вібрацій - взаємодії прутка зі стінками направляючої труби, використовуються малошумні направляючі труби.

#### 4.6. Перелік вимог охорони навколишнього середовища при застосуванні змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР)

В умовах машинобудівних підприємств, особливо при використанні різних видів ЗОР, у повітрі постійно присутні аерозолі різного походження і різної концентрації. Потрапляючи в організм людини через органи дихання, шкірний покрив чи травну систему, шкідливі речовини можуть викликати гострі чи хронічні професійні захворювання.

З метою запобігання працюючого від шкідливого впливу ЗОР при роботі на токарних автоматах встановлюються спеціальні захисні екрани, що запобігають влучення ЗОР на працюючого.

Так як в ході роботи виникає необхідність доступу в робочу зону (зняття й установки деталей і заготовок), працюючий забезпечується спеціальними дерматологічними засобами для захисту шкіри рук. З урахуванням операцій, виконуваних робітником, доцільно постачати його рукавицями типу Б, відповідно до ГОСТ 12.4.010-75.

З огляду на повне огороження зони різання від працюючого і великої періодичності включення автомата, застосування місцевої вентиляції не є необхідним, тому що достатньо наявність у виробничому приміщенні загальнообмінної вентиляції.

Однак доцільним є застосування спеціальних сопел для подачі ЗОР у зону різання, рекомендованих до застосування ГОСТ 12.3.025-80, що гарантує утворення мінімальної кількості аерозолу.

										016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
											83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

#### 4.7. Пожежна безпека проектованого устаткування

Однією з основних причин виникнення пожежі при експлуатації проектованого устаткування є несправність електричної проводки верстата. З метою запобігання пожежонебезпеки необхідно застосовувати кабелі й електропроводки тільки тих типів, зазначених у керівництві до застосування верстата, систематично контролювати стан апаратів захисту від перевантажень і від коротких замикань.

Використовувані електричні освітлювальні апарати повинні мати закриті чи захищене виконання, а світильники аварійного освітлення повинні приєднуватись до незалежного джерела живлення.

У виробничому приміщенні доцільно застосовувати вогнегасники 3-х видів:

– ОХП-10, вогнегасник хімічний пінний, у якому піна утворюється за рахунок хімічної реакції між кислотою і лугом. Тривалість дії 60 сек. Дальність струменя 6...8 м. ОХП-10 не можна застосовувати при гасінні електроустановок під напругою, тому що струмінь буде служити провідником електричного струму, а також речовин, займистих від води (калій, натрій, карбід кальцію й ін.).

– ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, вогнегасники кислотні, призначені для гасіння невеликих загорянь усіх видів пальних і тліючих матеріалів, не викликаючи їхнього псування, а також електроустановок під напругою.

– ОБПУ-25В, вогнегасник повітряно-пінний універсальний (стаціонарна установка пінного пожежегасіння). Тривалість роботи 3...4 хвилини. Площа гасіння до 30 м, вага 450 кг. Застосовується для гасіння пожеж вогненебезпечних речовин і ЛВЖ.

Засоби пожежегасіння і пожежний інвентар повинні бути пофарбовані в кольори відповідно до вимог ГОСТ 15548-70.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В кваліфікаційній роботі бакалавра виконано модернізацію багатошпindelного токарного верстата для можливості затиску некаліброваних прутків, підвищення діапазону діаметрів заготовок, що затискаються, можливість автоматизованої обробки деталей, а також підвищення точності і зменшення собівартості обробки.

В кваліфікаційній роботі зроблено літературний огляд, в якому приведені загальні відомості про токарні автомати, принцип роботи та обробки деталей, а також наведені основні методи і принципи підвищення техніко-економічних показників і розширення технологічних можливостей токарних автоматів. В конструкторській частині роботи приведений аналіз методів і схем розширення діапазону затискуваних прутків без переналагодження, обґрунтування розробок, зокрема обґрунтування застосування СЦП, застосування ДПП, застосування ШЦП, приведено опис механізму затиску і подачі прутка, опис пристрою самоналагоджувального цангового патрону, пристрою здвоєного патрону подачі, і ін. В розрахунковій частині наведені розрахунки параметрів додаткового патрону подачі, самоналагоджувального цангового патрону, механізму фіксації, широкодіапазонного затискного патрону тощо. Також виконані розрахунки по розділу з охорони праці.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

## 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 :

									016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										86
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.

					016Б-24.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87