

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин**

«На правах рукопису»
УДК 621.881

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ **Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО**
«____» _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Конструювання та дизайн машин»

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

**на тему: “Створення і дослідження нових цангових патронів двійного
затиску (ЦПДЗ)”**

Виконав:

Студент VI курсу, групи МК-21мн

Осадчий Олег Ігоревич _____

Науковий керівник:

Д.т.н., проф. Кузнецов Юрій Миколайович _____

Консультант з _____:

Рецензент:

Доц. кафедри ТМ, к.н.м.

Кореньков Володимир Миколайович _____

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

Студент _____

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

Освітньо-наукова програма «**Конструювання та дизайн машин**»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО**

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Осадчому Олегу Ігоровичу

1. Тема дисертації «**СТВОРЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ ЦАНГОВИХ ПАТРОНІВ ДВІЙНОГО ЗАТИСКУ (ЦПДЗ)**», науковий керівник дисертації Кузнєцов Юрій Миколайович д.т.н., проф. затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації травень 2024 р.

3. Об'єкт дослідження Процеси і явища, що виникають в затискному механізмі, оснащеному ЦПДЗ

4. Предмет дослідження Схеми і конструкції ЦПДЗ

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

1. Сформулювати проблему удосконалення оснащення токарних верстатів в умовах викликів 4-ої промислової революції «Індустрія 4.0»

2. Запропонувати принципи створення ЦПДЗ

3. Розробити конструктивні схеми ЦПДЗ з різними передатними елементами

4. Виконати теоретичні дослідження силових і жорсткісних характеристик відомого і запропонованих ЦПДЗ

5. Розробити рекомендації і напрямки подальших досліджень

6. Створити БД ЦПДЗ з структурними формулами

7. Оформити заявку на корисну модель «Цанговий патрон» від КПП

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Патентно-інформаційні дослідження по темі «ЦПДЗ». 2. Морфологічна модель ЦПДЗ. 3. Шпindelний вузол токарно-револьверного верстата з ЦПДЗ. 4. Запропонований варіант високоточного ЦПДЗ. 5. Розрахункові схем для

дослідження силових характеристик ЦПДЗ. 6. Результати теоретичних досліджень силових характеристик ЦПДЗ. 7. Розрахункові схем для дослідження радіальної жорсткості затиску деталі в ЦПДЗ. 8. Результати теоретичних досліджень радіальної жорсткості ЦПДЗ. 9. Фрагмент бази даних ЦПДЗ.

7. Орієнтовний перелік публікацій 1. Kuznetsov Yu.M., Osadchiy O. I. EVOLUTION OF THE MAIN MOVEMENT DRIVE OF A LATHE // Міжнародна молодіжна науково-технічна конференція «Молода наука - роботизація і нано-технології сучасного машинобудування», 10-12 квітня 2024 р. з використанням Інтернет-платформ. Краматорськ – Вінниця – Тернопіль, Україна

8. Консультанти розділів проекту

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

9. Дата видачі завдання лютий 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання	Лютий 2023	
2	Патентно-інформаційний пошук	Квітень 2023	
3	Аналіз раніш виконаних досліджень	Червень 2023	
4	Розробка конструктивних схем ЦПДЗ	Липень 2023	
5	Розробка конструкції ЦПДЗ для токарно-револьверного верстату	Жовтень 2023	
6	Побудова розрахункових схем і розрахунки сили і жорсткості затиску	Грудень 2023	
7	Креслення ілюстративного матеріалу	Січень 2024	
8	Написання пояснювально-розрахункової записки	Лютий 2024	
9	Попередній захист і отримання рецензії	Травень 2024	
10	Захист дисертації на ДЕК	Червень 2023	

Студент

Олег ОСАДЧИЙ

Науковий керівник

Юрій КУЗНЕЦОВ

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з пояснювальної записки, що містить 52 сторінки тексту, 25 рисунків, 75 літературних джерел.

Магістерська дисертація присвячена підвищенню в галузі машинобудування продуктивності, економічності та функціональних можливостей металорізальних верстатів, за рахунок пошуку оригінальних технічних рішень і подальшого розвитку теорії затискних патронів з новим генетико – морфологічним підходом до опису і синтезу ЗП.

Розроблена методика дослідження затискних патронів, отримані результати силових і жорсткісних характеристик ЦПДЗ, застосовано генетико-морфологічний підхід до синтезу затискних механізмів.

Ключові слова: генетико-морфологічний синтез, генетична модель, статична жорсткість, морфологічний синтез, сила затиску.

ABSTRACT

Master's thesis consists of explanatory note containing pages of text, tables, figure, references, applications.

The object of study - the process of clamping and elastic forced off bodies of revolution (artificial billets, rods and tools) in the clamping chuck in statics and dynamics at high speeds when cutting.

Subject of research - collet clamping chuck double clamp.

Master's thesis devoted to improvement in engineering productivity, efficiency and functionality of machine tools, search by original technical solutions and further development of the theory clamping cartridges with new genetic - morphological approach to the description and synthesis of collet clamping chuck double clamp.

The method of investigation clamping cartridges, the results of power and stiffness characteristics of W, used genetic and morphological approach to synthesis clamping approaches.

Keywords: genetic and morphological synthesis, genetic model, static rigidity, morphological synthesis, clamping force.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

БТА – багатошпиндельний токарний автомат

Д – деталь

ДЕ – джерело енергії

ЗМ – затискний механізм

ЗП – затискний патрон

ККД – коефіцієнт корисної дії

МА – морфологічний аналіз

ММ – морфологічна модель

МТ – морфологічна таблиця

МФ – морфологічна формула

НТП – науково-технічний прогрес

ОЗ – об'єкт затиску

ОТА – одношпиндельний токарний автомат

П – патрон

П-Д – патрон-деталь

ППМ – передавально-перетворювальний механізм

Пр – привід

ПрЗ – привід затиску

Пр-П – привід-патрон

ПСМ – пружна система механізму

ПЕ – пружний елемент

ПЛ – пружна ланка

ПЕ – перетворювач енергії

РО – робочий орган

ТА – токарний автомат

ТР – технічне рішення

ТРВ – токарно-револьверний верстат

ТС – технічна система

ЦЗМ – цанговий затискний механізм

ЦП – цанговий патрон

ЦПДЗ – цанговий патрон двійного затиску

ШВ – шпиндельний вузол

ЕП – эвристический прием

GR – зубчастий перетворювач

LV – важільний перетворювач

PL – плунжерний перетворювач

SC – гвинтовий перетворювач

SP – спіральний перетворювач

SR – пружний перетворювач

WD – клиновий перетворювач

ЗМІСТ

ВСТУП	9
Розділ 1. ПРОБЛЕМА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ 4-ОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ «ІНДУСТРІЯ 4.0»	12
1.1. Виклики 4-ої промислової революції «Індустрія 4.0» перед вченими і виробниками	12
1.2. Вимоги до затискних патронів (ЗП) токарних верстатів	15
1.3. Основні характеристики затискних патронів (ЗП) токарних верстатів	17
1.4. Аналіз відомих схем і конструкцій ЦПДЗ та раніш проведених досліджень	19
1.5. Мета і задачі досліджень	19
Розділ 2. Принципи створення ЦПДЗ	20
2.1. Особливості диференційно-морфологічного синтезу ЦПДЗ	20
2.2. Використання універсальних генетичних операторів для синтезу ЦПДЗ	21
2.3. Особливості написання структурних формул ЦПДЗ на різних рівнях генетичної інформації	24
2.4. Формування банку даних ЦПДЗ з структурними формулами на різних рівнях генетичної інформації	25
2.5. Висновки	34
Розділ 3. Конструкторський	35
3.1. Конструктивні схеми ЦПДЗ з різними передатними елементами	35
3.2. Конструкції і принцип роботи варіантів ЦПДЗ	35
3.3. Запропонований ЦПДЗ	37
3.4. Висновки	41
Розділ 4. Дослідницький	43
4.1. Порівняльні теоретичні дослідження силових характеристик відомого і запропонованого ЦПДЗ	43
4.2. Порівняльні теоретичні дослідження жорсткісних характеристик відомого і запропонованого ЦПДЗ	44
4.3. Висновки	48
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ	49
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	50

1 ВСТУП

Актуальність роботи. В теперішній час в машинобудуванні не мало уваги приділяється до створення та дослідження затискних патронів, які відіграють важливу роль при виготовленні деталей та продукції для задоволення потреб людини. Точність та надійність затискання інструмента чи деталі в затискному патроні (ЗП) є однією із головних вимог для дотримання точності обробки на верстаті і виготовлення якісних деталей.

На сьогодні поряд з тенденціями підвищення продуктивності, точності, розширення функціональних можливостей обладнання для токарної обробки

актуальним є ріст рівня автоматизації серійного і особливо дрібносерійного виробництва, який супроводжується підвищенням його гнучкості. В умовах ринкової економіки співвідношення продуктивності та гнучкості металорізальних верстатів, які використовуються в дрібносерійному і серійному виробництві, має велике значення. При токарній обробці це співвідношення суттєво залежить від технологічного оснащення для затиску заготовок і затискних патронів для затиску інструменту, яким у більшості випадків служать механізовані токарні патрони. Можливість переналагодження затискного патрона при зміні типорозміру оброблюваної деталі, час та вартість такого переналагодження в значній мірі визначають ефективність механічної обробки.

Відомі ЦП, які не завжди відповідають таким вимогам виробництва як висока точність, мала енергоємність і висока якість оброблюваної поверхні. Тому актуальним є питання підвищення продуктивності високошвидкісної обробки на основі об'єктивного вибору, вдосконалення, або створення принципово нових цангових патронів двійного затиску (ЦПДЗ). А для впровадження ЦПДЗ в виробництво і для створення попиту на ринку, їх потрібно досконально дослідити як теоретично так і експериментально.

Дослідженню конструкцій ЗП присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних вчених. У роботах доктора технічних наук, професора Кузнецова Юрія Миколайовича, закладені наукові основи створення самоналагоджувальних, широкодіапазонних, швидкопереналагоджувальних та багатофункціональних затискних механізмів, запропонований диференціально-морфологічний метод та генетико-морфологічний підхід структурно-схемного синтезу, який дозволяє створювати нові структури затискних патронів. Багато робіт Кузнецова Ю.М. та його вихованців, присвячено синтезу і дослідженню різноманітних видів ЗП.

Але світ не стоїть на місці і з кожним днем в промисловості виникають все більші вимоги та потреби для створення нових конструкції ЗП, які потребують дослідження і випробувань.

У металорізальних верстатах ЗП чинять значний вплив на точність і продуктивність обробки деталей, визначають режими і якість обробки, можливість скорочення припусків на подальші операції і зменшення кількості операцій. Швидкодія затискних патронів дозволяє скоротити допоміжний час на установку, закріплення заготовок і інструменту в автоматичному циклі роботи.

Отже, принцип надійного затиску можна сформулювати таким чином: для того, щоб надійно і швидко затиснути (закріпити) об'єкт, необхідно протягом мінімального або заданого часу прикласти певні сили з боку одних поверхонь (що затискають) до інших поверхонь (що затискаються) так, щоб за допомогою опорних, фіксуючих і стопорних елементів нерухомо і точно зафіксувати об'єкт або створити сили зчеплення (тертя) між ними, що виключають їх відносний зсув, вібрації під дією власної ваги і зовнішніх сил (різання, відцентрових) і запобігаючи деформації, спотворення форми і якості поверхні об'єкта закріплення.

Важко створити ефективний ЗП, що задовольняє вимогам забезпечення високої точності і отримання великих зусиль закріплення, тому проектування

ЗП повинне базуватися на глибокому аналізі і точному розрахунку параметрів процесу закріплення при взаємодії основних затискних елементів з об'єктом закріплення. Основні вимоги, що пред'являються до ЗП – міцність, надійність, компактність, безпечність, широкодіапазонність, швидкодія, довговічність та багато інших. Окрім основних, до ЗП ставляться також додаткові і спеціальні вимоги: швидка змінність і переналагоджуваність, легкість регулювання, широта діапазону, захищеність, ремонтпридатність, можливість автоматичного регулювання параметрів затиску або дистанційного керування, безшумність, безпека роботи і ін. Таким чином, основні і додаткові вимоги до ЗП витікають з вимог, що ставляться до верстата, технологічного процесу і що визначають точність і продуктивність обробки при високій якості продукції, що випускається.

Мета досліджень. Метою роботи являється підвищення в галузі машинобудування продуктивності, економічності та функціональних можливостей металорізальних верстатів, в тому числі нового покоління, за рахунок пошуку оригінальних технічних рішень і подальшого розвитку теорії затискних патронів з новим генетико – морфологічним підходом до опису і синтезу ЗП.

Задачі для досягнення мети. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні основні задачі:

1. Виконати аналіз нових підходів до синтезу ЗП
2. Розробити і застосувати генетико-морфологічний підхід для структурно-схемного синтезу нових різновидів ЗП.
3. Виконати теоретичні дослідження жорсткісних і силових характеристик синтезованих ЦПДЗ.
4. Експериментально дослідити силові і жорсткісні характеристики ЦПДЗ.

Об'єкт дослідження – процес затиску і пружні відтискання тіл обертання (штучних заготовок, прутків та інструментів) в затискних патронах в статиці і динаміці на високих частотах обертання при різанні.

Предмет дослідження –затискний цанговий патрон подвійного затиску (ЦПДЗ).

Нові наукові і практичні результати. Основний науковий результат – вперше розроблена і запропонована методологія багаторівневого генетико-морфологічного синтезу, розроблений морфологічний синтез цангових патронів двійного затиску (ЦПДЗ). Також розроблена методика дослідження їх жорсткісних і силових характеристик.

Випробуваний і теоретично досліджений дослідний зразок ЦПДЗ, який дозволяє підвищити продуктивність і економічність, а також розширити функціональні можливості токарно-револьверного верстата при обробці деталей на високих режимах різання.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення роботи доповідалися і обговорювалися на двох конференціях.

Публікації за матеріалами дисертації. За темою дисертації подана заявка від КПП для отримання патента України на корисну модель та опубліковано тези доповідей на двох конференціях.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, 5-ти розділів, загальних висновків і додатків. Робота викладена на ... друкованих сторінках, містить... рисунків, ... таблиць, список використаної літератури із ... найменувань та ... додатків.

2 1 ПРОБЛЕМА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ В УМОВАХ ВИКЛИКІВ 4-ОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ «ІНДУСТРІЯ 4.0»

2 1.1 Виклики 4-ої промислової революції «Індустрія 4.0» перед вченими і виробниками

Сьогодні, як ніколи люди почали замислюватися про майбутнє: своє, як особисті, своєї родини, свого колективу, своєї організації, своєї країни і, навіть, всього людства, задаючи питання: «Що нас чекає в недалекому і далекому майбутньому?». Зараз вчених і мислителів турбує філософія майбутнього і навіть його конструювання, що приводить до ефекту емерджентності і створенню несподіваних рішень на рівні винаходів і наукових відкриттів. Це можливо на основі використання системного підходу, застосування теорій еволюційного і генетичного синтезу стосовно складних технічних систем (ТС), що розвиваються в часі [4].

Все, що Людина створює і намагається створити, Природа передбачила в своїх програмах, де закладено основний генетичний принцип «Від простого до складного». Тому «Основним творцем є Природа, а Людина – одне з неперевершених творінь і творець за своєю подібністю» (від автора).

Зараз багато вчених різних країн і в різних сферах діяльності намагаються давати прогнози відносно розвитку техніки і технологій майбутнього, посилаючись на четверту «Індустрія 4.0» і п'яту «Індустрія 5.0» [5,6] промислові революції.

Ізраїльський вчений Юваль Ной Харарі заявляє [], що спостерігаються дві одночасно революції з умовною назвою «Біометричний сенсор»: **перша** – розвиток комп'ютерної науки (розквітання навчання, штучний інтелект); **друга** – розвиток біології (нейробіології), де організм стає алгоритмом. На його думку, революційний процес здійснюється на трьох напрямках: 1 – **біоінженерія** (вирощування нових органів, оновлення старих органів, втручання в організм навіть на генетичному рівні, тобто перепрограмування ДНК); 2 – **радикальний**

процес, як комбінація органічного і неорганічного (біонічна рука, комп'ютерний інтерфейс в мозоку Людини, друга імунна система, що створена з мільйонів нанороботів, тощо); 3 – **найбільш радикальний** процес (створення повністю неорганічних форм життя).

На жаль, багато урядів і вчених сприймають скептично ці революційні процеси, ігнорують і зловмисно критикують думки тих, хто намагається зазирнути в майбутнє з врахуванням конвергенції знань і використанням міждисциплінарного підходу у вигляді нано-біо-інфо-когно-соціо-еко (НБІКСЕ) – технологій. Хоча від цього залежить не тільки майбутнє людства, але і життя на планеті **ЗЕМЛЯ**.

Тільки Китай правильно все сприймає і першим буде готовим до викликів нових індустріальних революцій, що вже зараз він демонструє усьому світу і вкладає значні інвестиції в **НАУКУ і ОСВІТУ**.

В Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2021-2031 роки [7] нічого не сказано, яку країну ми плануємо будувати, і тільки мимохідь двічі згадано про «Індустрія 4.0» і зовсім, на жаль, немає згадки про «Індустрія 5.0» і міждисциплінарний підхід.

Сьогодні важко уявити людську діяльність без електрики. Тому відкриття генетичної класифікації первинних джерел електромагнітного поля [4] створило умови для постановки принципово нових системних задач, серед яких чільне місце посідають задачі передбачення, яке здійснюється на основі розшифрування і аналізу генетичних програм структуроутворення довільних функціональних класів електромеханічних систем [6].

За результатами досліджень, проведених в КПІ ім. Ігоря Сікорського механіками і електромеханіками, здійснена практична реалізація програми геномних досліджень, яка дозволила відкрити нові функціональні класи об'єктів (рис.1.1). Це дозволило суттєво зекономити часові й матеріальні ресурси, які традиційно витрачаються на пошук нових оригінальних ідей, інноваційних проєктів та технологій. Використання теорії генетичної електромеханіки дозволило здійснювати спрямований генетичний синтез і

передбачення верстатів нового покоління без механічних передач, їх моделюванням у вигляді структурних генетичних формул [3].

Процес творчого мислення Людини, як психічний процес відображення об'єктивної реальності (вищий ступінь людського пізнання), пов'язаний з великою кількістю перешкод, оскільки проблема мислення не може мати однозначного тлумачення і охоплює широкий діапазон дій лівої і правої півкуль людського мозку від альтернативно-логічного до інтуїтивно-практичного мислення в їх взаємодії або схрещуванні, що умовно можна віднести до гібридного мислення [2].

На горизонті починає проглядатися нова промислова революція «Індустрія 5.0», яка якісно відрізняється від чотирьох попередніх розвитком людиноцентристських технологій, спрямованих на підсилення фізичних можливостей Людини, його творчого і інтелектуального потенціалу, підвищення якості, продовження життя [8,9]. З'явилася нова концепція: **майбутні технології – це не технології, що заміщують Людину, а технології, що доповнюють Людину.**

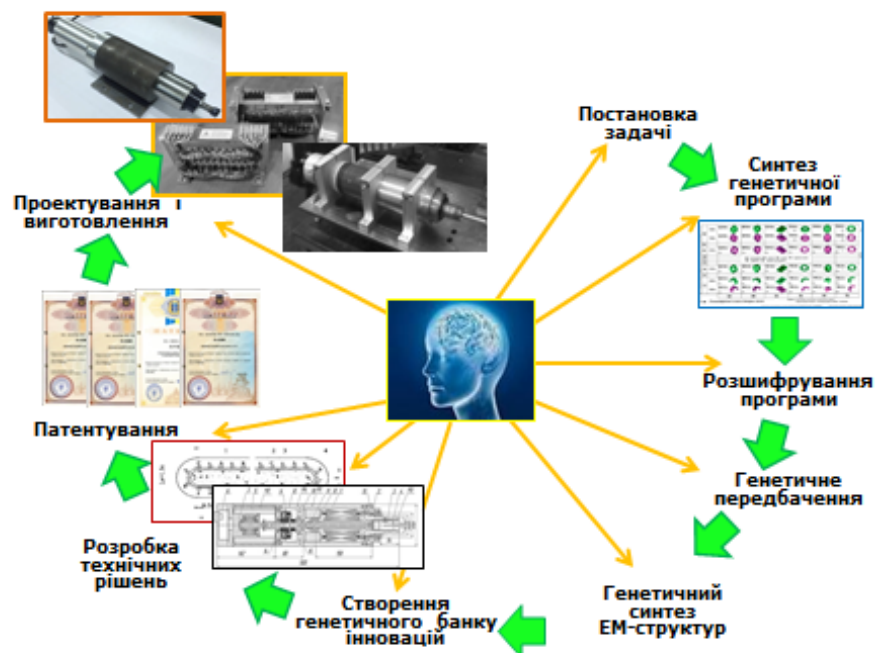


Рисунок - 1.1. Перші в світі технічні об'єкти, синтезовані в КПП за результатами розшифрування їх генетичних програм

Вже є новітні технології удосконалення тіла і розуму. З'явилися теорії і технології, спрямовані на довголіття Людини. Майбутнє також за невеликими ядерними реакторами, які дозволять значно знизити викиди вуглекислого газу. Продукти харчування з застосуванням біотехнологій будуть вироблятися не на сільськогосподарських ланах, а в лабораторіях з клітин.

Індустріальні революції в майбутньому приведуть до того, що відношення людей з машинами на виробництві і в звичайному житті перейдуть на новий рівень. Поки ніхто не може стверджувати, як це відобразиться на суспільстві, в діяльності якого з'явиться «Індустрія 5.0».

2 1.2 Вимоги до затискних патронів (ЗП) токарних верстатів

У металорізальних верстатах ЗМ і, зокрема, ЗП значно впливають на точність і продуктивність обробки деталей.

Принцип надійного затиску може бути сформульований у такий спосіб: надійно і швидко затиснути (закріпити) - це прикласти протягом мінімального або заданого часу визначені сили з боку одних поверхонь (затискаючих) до інших поверхонь (що затискаються) так, щоб за допомогою упорних, фіксуючих і стопорних елементів нерухомо і точно зафіксувати об'єкт або створити сили зчеплення (тертя) між ними, що виключають їх відносний зсув, вібрації під дією власної ваги і зовнішніх сил (різання, відцентрових) і деформації, що запобігають, перекручуванню форми і якості поверхні об'єкта закріплення.

Важко створити ефективний ЗП, що значною мірою задовільняє вимогам як забезпечення високої точності, так і необхідності отримання великих зусиль закріплення. Тому проектування ефективних ЗП повинне

базуватися на досить глибокому аналізі і розрахунку параметрів процесу закріплення при взаємодії їх основних елементів [25].

Серед різноманіття вимог, пропонованих до ЗП у процесах затиску-розтиску (1-й стан) і різання (2-й стан) і пояснюючих велике різноманіття їхніх конструкцій, основними є: сила (необхідна умова), жорсткість, точність при їх стабільності, міцність, швидкодія, енергоекономічність, компактність, вписуваність в габарити верстата, безвідмовність роботи, довговічність і конструктивна простота [27].

Крім основних, до ЗМ і ЗП ставиться ряд додаткових і спеціальних вимог: швидкозмінність, швидкопереналаджуваність і легкість регулювання, широкодіапазонність, захищеність, ремонтпридатність, можливість автоматичного регулювання характеристик затиску або дистанційного керування, безшумність, безпека й ін. Таким чином, основні і додаткові вимоги до ЗМ впливають з вимог, що ставляться до верстата, технологічного процесу і визначаючих точність і продуктивність обробки при високій якості продукції, що випускається.

У верстатах із ЧПК і верстатних системах час операцій, зв'язаних з маніпулюванням заготовками й інструментами (завантаження - розвантаження, затиск-розтиск, перекантовування, зсув і т.д.), впливає на загальний баланс часу виконання технологічних операцій [27].

Існують такі технологічні системи з автоматичним циклом керування, у яких операції так розчленовані, що час допоміжних рухів рівний з машинним часом. Тому час затискних операцій повинен бути зведений до декількох секунд або навіть їх долей. По швидкодії серед різних конструкцій ЗМ варто віддати перевагу вакуумним, пневматичним і магнітним ЗМ. Крім використання швидкодіючих приводів робочого переміщення затискних елементів необхідно думати над створенням таких ЗМ перемінної структури,

в яких робочий хід затиску був би гранично малим і існував тільки для натягу системи, а вибірка зазору при переході на інший розмір оброблюваної заготовки здійснювався додатковими кінематичними ланцюгами з великою швидкістю або однократно [14].

Ускладнення технологічних циклів, включення ЗМ в автоматизовані технологічні системи й установка їх у дорогі металорізальні верстати накладає досить високі вимоги по надійності, тому що простій ЗМ призводить до неминучого простою верстата або цілої технологічної лінії. Істотним також є те, що в половині випадків відмовлення ЗМ приводить до ушкодження інструмента, що ріже, або робочого органа верстата, а також до травмування обслуговуючого персоналу [15].

Правильне функціонування ЗМ зв'язане з погодженою дією інших механізмів верстата і виробленням сигналів, зв'язаних: з наявністю оброблюваної заготовки; включенням приводу затиску; регулюванням сили затиску до заданої величини; досягненням попередньо заданої величини сили затиску; включенням механізму або переключенням на встановлений режим роботи; остаточним відключенням.

2 1.3 Основні характеристики затискних патронів (ЗП) токарних верстатів

Вимоги до ЗП можуть бути виражені кількісно через відповідні характеристики. Величина і розкид характеристик ЗП залежать від якості їхнього виготовлення і регулювання, оскільки це є функцією відхилення від номіналу багатьох лінійних, кутових розмірів і жорсткості деталей, сил тертя, якості зборки і т.д. На стабільність характеристик великий вплив здійснює відхилення розміру (діаметра) поверхні об'єкта, що затискається, закріплення $\Delta d = d_{\max} - d_{\min}$.

Абсолютна величина будь-якої характеристики - функції Φ визначається її середнім значенням Φ_{cp} або математичним очікуванням $\overline{\Phi}$:

$$\Phi = \Phi_{cp} = 0,5(\Phi_{max} + \Phi_{min}); \quad (1.1)$$

$$\Phi = \overline{\Phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Phi_i \quad (1.2)$$

де Φ_{max} , Φ_{min} і Φ_i - відповідно максимальне, мінімальне і випадкове абсолютне значення характеристики; n - число вимірів випадкових значень (обсяг вибірки) характеристики.

Розкид характеристик може визначатися їхньою абсолютною різницею

$\Delta\Phi$ або дисперсією σ^2_{Φ} :

$$\Delta\Phi = \Phi_{max} - \Phi_{min}; \quad (1.3)$$

$$\sigma^2_{\Phi} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Phi_i - \overline{\Phi})^2 \quad (1.4)$$

Відносний розкид характеристик може визначатися різними коефіцієнтами і показниками. Наприклад, сумарна радіальна сила затиску циліндричної заготовки з відхиленням діаметра Δd може визначатися середнім значенням $T_{\Sigma} = 0,5(T_{\Sigma max} + T_{\Sigma min})$, показником нестабільності

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta T_\Sigma}{\Delta d} = \frac{T_{\Sigma \max} - T_{\Sigma \min}}{d_{\max} - d_{\min}}, \quad \text{коефіцієнтами} \quad \text{нерівномірності} \quad \delta_T = \frac{\Delta T_\Sigma}{\Delta T},$$

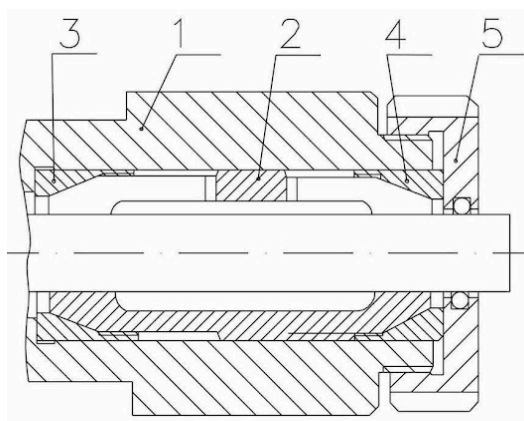
$$\text{стабільності} \quad K_T = \frac{T_{\Sigma \max}}{T_{\Sigma \min}} \quad \text{або розкиду (перевантаження)} \quad \lambda_T = \frac{T_{\Sigma \max}}{T_{\Sigma \min}}$$

При $\Delta d = 0$ показник нестабільності $\varepsilon_T = 0$, але якщо коефіцієнт нерівномірності $\delta_T = 0$, то це характеризує вплив розкиду випадкових факторів (тертя, жорсткості деталі і т.д.) на нерівномірність характеристики - радіальної сили.

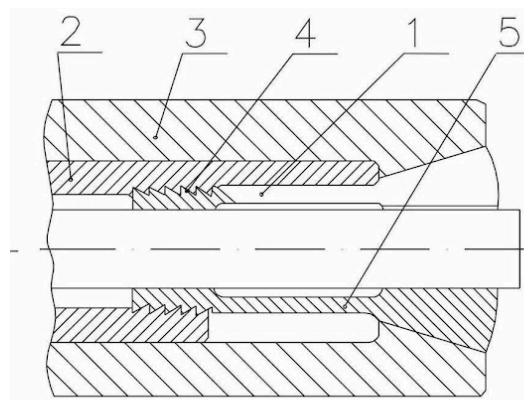
При коефіцієнті охоплення $K_0 < 1$ ЗП з робочим діапазоном Δd не може закріплювати заготовки в заданому діапазоні діаметрів Δd . При $K_0 = 1$ цілком використовується робочий діапазон ЗП і забезпечується сила затиску не менше нижнього припустимого рівня. При $K_0 > 1$ має місце резерв на додаткове охоплення діаметрів заготовки. В останньому випадку K_0 можна розглядати як показник запасу на знос робочої поверхні затискних елементів патрона за умови, що затискання заготовки одного номінального діаметра з відповідними відхиленнями. Ознакою, що дозволяє віднести патрони до широкодіапазонного є виконання умови $K_0 > 1$. У гіршому випадку, тобто коли не забезпечується охоплення заданого діапазону діаметрів заготовки діапазоном діаметрів патрона, останні відносяться до вузькодіапазонних [17].

2 1.4 Аналіз відомих схем і конструкцій ЦПДЗ та раніш проведених досліджень

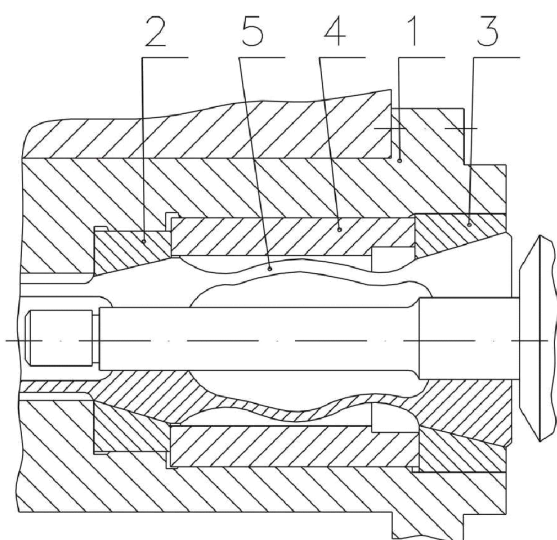
На **рисунках - 1.2 та 1.3** наведені для аналізу відомі схеми ЦПДЗ, як результат раніш виконаних патентно-інформаційних досліджень.



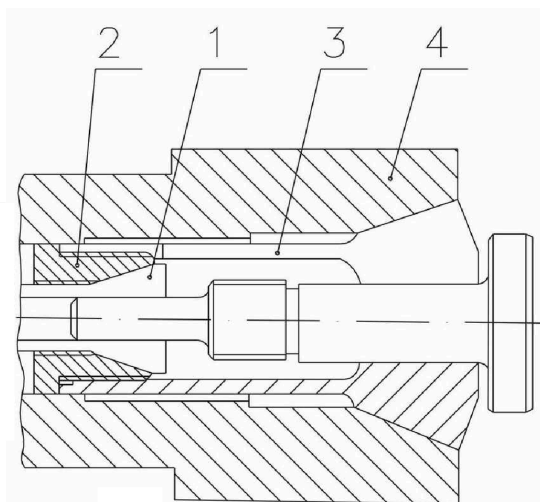
a)



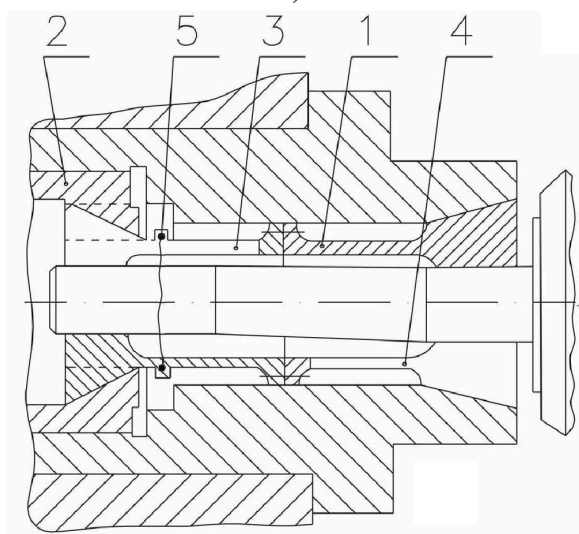
б)



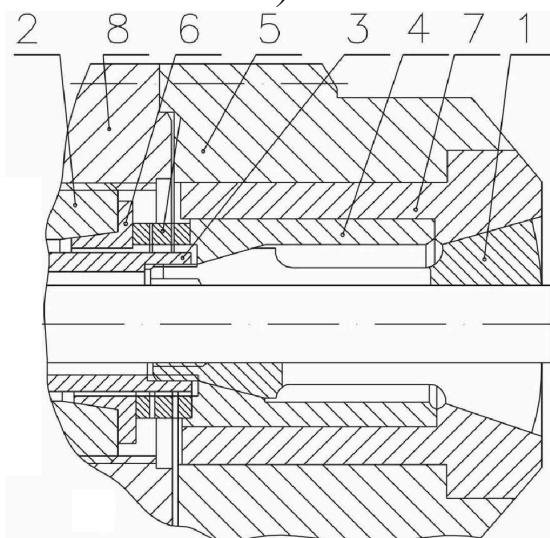
в)



г)



д)



е)

Рисунок - 1.2 Відомі конструктивні схеми ЦПДЗ

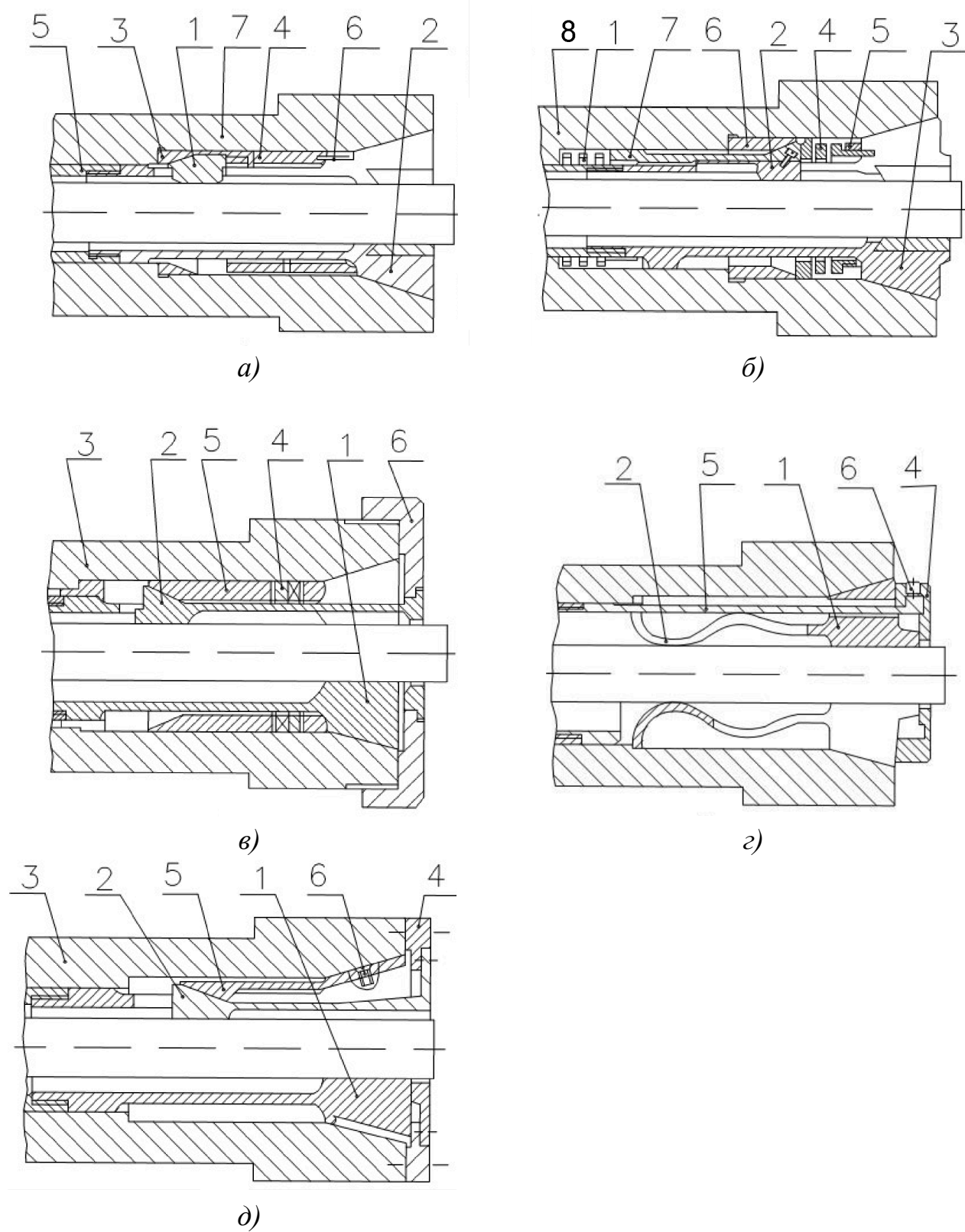


Рисунок - 1.3 Синтезовані в КПП конструктивні схеми ЦПДЗ

2 1.5 Мета і задачі досліджень

Метою роботи являється підвищення в галузі машинобудування продуктивності, економічності та

функціональних можливостей металорізальних верстатів, в тому числі нового покоління, за рахунок пошуку оригінальних технічних рішень і подальшого розвитку теорії затискних патронів з новим генетико – морфологічним підходом до опису і синтезу ЗП.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **основні задачі**:

1. Виконати аналіз нових підходів до синтезу ЗП
2. Розробити і застосувати генетико-морфологічний підхід для структурно-схемного синтезу нових різновидів ЗП.
3. Виконати теоретичні дослідження жорсткісних і силових характеристик синтезованих ЦПДЗ.
4. Експериментально дослідити силові і жорсткісні характеристики ЦПДЗ.
5. Розробити рекомендації по удосконаленню і впровадженню ЦПДЗ.

3 2 ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ЦПДЗ

3 2.1 Особливості диференційно-морфологічного синтезу ЦПДЗ

Під час створення конструкцій і схем затискних патронів доцільно використовувати диференціально-морфологічний метод, який є розвитком і комбінацією відомих методів. Цей метод полягає у використанні евристичних прийомів повного, неповного та комбінованого розчленування затискного елемента (ЗЕ) для вирішення технічних суперечностей на етапі пошуку структур. Ці прийоми диференціюють і інтегрують функції та поверхні [1, 16, 19, 22].

Це дозволяє створювати нові конструкції патронів, які забезпечують різні основні та додаткові ефекти затиску. При повному одноправленому розчленуванні отримані конструкції відповідають новим принципам затиску або забезпечують нові якості. Відповідно до основного ефекту розчленування на етапі структурного синтезу вибираються кілька переважних конструкцій за напівформалізованим приватним критерієм якості, що відображає основні вимоги до створеного ЗЕ.

Потім проводиться морфологічний аналіз схем з використанням прийомів перестановки, поєднання, встановлення послідовності роботи, забезпечення функцій затискними елементами та передавально-підсилювальними ланками, вводяться різні зв'язки і вибирається їхнє місце. Завдяки цьому методу в поєднанні з методами комбінаторики отримано різноманітні конструкції та схеми патронів [20, 23, 25].

3 2.2 Використання універсальних генетичних операторів для синтезу ЦПДЗ

Існує і використовується при синтезі ЦПДЗ 5 універсальних генетичних оператора: реплікації, схрещування, інверсії, кросинговера, мутації.

Приклад реплікації наведений на **рисунку - 2.1**

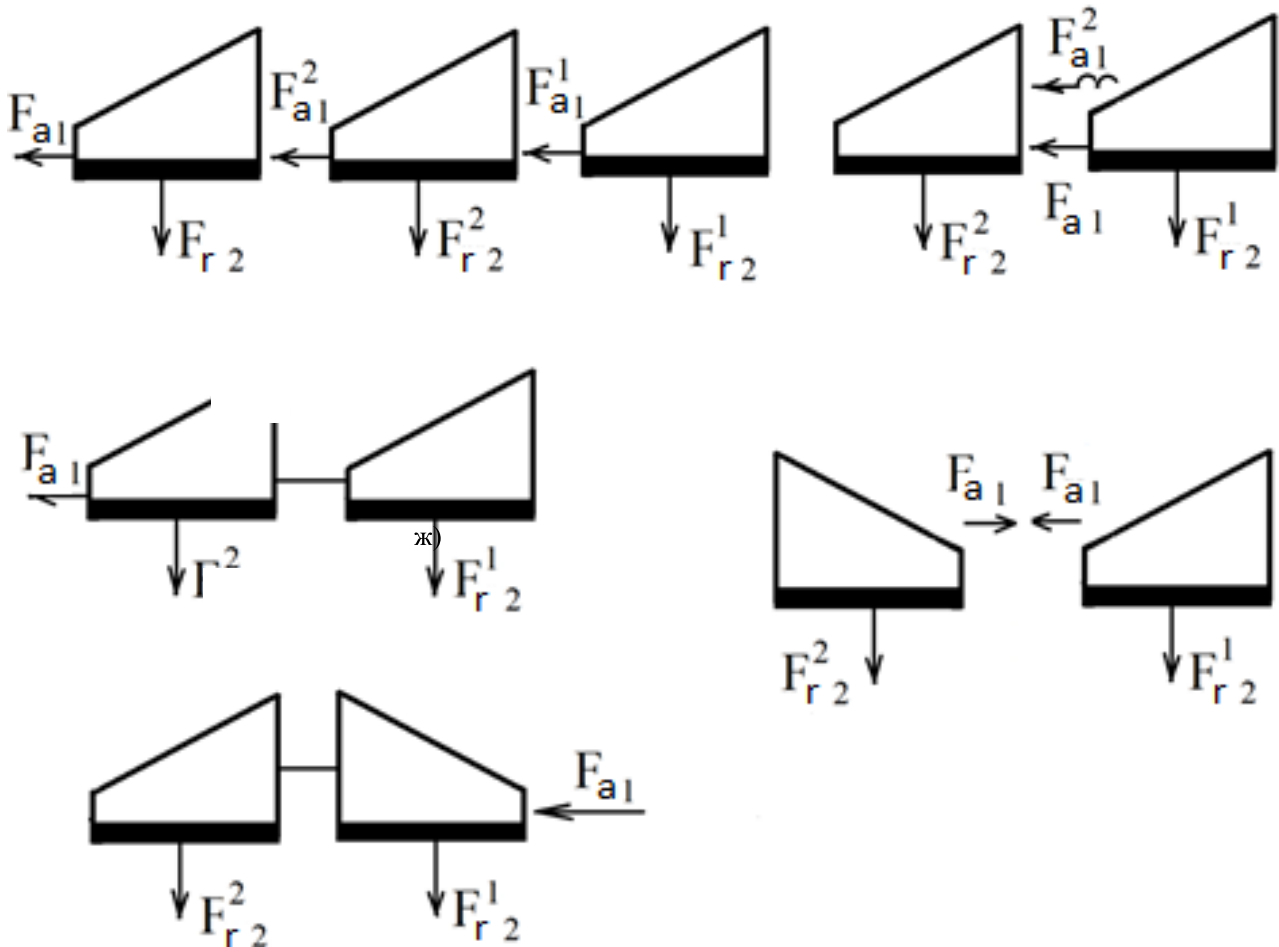


Рисунок - 2.1 Фрагмент хромосомного набору першого покоління цангових ЗП подвійного затиску, створеного за результатами реплікації в поздовжньому напрямку ($K_R = 2$) з первинним силовим потоком $F_{a1} - F_{r2}$.

Використання оператора схрещування наведено на **рисунок - 2.2**

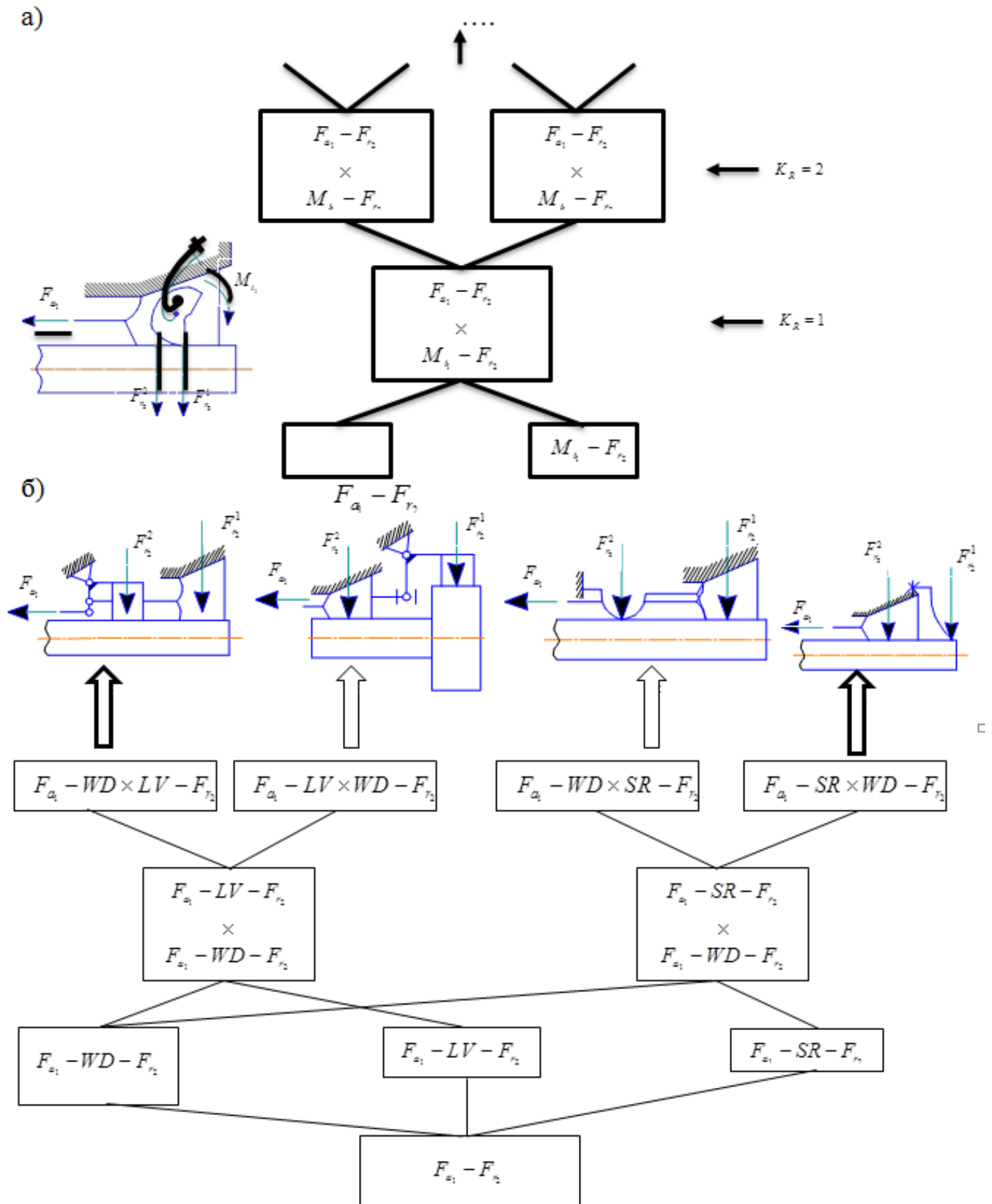


Рисунок - 2.2 Варіанти використання оператора схрещування на рівні синтезу затискних патронів з двох батьківських хромосом (а) і трьох хромосом-нащадків однієї батьківської хромосоми (б).

Оператор інверсії наведений на **рисунку - 2.3**

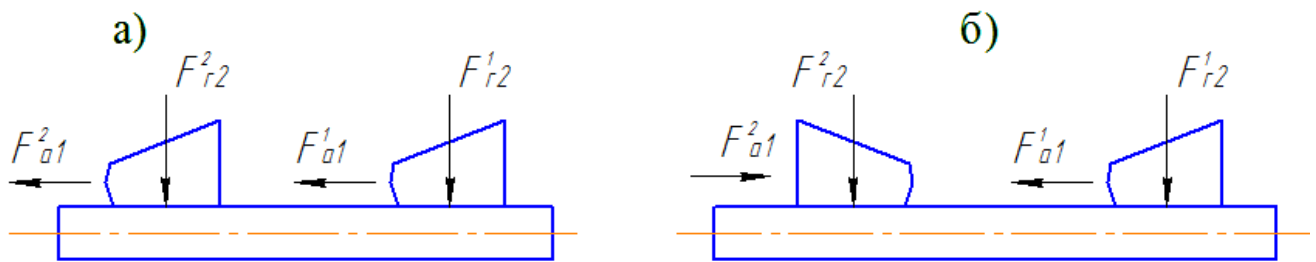


Рисунок - 2.3 Цанги в затискному патроні подвійного затиску: а) тягнучі; б) тягнуча і натискає

Використання оператора кросинговера наведено на **рисунку - 2.4**

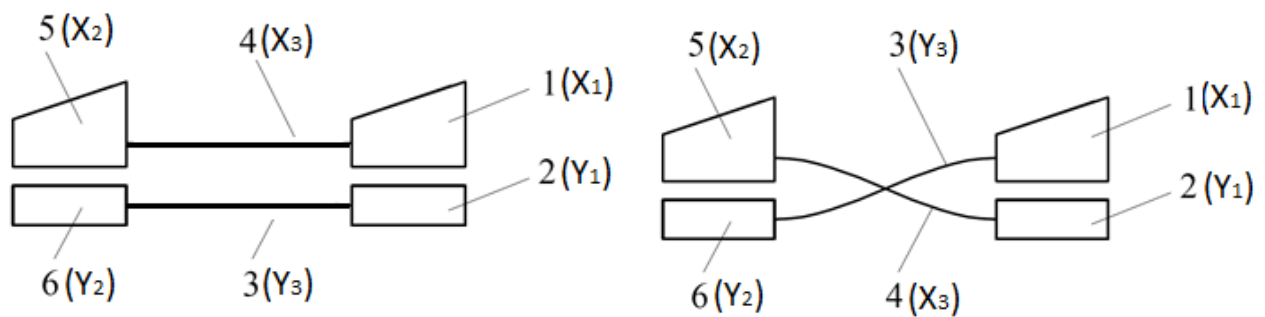


Рисунок 2.4 Цанговий ЗП подвійного затиску відомий (а) і синтезований з перехресними пелюстками(б): 1 – основний ЗЕ; 2,6 – проміжні ЗЕ; 3 – пелюстки, з'єднуючі основний 1 і проміжний 6 ЗЕ; 4 – пелюстки, з'єднуючі проміжний 2 і додатковий 5 ЗЕ

Приклад використання оператора мутації наведений на **рисунку - 2.5**

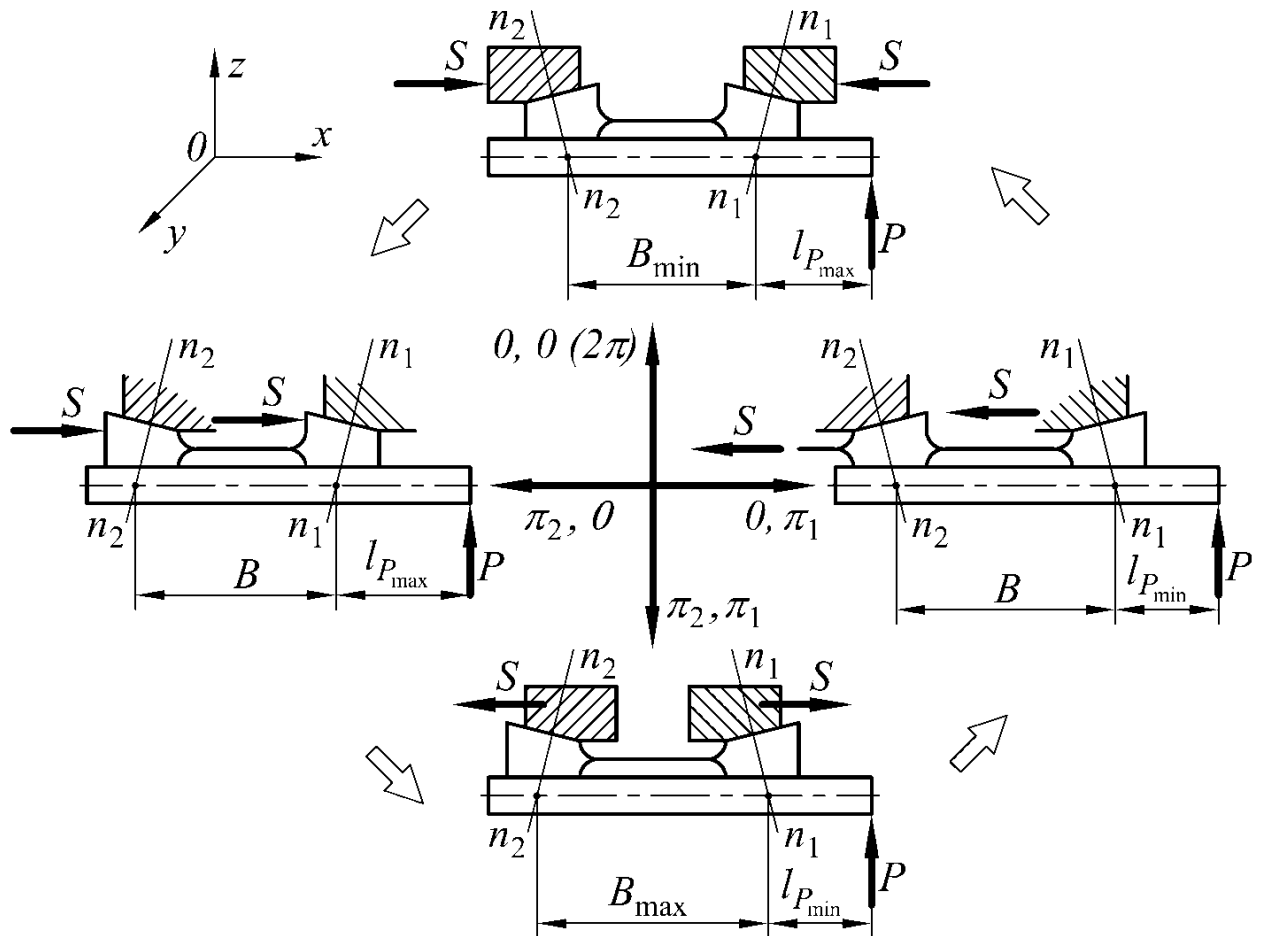


Рисунок - 2.5 Приклад просторової мутації данги з подвійним затиском

3 2.3 Особливості написання структурних формул ЦПДЗ на різних рівнях генетичної інформації

Для створення і формування банку даних ЦПДЗ обираємо три рівня генетичної інформації [25]:

- Хромосомний;
- Об'єктний;
- Популяційний.

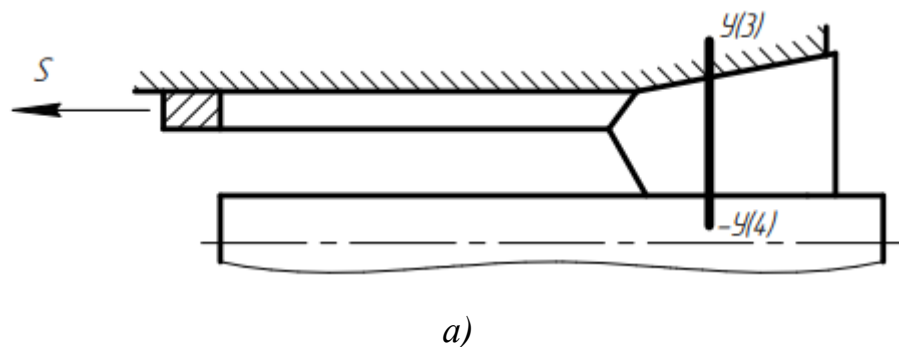
3 2.4 Формування банку даних ЦПДЗ з структурними формулами на різних рівнях генетичної інформації

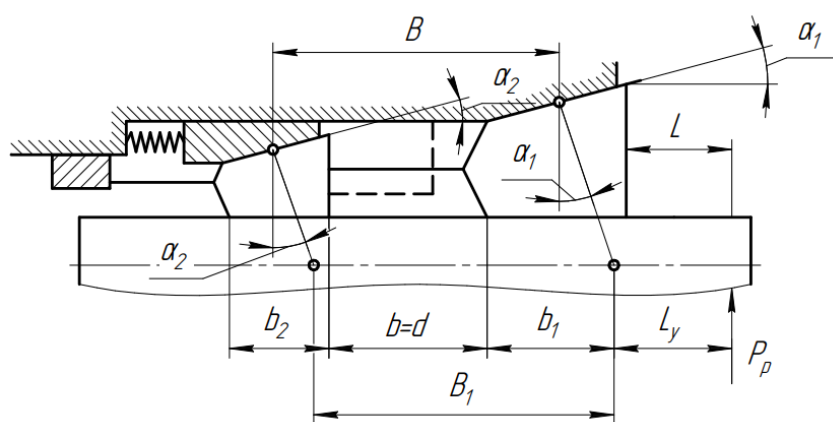
Цангові патрони з подвійним затиском (ЦПДЗ) (рис.2.1) створюють із затяжної цанги повним розчленуванням по осі $Y-Y$ (код — YU або 304), вводячи різні зв'язки з приводом, між додатковими і основними затискними елементами (ЗЕ) або між цангами. Позитивний ефект від таких патронів – висока жорсткість затиску. За відсутності жорсткого зв'язку основної або додаткової цанги з шпинделем таке розчленування має недолік затяжних цанг – відтягування деталі при затиску. Позбавитися від цього недоліку можна, наприклад, вводячи жорсткий зв'язок додаткового ЗЕ з шпинделем і переставляючи його (вершини конусів основного і додаткових ЗЕ обернені в протилежні сторони) [22].

Можуть бути реалізовані різні передатно-підсилюючі ланки (ППЛ) (рис.2.2):

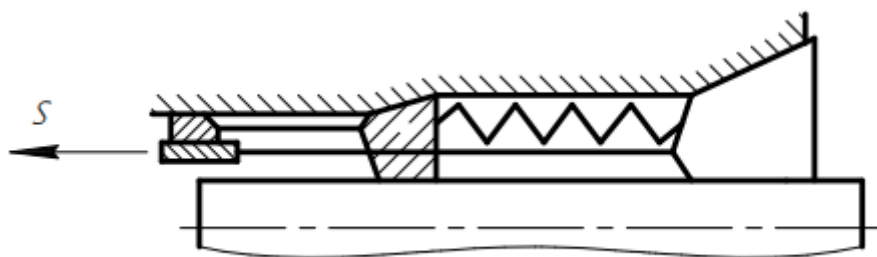
- важільні;
- важільно-клинові;
- клино-важільні;
- клино-пружні;
- інші комбінації.

На **рисунку - 2.6** наведені ЦПДЗ, синтезовані повним поперечним розчленуванням (код 304).

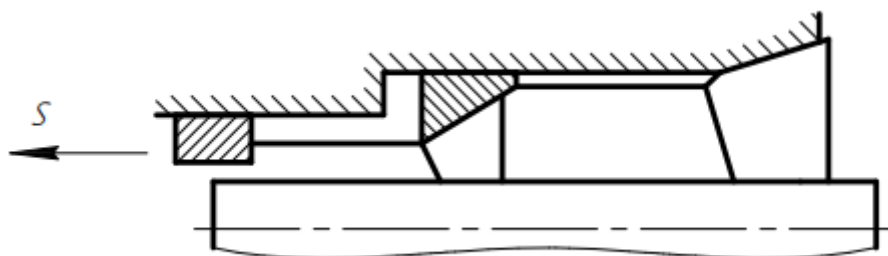




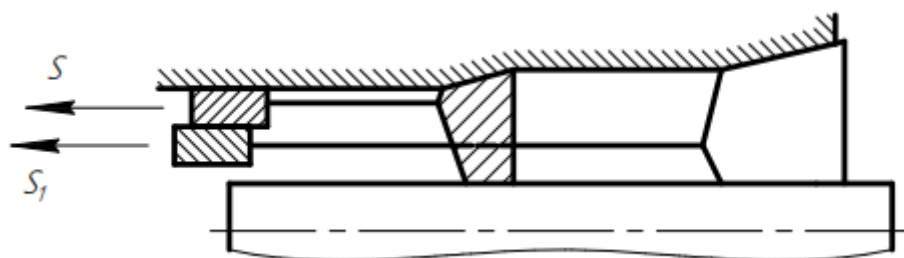
б)



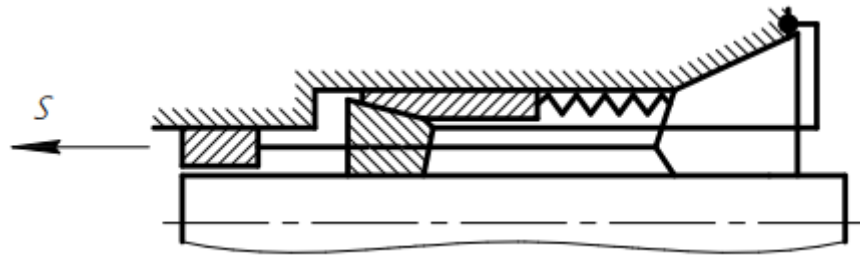
в)



г)



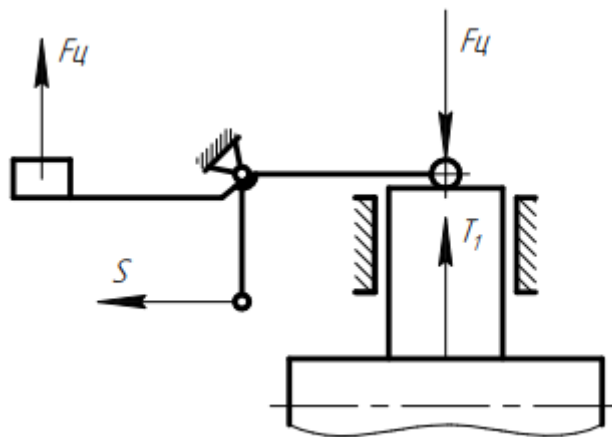
д)



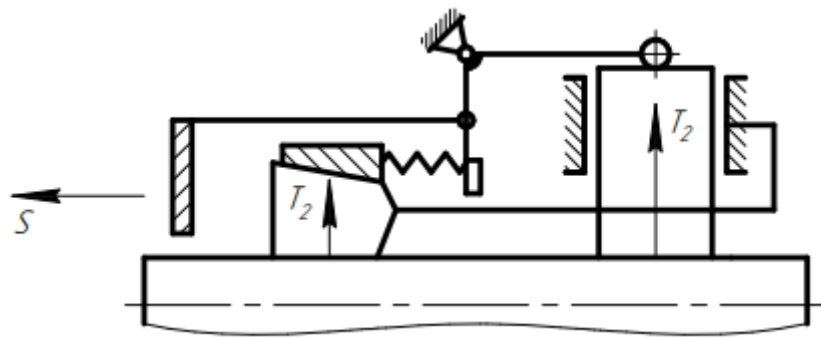
e)

Рисунок - 2.6 Схеми цангових патронів з подвійним затиском, синтезовані повним поперечним розчленуванням (код 304): а) вихідний патрон (прототип); б) зв'язок основної цанги з приводом через додаткову при жорсткому зв'язку між собою; в) зв'язки основної цанги з приводом і через пружний елемент з додатковою; г) зв'язки додаткової цанги з приводом і по конусу з основною; д) зв'язок основної і додаткової цанг з приводом; е) зв'язки основної цанги з приводом, через пружний елемент між собою і додатковою жорстко із шпинделем.

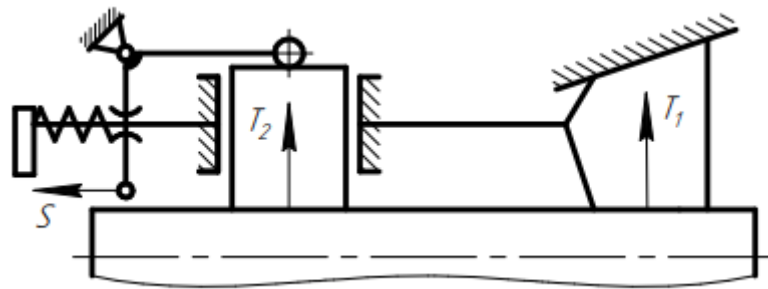
На **рисунку - 2.7** приведені інші варіанти синтезованих ЦПДЗ з різними передатно-підсилюючими ланками.



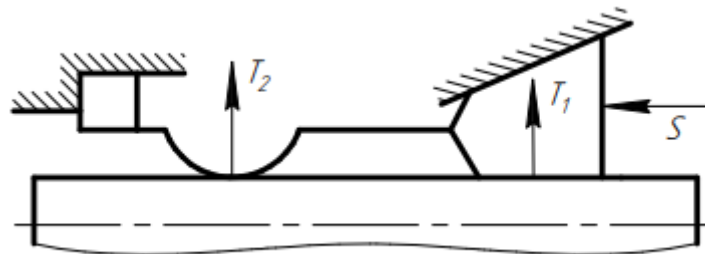
a)



б)



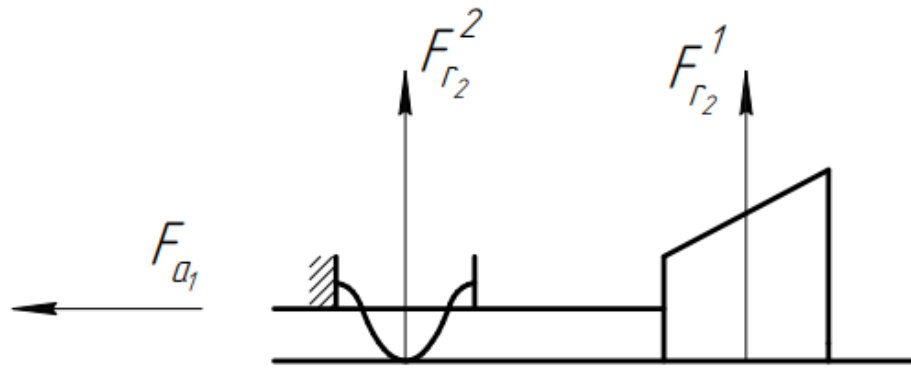
в)



г)

Рисунок - 2.7 Синтезовані схеми патронів з різними зв'язками і поєднаннями ППЛ: а) важіль (Р) з врівноваженням для компенсації відцентрових сил $F_{ц}$; б) важільно-клиновий (В-К); у) клино-важільний (К-В); г) клино-пружний (К-П); S – осьова сила затиску, T_1 , T_2 – радіальна сила затиску основним і додатковим затискними елементами.

Нижче наведені схеми ЦПДЗ із структурними формулами на 3-х рівнях опису: хромосомному, об'єктному, популяційному [32]

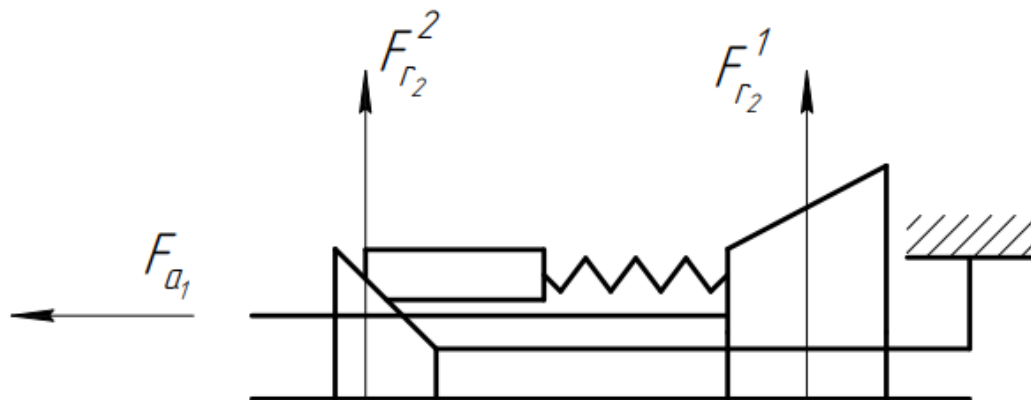


$F_{a_1} - F_{r_1}$ - хромосомний рівень

$F_{a_1} - (F_{r_2}^2 + F_{r_2}^1)$ - об'єктний рівень

$F_{a_1} - \left[(SR - F_{r_2}^2) + (WD - F_{r_2}^1) \right]$ - популяційний рівень

Рисунок - 2.8 ЦПДЗ №1

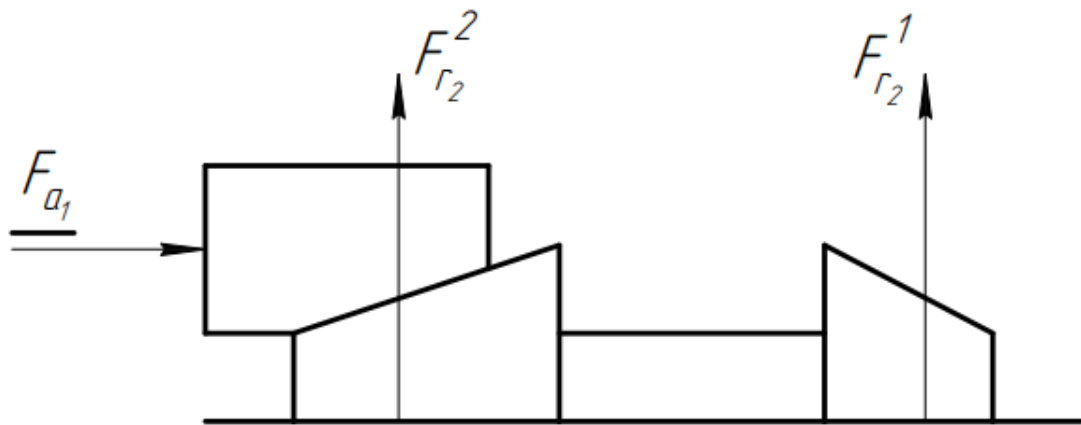


$F_{a_1} - F_{a_1}$ - хромосомний рівень

$F_{a_1} - (F_{r_2}^2 + F_{r_2}^1)$ - об'єктний рівень

$F_{a_1} - \left[(WD - F_{r_2}^2) + (WD - F_{r_2}^1) \right]$ - популяційний рівень

Рисунок - 2.9 ЦПДЗ №2

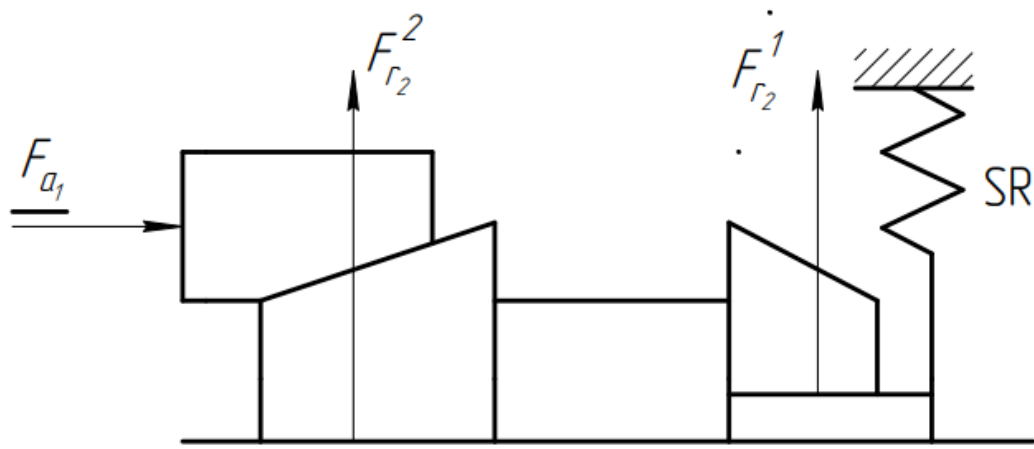


$\underline{F_{a_1}} - F_{r_2}$ - хромосомний рівень

$\underline{F_{a_1}} - \left(F_{r_2}^2 + F_{r_2}^1 \right)$ - об'єктний рівень

$\underline{F_{a_1}} - \left[\left(WD - F_{r_2}^2 \right) + \left(\underline{WD} - F_{r_2}^1 \right) \right]$ - популяційний рівень

Рисунок - 2.10 ЦПДЗ №3

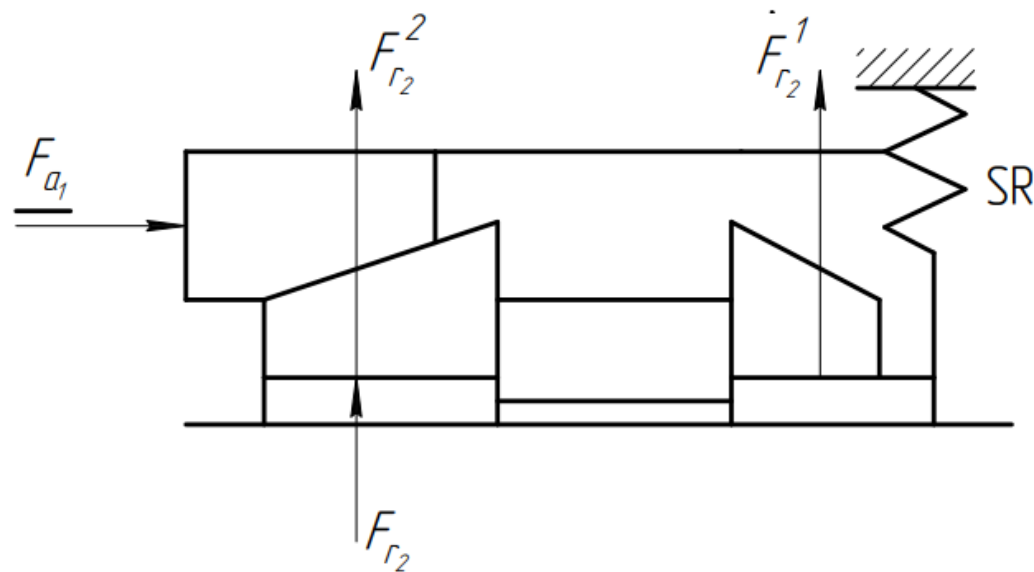


$\underline{F_{a_1}} - F_{r_2}^2$ - хромосомний рівень

$\underline{F_{a_1}} - (F_{r_2}^2 + \dot{F}_{r_2}^1)$ - об'єктний рівень

$\underline{F_{a_1}} - \left[(WD - F_{r_2}^2) + (WD - SR - \dot{F}_{r_2}^1) \right]$ - популяційний рівень

Рисунок - 2.11 ЦПДЗ №4

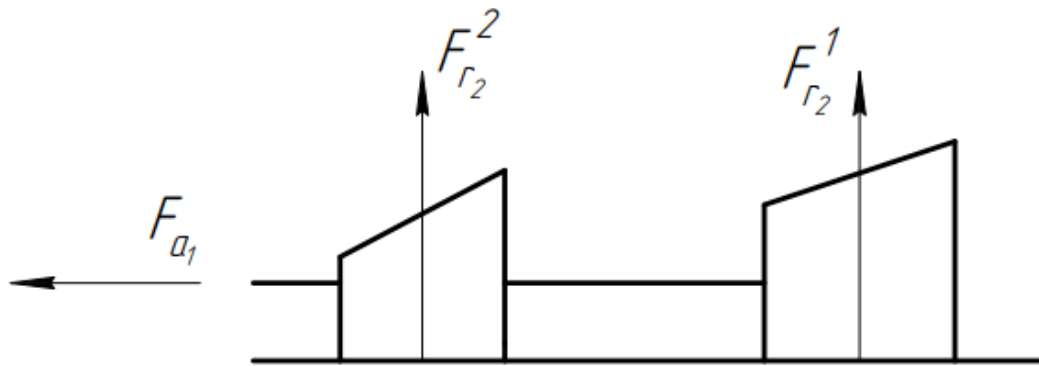


$\underline{F_{a_1}} - F_{r_2}$ - хромосомний рівень

$\underline{F_{a_1}} - (F_{r_2}^2 + F_{r_2}^1)$ - об'єктний рівень

$$\underline{F_{a_1}} - \left[\left(WD - SR - F_{r_2}^2 \right) + \left(\underline{WD} - SR - F_{r_2}^1 \right) \right] - \text{популяційний рівень}$$

Рисунок - 2.12 ЦПДЗ №5

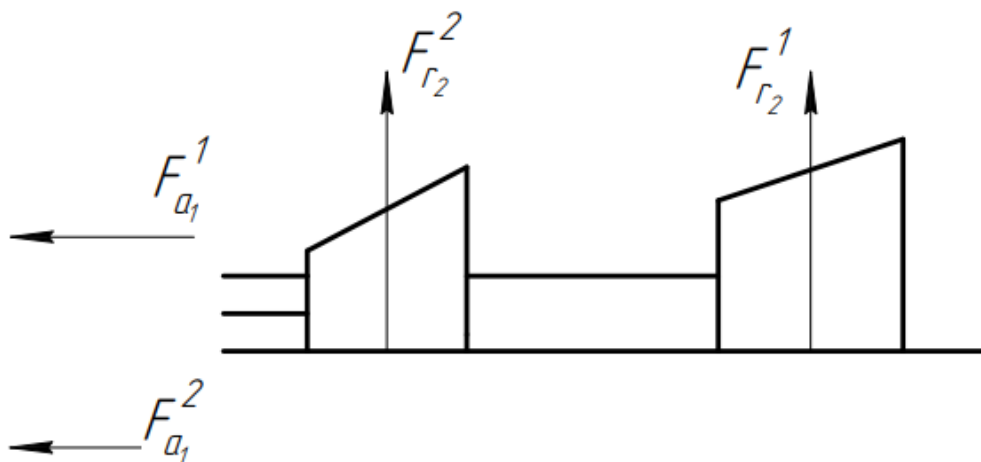


$$F_{a_1} - F_{a_1} - \text{хромосомний рівень}$$

$$F_{a_1} - \left(F_{r_2}^2 + F_{r_2}^1 \right) - \text{об'єктний рівень}$$

$$F_{a_1} - \left[\left(WD - F_{r_2}^2 \right) + \left(WD - F_{r_2}^1 \right) \right] - \text{популяційний рівень}$$

Рисунок - 2.13 ЦПДЗ №6

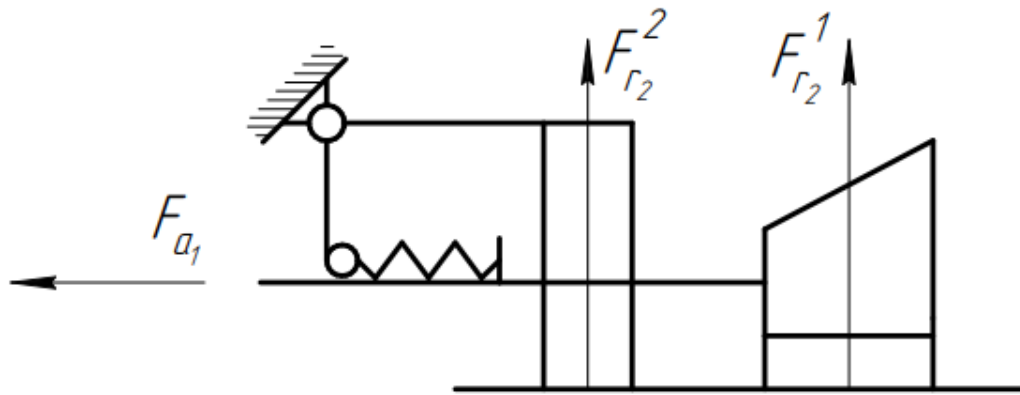


$F_{a_1} - F_{a_1}$ - хромосомний рівень

$\left(F_{a_1}^1 + F_{r_2}^1\right) + \left(F_{a_1}^2 + F_{r_2}^2\right)$ - об'єктний рівень

$\left(F_{a_1}^1 - WD - F_{r_2}^1\right) + \left(F_{a_1}^2 - WD - F_{r_2}^2\right)$ - популяційний рівень

Рисунок - 2.14 ЦПДЗ №7

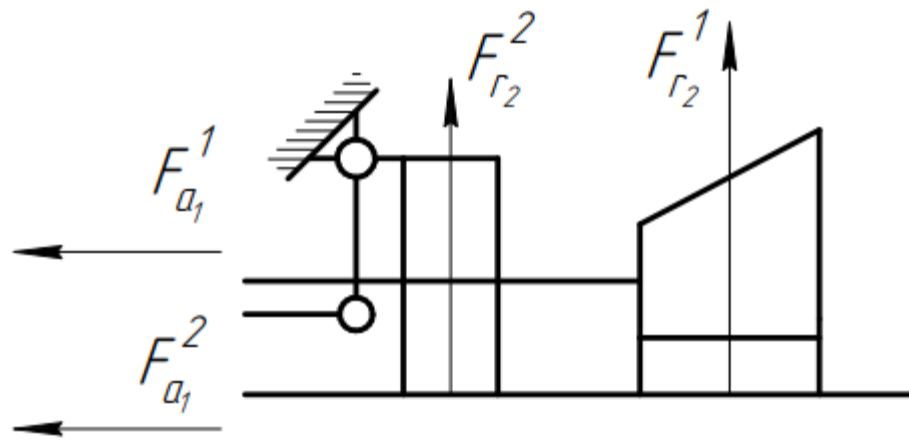


$F_{a_1} - F_{r_1}$ - хромосомний рівень

$F_{a_1} - \left(F_{r_2}^2 + F_{r_2}^1\right)$ - об'єктний рівень

$F_{a_1} - \left[\left(LV - F_{r_2}^2\right) + \left(WD - F_{r_2}^1\right)\right]$ - популяційний рівень

Рисунок - 2.15 ЦПДЗ №8

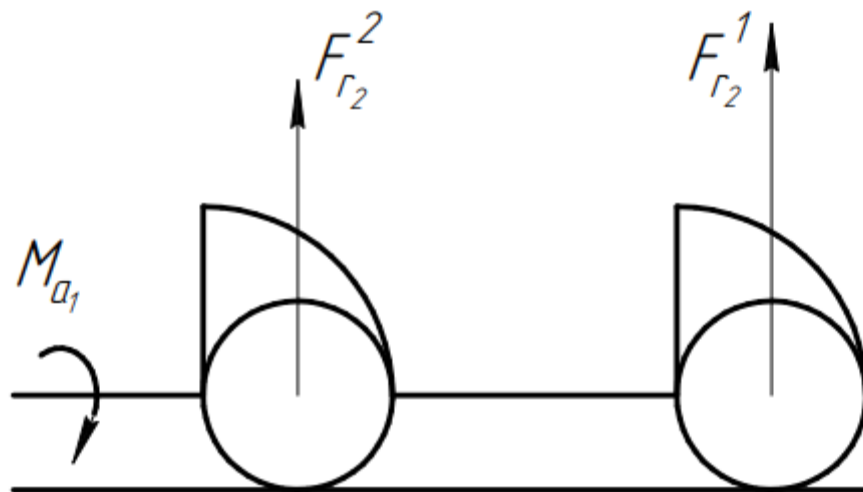


$F_{a_1}^1 - F_{a_1}^2$ - хромосомний рівень

$\left(F_{a_1}^1 + F_{r_2}^1\right) + \left(F_{a_1}^2 + F_{r_2}^2\right)$ - об'єктний рівень

$\left(F_{a_1}^1 - WD - F_{r_2}^1\right) + \left(F_{a_1}^2 - LV - F_{r_2}^2\right)$ - популяційний рівень

Рисунок - 2.16 ЦПДЗ №9

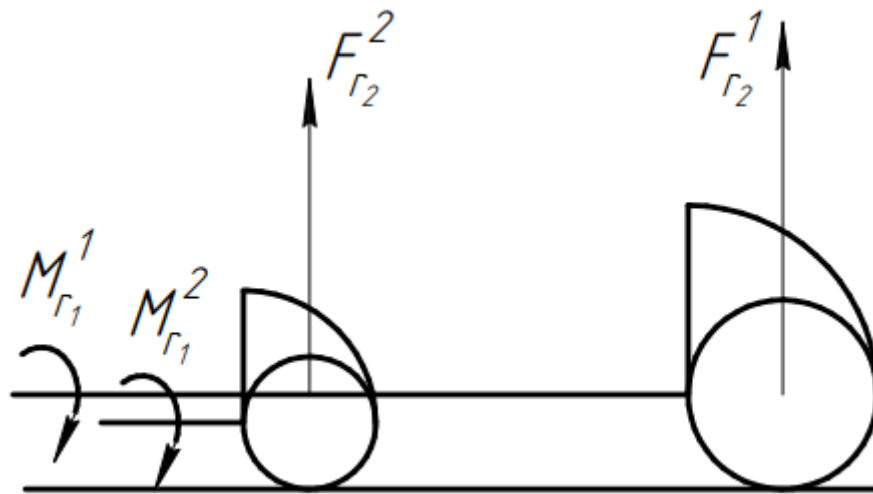


$M_{a_1} - F_{r_1}$ - хромосомний рівень

$M_{a_1} - \left(F_{r_2}^2 + F_{r_2}^1\right)$ - об'єктний рівень

$$M_{a_1} - \left[\left(SP - F_{r_2}^2 \right) + \left(SP - F_{r_2}^1 \right) \right] - \text{популяційний рівень}$$

Рисунок - 2.17 ЦПДЗ №10



$$M_{a_1} - F_{r_1} - \text{хромосомний рівень}$$

$$\left(M_{a_1}^1 + F_{r_2}^1 \right) + \left(M_{a_1}^2 + F_{r_2}^2 \right) - \text{об'єктний рівень}$$

$$\left(M_{a_1}^1 - SP - F_{r_2}^1 \right) + \left(M_{a_1}^2 - SP - F_{r_2}^1 \right) - \text{популяційний рівень}$$

Рисунок - 2.18 ЦПДЗ №11

Схема **ЦПДЗ №5** відповідає заявці на корисну модель, яка оформлено від НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

3 2.5. Висновки

Цангові патрони з подвійним затиском (ЦПДЗ) забезпечують високу жорсткість затиску завдяки розчленуванню цанги та введенню різних зв'язків між затискними елементами та приводом. Для усунення недоліків, пов'язаних із затяжними цангами, застосовуються жорсткі зв'язки додаткових затискних

елементів зі шпинделем. Різні передатно-підсилюючі ланки (ППЛ) дозволяють створювати комбінації, які покращують ефективність патронів.

4 3 Конструкторський

4 3.1 Конструктивні схеми ЦПДЗ з різними передатними елементами

4 3.2 Конструкції і принцип роботи варіантів ЦПДЗ

Патрон ЦПДЗ-1

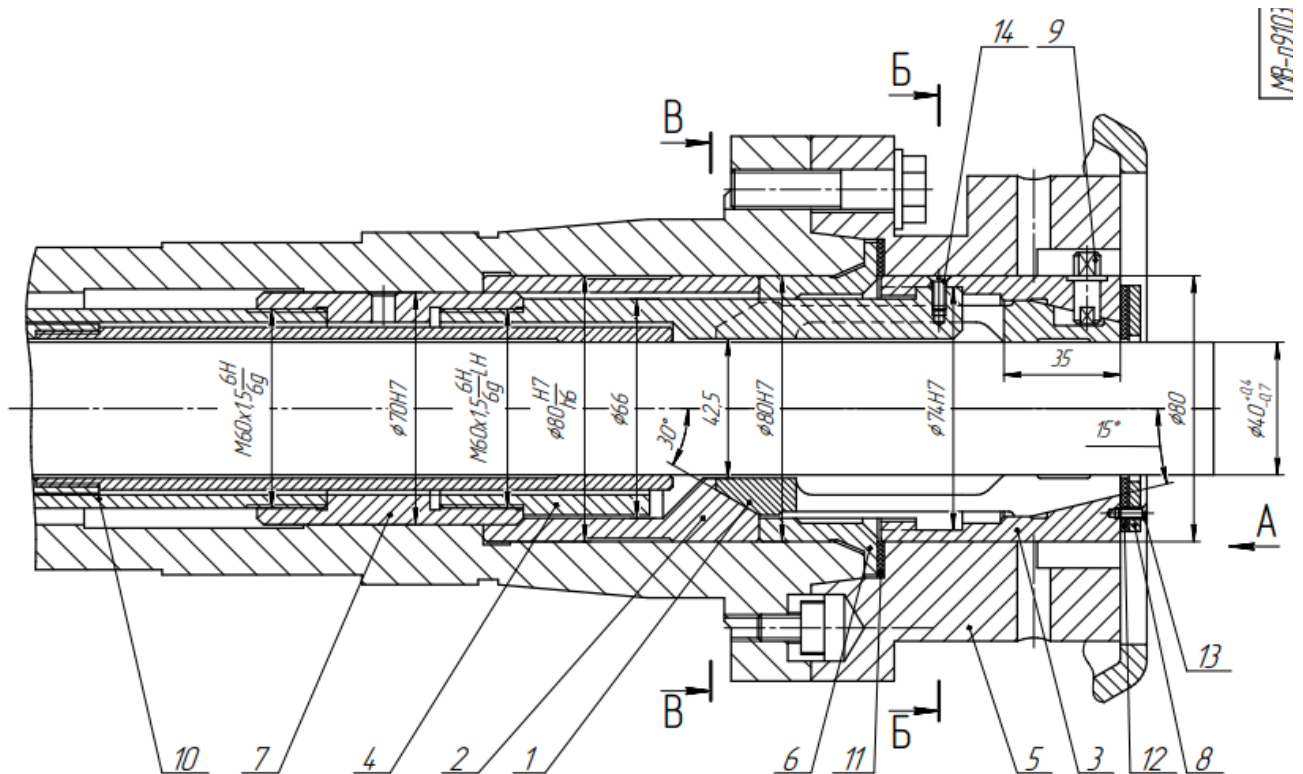


Рисунок - 3.1 патрон ЦПДЗ-1

Конструкція патрона

Патрон складається з двоконусної цанги 1, один конус якої взаємодіє з опорною втулкою 2, а інший - з натискною втулкою 3. Втулка 3 з'єднана з тягою 4 за допомогою байонетного замка та знаходиться всередині корпусу 5, що підтримує напрямну втулку 6. Тяга 4 прикріплена до труби затиску за допомогою гайки 7. До втулки 3 за допомогою фланця 8 прикріплена еластична прокладка 12. У втулці 3 встановлена напрямна шпонка 9.

Особливості конструкції окремих деталей

Цанга 1 має прорізи постійної ширини. Тяга 4 - це втулка з трьома виступами, що входять у поздовжні пази цанги 1. В отворі втулки 3 виконаний байонетний замок для виступів тяги 4. В опорній втулці 2 є три виступи всередині отвору, утворені поздовжніми пазами, ширина яких відповідає ширині виступів тяги 4. Втулка 2 розрізана на три рівні частини поздовжніми прорізами. Діаметри отворів втулок 3 і 6 відповідають діаметрам напрямних поясів цанги 1 у стані "розтиснуто".

Послідовність складання та розбирання

1. Вставте цангу 1 у втулку 3;
2. Введіть виступи тяги 4 у прорізи цанги 1, поверніть тягу на 60° відносно втулки 3 та закріпіть гвинтами 21;
3. Вставте шпонку 9 у втулку 3, а потім введіть втулку 3 у корпус 5;
4. Надіньте втулку 6 і 2 на тягу;
5. Закрутіть гайку 7 та вкрутіть трубу затискача;
6. Вставте патрон у шпиндель та прикріпіть корпус 5 до шпинделя;
7. За допомогою гайок на трубі затискача та штоку гідроциліндра встановіть осьовий хід цанги при затиску-розтиску 2,5 мм (при діаметрі прутків 39,3 мм).

Послідовність роботи патрона

Коли труба затиску зміщується всередину шпинделя, тяга 4 через втулку 3 зміщує аксіально цангу 1. Після вибірки зазорів відбувається затиск прутка, при цьому зусилля затиску на задньому конусі менше, ніж на передньому, через різницю кутів цих конусів.

Патрон ЦПДЗ-2

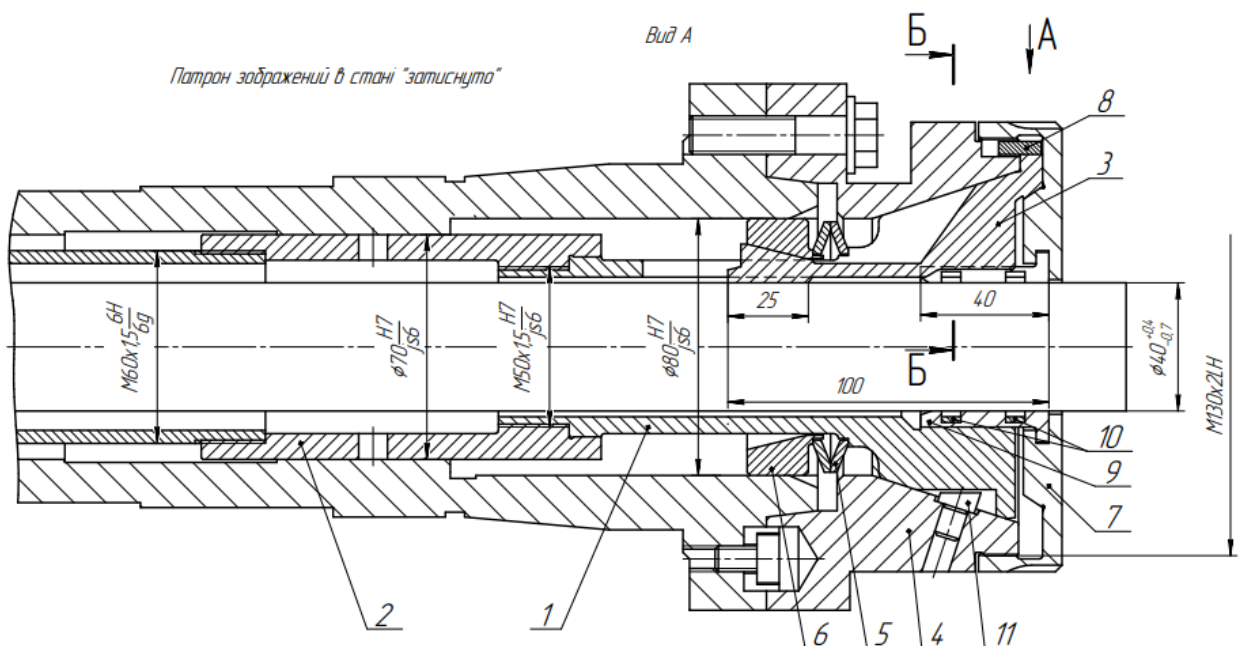


Рисунок - 3.2 патрон ЦПДЗ-2

Конструкція патрона

Патрон включає цангу 1 зтяжного типу, з'єднану втулкою з трубою затиску. У поздовжніх прорізах цанги 1 розміщені пелюстки 3, правий буртик яких притиснутий до правого торця корпусу 4, а конус на лівому кінці взаємодіє з натискною втулкою 5. Між втулкою 5 та уступом на пелюстках цанги 1 знаходяться тарільчаті пружини 6. Гайка 7 своїм конусом підтискає пелюстки 3, centruючи їх у конічному отворі корпусу 4, прикріпленого до шпинделя. У кожному з пелюстків 3 є поздовжні пази, у яких запресовані напрямні шпонки 8, що входять у відповідні пази корпусу 4. В циліндричному отворі цанги 1 розташована цанга 9, утворена трьома вставками, вирізаними з однієї втулки. Від осьового зсуву цангу 9 утримує буртик, який входить у паз гайки 7, а від спадання або відсутності прутка - дві вставні розрізні пружини 10. Цанга 1 зафіксована від повертання циліндричною шпонкою 11.

Особливості конструкції

Додатковий затиск створений пелюстками 3, розміщеними в поздовжніх пазах основної цанги 1 і підтиснутими до корпусу 4 патрона за допомогою гайки 7.

1. Послідовність збірки;
2. Прикріпіть корпус 4 до шпинделя станка;
3. Надіньте на цангу пружини 6 і втулку 5, нагвинтіть з трубою затиска і введіть у шпиндель;
4. Вставте пелюстки 3 з запресованими шпонками 8 у прорізи цанги 1;
5. Нагвинтіть гайку 7 на корпус 4, підтиснувши пелюстки 3 до корпусу 4;
6. Вставте вставки цанги 9 в отвір цанги 1, розташували їхні буртики в канавки гайки 7;
7. Встановіть пружини 10;
8. Затиск пелюстків та вставок.
9. Для затиску вставок 9 і пелюстків 3 при переході на затиск прутка іншого діаметра основну цангу 1 не потрібно виймати зі шпинделя.

4 3.3 Запропонований ЦПДЗ

На **рисунку - 3.3** зображений повздовжній переріз запропонованого ЦПДЗ, а на **рисунку - 3.4** його 3Д-вид.

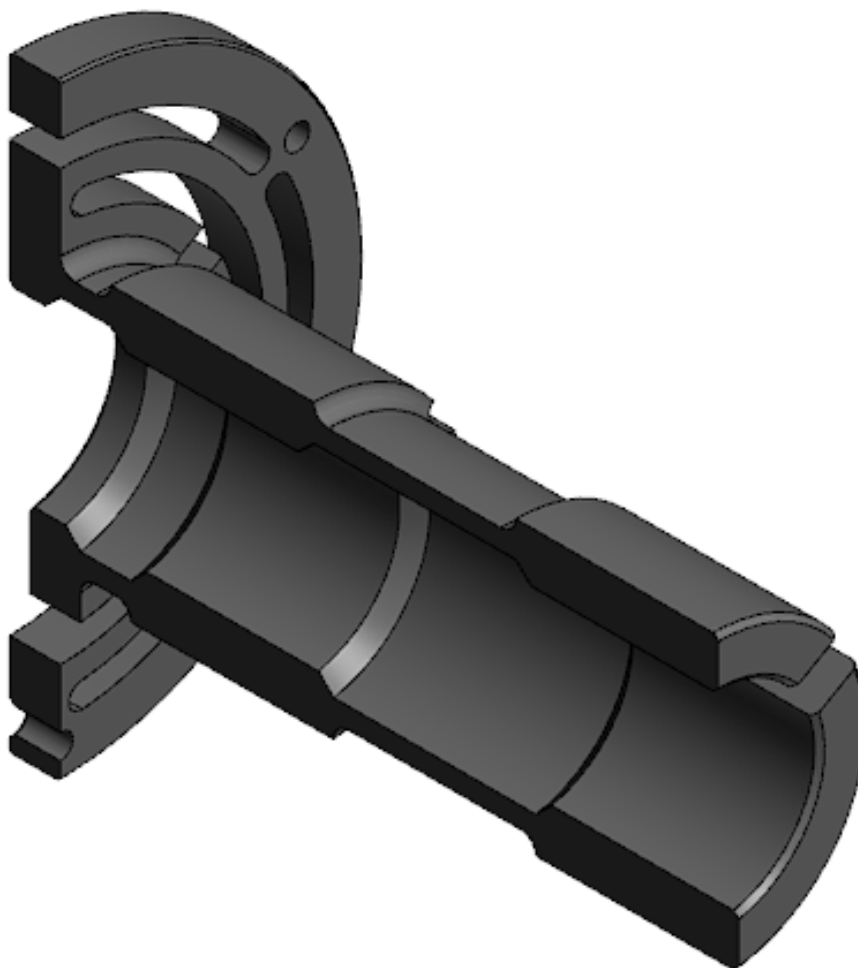


Рисунок - 3.3 Повздовжній переріз запропонованого ЦПДЗ

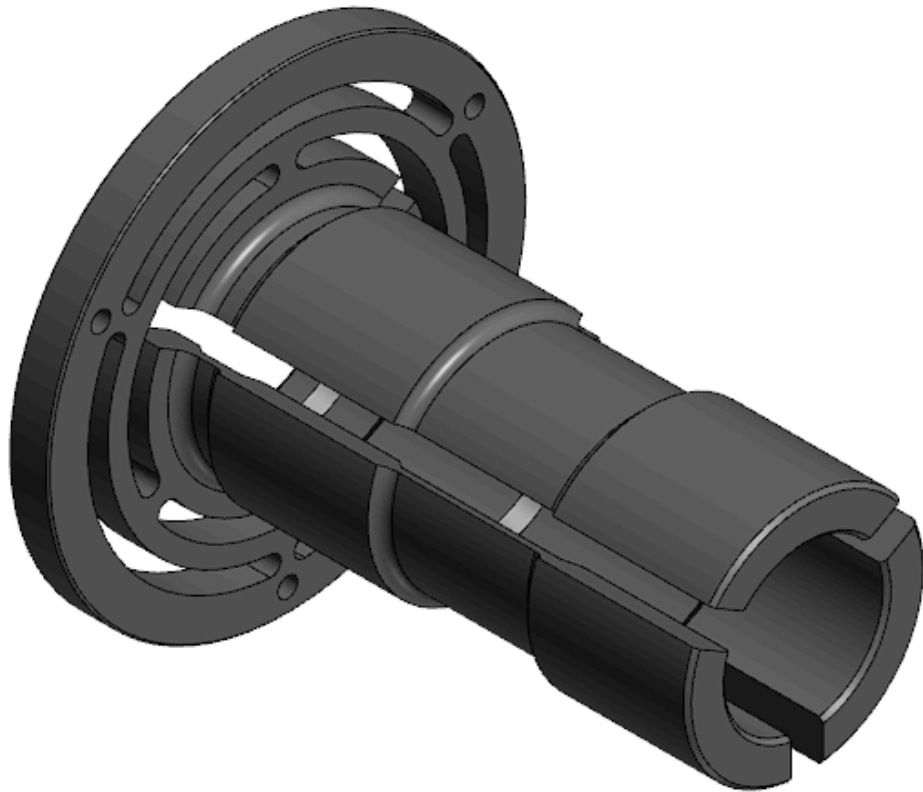


Рисунок - 3.4 3D-вид запропонованого ЦПДЗ

4 3.4. Заявка на запропонований ЦПДЗ

Опис цангового патрону

Корисна модель відноситься до галузі металообробки і може бути використана при затиску циліндричних деталей (прутків, труб, штучних заготовок) і інструментів з циліндричним хвостовиком.

Відомий цанговий патрон у вигляді двох цанг з основними і додатковими конічними затискними елементами, що мають протилежний напрямок, а пелюстки взаємно розташовані у виконаних в них прорізах [1]. Недоліком патрона є необхідність виготовлення на кожний розмір комплекту основної і додаткової цанг.

Відомий також цанговий патрон з основними і додатковими затискними елементами, останні з яких виконані, наприклад, у вигляді пружних виступів

циліндричного кільця [2], що зберігає недолік першого аналога і не забезпечує осьової точності затиску.

Найбільш близьким аналогом, прийнятим за прототип, є цанговий патрон з двохконусною цангою до токарно-револьверного верстату [3] що містить багатопелюсткову цангу з розгорнутими в різні сторони конічними губками, одні з яких взаємодіють по зовнішній конічній поверхні з нерухомим корпусом, а другі з рухомою від приводу затиску натискною конічною втулкою.

До недоліків прототипу відносяться: по-перше, низька осьова точність внаслідок відтягування об'єкту при затиску, що приводить до необхідності введення вторинного підрізання торця і зайвої витрати металу; по-друге, низька радіальна точність внаслідок додаткових контактуючих деталей патрону в діаметральному напрямку; по-третє, збільшення витрат часу на переналагодження патрона на інший діаметр.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення цангового патрона шляхом того, що всередині багатопелюсткової цанги розташована циліндрична цанга з пружним фланцем у вигляді дугоподібних поперечних пелюсток, який жорстко прикріплений до нерухомого корпусу, а губки циліндричної цанги розміщені з обох сторін під конічними губками багатопелюсткової цанги. Це дозволяє досягнути технічний результат – підвищення точності затиску і швидкості переналагоджування.

Поставлена задача вирішується тим, що в цанговому патроні, що містить багатопелюсткову цангу з розгорнутими в різні сторони конічними губками, одні з яких взаємодіють по зовнішній конічній поверхні з нерухомим корпусом, а другі з рухомою від приводу затиску натискною конічною втулкою, всередині багатопелюсткової цанги розташована циліндрична цанга з пружним фланцем у вигляді дугоподібних поперечних пелюсток, який жорстко прикріплений до нерухомого корпусу, а губки циліндричної цанги розміщені з обох сторін під конічними губками багатопелюсткової цанги.

Таким чином, запропоноване технічне рішення є новим в порівнянні з відомим, дозволяє підвищити точність затиску і швидкість переналагоджування.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де на фіг.1 схематично показаний повздовжній переріз цангового патрона подвійного затиску; на фіг.2 – вид А на фіг.1.

Цанговий патрон містить багатопелюсткову подвійну цангу (фіг.1) з розгорнутими в різні сторони конічними губками 1 і 2 і пелюстками 3. Губки 1 взаємодіють по зовнішній конічній поверхні з нерухомим корпусом 4, а губки 2 з рухомою від приводу затиску (не показано) натискною конічною втулкою 5. Всередині багатопелюсткової цанги розташована циліндрична цанга з пружним фланцем 6 у вигляді дугоподібних поперечних пелюсток 7 (фіг.2). Фланець 6 жорстко прикріплений, наприклад, гвинтами (умовно зображено хрестом 8) до нерухомого корпусу 4, а губки циліндричної цанги 9 і 10 з пелюстками 11 розміщені з обох сторін під конічними губками 1 і 2 багатопелюсткової цанги. Циліндрична здвоєна цанга відповідає діаметру d об'єкта 12, що затискається.

Цанговий патрон працює наступним чином. При переміщенні конічної втулки 5 вправо губки 1 і 2 передають зусилля на нерухомі в осьовому напрямку губки 9 і 10, а ті здійснюють затиск. Розподіл сил затиску визначається кутами α_1 і α_2 . Для забезпечення більшої сили затиску ближче до зони різання кут губки 2 виконується більше кута губки 1. Наприклад, при куті $\alpha_1 = 15$ градусів кут $\alpha_2 = 45$ градусів.

Формула корисної моделі

Цанговий патрон, що містить багатопелюсткову цангу з розгорнутими в різні сторони конічними губками, одні з яких взаємодіють по зовнішній конічній поверхні з нерухомим корпусом, а другі з рухомою від приводу затиску натискною конічною втулкою, **який відрізняється тим**, що всередині багатопелюсткової цанги розташована циліндрична цанга з пружним фланцем у вигляді дугоподібних поперечних пелюсток, який жорстко прикріплений до

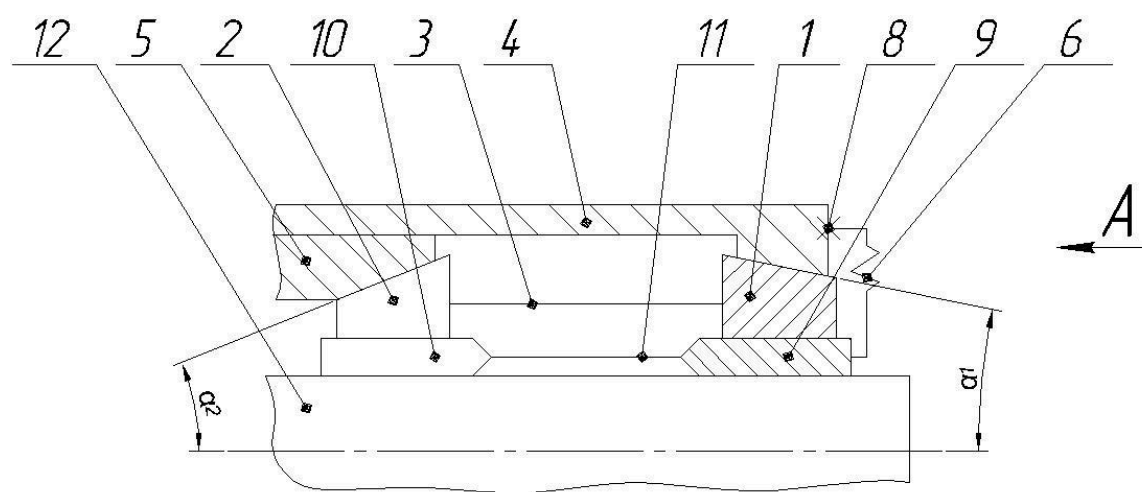
нерухомого корпусу, а губки циліндричної цанги розміщені з обох сторін під конічними губками багатопелюсткової цанги.

Реферат до цангового патрону

Корисна модель відноситься до галузі металообробки і може бути використана при затиску циліндричних деталей (прутків, труб, штучних заготовок) і інструментів з циліндричним хвостовиком.

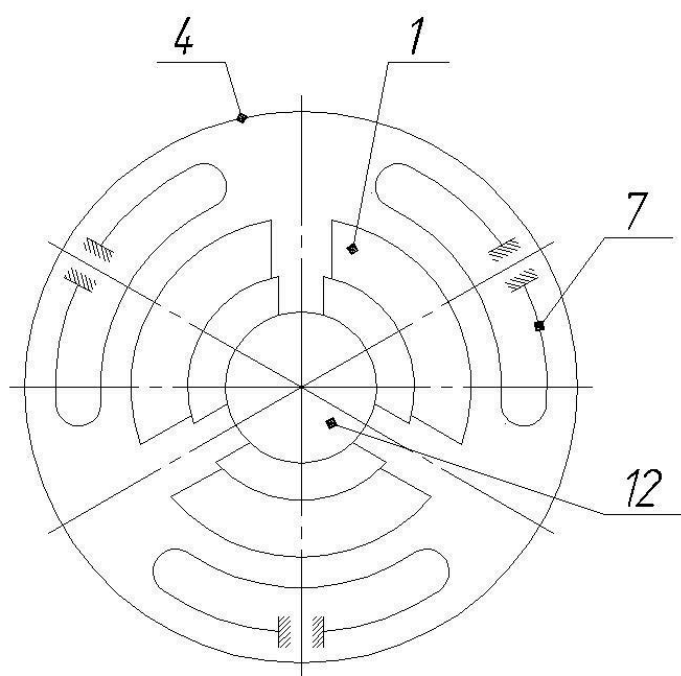
В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення цангового патрона шляхом того, що всередині багатопелюсткової цанги розташована циліндрична цанга з пружним фланцем у вигляді дугоподібних поперечних пелюсток, який жорстко прикріплений до нерухомого корпусу, а губки циліндричної цанги розміщені з обох сторін під конічними губками багатопелюсткової цанги.

Технічний результат - підвищення точності затиску і швидкості переналагоджування.



Фиг. 1

Вид А



Фиг. 2

Рисунок - 3.5 Цанговый патрон

4 3.4 Висновки

Цангові патрони ЦПДЗ-1 і ЦПДЗ-2 застосовуються для надійного затиску циліндричних деталей у металообробці, забезпечуючи точність і стабільність роботи.

ЦПДЗ-1 використовує двоконусну цангу з прорізами постійної ширини, яка взаємодіє з опорною та натискною втулками, а затиск здійснюється за допомогою тяги з байонетним замком, що потребує послідовного складання. Натомість, ЦПДЗ-2 має цангу зтяжного типу з додатковими пелюстками, які підтискаються тарільчатими пружинами, що дозволяє швидше переналаштовувати патрон на інший діаметр прутка без виймання основної цанги. Відповідно, ЦПДЗ-2 забезпечує вищу точність та стабільність затиску завдяки додатковим пелюсткам і пружинам, тоді як ЦПДЗ-1 розподіляє зусилля затиску за рахунок різниці кутів конусів.

Нова модель патрона поєднує багатопелюсткову цангу з циліндричною цангою всередині, яка має пружний фланець. Циліндрична цанга з пелюстками розташована під конічними губками багатопелюсткової цанги. Це технічне рішення підвищує точність затиску і швидкість переналаштування, усуваючи недоліки попередніх конструкцій, такі як низька осьова та радіальна точність, а також збільшує ефективність переналаштування патрона.

5 4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

5 4.1 Порівняльні теоретичні дослідження силових характеристик відомого і запропонованого ЦПДЗ

Силові характеристики цангових патронів і умови надійного затиску

1. Непрокручування
 - $M_{кр} > M_{різ}$
2. Непроштовхування
 - $R_{пр} > R_{різ}$
3. Не вириву (при малій базі затиску)
 - $M_{г} > M_{зг}$

Характеристики жорсткості

1. Радіальна
 - $C_p = P_y/y$
2. Осьова
 - $C_o = P_x/x$
3. Крутна
 - $C_k = M_{кр}/W_{кр}$

Характеристики точності

1. Радіальна (биття) точність
2. Осьова (зміщення вздовж осі) точність
3. Кругова точність

5 4.2 Порівняльні теоретичні дослідження жорсткісних характеристик відомого і запропонованого ЦПДЗ

Розрахунок статичної радіальної жорсткості відомого ЦПДЗ

Нехтуючи кон'юнктивними зближеннями губок цанги і шпинделя, термообробленими до високої твердості, можна сумарне пружне радіальне віджимання затиснутої в ДЦ заготовки (мал. 4.2.1 а) представити у вигляді двох доданків:

$$y = y_3 + y_k,$$

Де y_3 – прогин заготовки як консольної балки на абсолютно жорстких опорах.

y_3 – відтискання, обумовлено контактними зближеннями взаємодіючих губок цанг із заготовкою.

Прогин заготовки можна приблизно визначити по формулі:

$$y_3 = \frac{PL^2}{EI_x} \cdot \left(\frac{L}{3} + \frac{B}{4} \right),$$

Де B – відстань між точками перетину утворюючої заготовки з лініями, проведеними через середини загальних конусів під кутами $\alpha_1 + \varphi$ та $\alpha_2 + \varphi$, де φ – кут тертя. L – довжина консолі.

Проведені раніше дослідження подвійного затиску вказують на те, що визначення прогину заготовки за схемою на рис. 4.4.1, а дає більш точні в порівнянні з експериментом результати, ніж консольна балка на двох опорах.

При $d = 3,45$ см момент інерції $J_x = 6,954 \text{ см}^4$, $L = 12,2$ см, $B = 11,4$ см по формулі при $P = 600$ кГ отжатие $y_3 = 42,3 \cdot 10^{-3}$ см. При $d = 3,5$ см ($J_x = 7,366 \text{ см}^4$) соответственно $y_3 = 39,9 \cdot 10^{-3}$ см.

Експериментально визначені сумарні розтискання для цих випадків $y = 44 \cdot 10^{-3}$ і $y = 37 \cdot 10^{-3}$ см.

При розрахунку y_k прийнято припущення про те, що під дією тільки рівномірно розташованих по колу стичаючих сил затиску T_1 та (або) T_2 (мал. 4.3.1, в) ось заготовки у промторі не зміщується, т.к. контактні зближення h_k^a і h_k^b пелюсток цанги з заготовкою також розташовані по колу рівномірно і компенсують один одного (мал. 4.3.1, д). Під дією сили P виникаючі реакції R в опорах A і B , складаючись з силами K , змінюють величини контактних контактного зниження до значень рівних h_k^a і h_k^b .

Пружні контактні сближення в опорах A і B під дією сил T_1 і T_2 дорівнюють:

$$h_k^A = A_m \left(\frac{T_2}{F_k} \right)^m + T_2 A_d \cdot \Delta d,$$

$$h_k^B = A_m \left(\frac{T_2}{F_k} \right)^m + T_1 A_d \cdot \Delta d,$$

під дією сил $T_2 - R_A$ і $T_1 - R_B$

$$h_k^{IA} = A_m \left(\frac{T_2 - R_A}{F_k} \right)^m + (T_2 A_d) \cdot A_d \cdot \Delta d,$$

$$h_k^{IB} = A_m \left(\frac{T_2 - R_A}{F_k} \right)^m + (T_2 A_d) \cdot A_d \cdot \Delta d,$$

Де A_m – коефіцієнт, який залежить від матеріалів цанги і заготовки, для загартованих пелюсток і сирої заготовки $A_m = 0,13$.

F_k – площа контакту пелюсток цанги із заготовкою.

A_d - коефіцієнт, який залежить від співвідношення діаметра заготовки d і товару d_0 пелюсток цанги. При $d = d_0$.

m – показник степеня, $m = 0,6$.

Величина розтискання y_k (при $T > R$) відповідно до схеми на мал. 4.2.1,

В.

$$y_k = \left[\left(h_k^{IB} - h_k^B \right) - \left(h_k^{IA} - h_k^A \right) \right] \cdot \frac{L+B}{B} - \left(h_k^{IB} - h_k^B \right);$$

При $T > R_B$ по схемі на мал. 4.4.1, ж

$$y_k = \left[\left(h_k^{IA} - h_k^A \right) - \left(h_k^{IB} - h_k^B \right) \right] \cdot \frac{L+B}{B} - \left(h_k^{IA} - h_k^A \right)$$

При $P = 600$ кГ, $F_k = 25,7$ см² обчислення за формулами (13) та (16) дають для

$d = 3,5$ см, $h_k^A = 9,5$ мкм, $h_k^B = 6,1$ мкм, $h_k^{IA} = 13,8$ мкм, $h_k^{IB} = 10,14$ мкм при обчисленнях прийнято $S = \frac{2026}{3} = 673,3$ кГ).

По формулі (17) $y_k = 6,3$ мкм. Для $d = 3,45$ см, $y_k = 17,98$ мкм.

Сумарні відтискання: при $d = 3,45$, $y = (42,3 + 1,3) \cdot 10^{-3} = 44,1 \cdot 10^{-3}$ см, при $d = 3,5$,

$$y = (39,9 + 0,6) \cdot 10^{-3} = 40,5 \cdot 10^{-3} \text{ см.}$$

Експериментально визначено величини відповідно $44 \cdot 10^{-3}$ см і $37 \cdot 10^{-3}$. Таким чином, продовжена методика розрахунку радіальних відтискань

заготовки з діаметром $d = d_0$ дає хорошу збіжність із експериментом. Для розрахунку величин цих заготовок з діаметром, відмінним від діаметра отвору лепестків цанги, слід скористатися іншою розрахунковою схемою для визначення відтискань.

Розрахунок потрібної жорсткості пружного елемента

Осьове зусилля, що розвивається гідроциліндром затиску, складає 2026 кГс. Потрібне співвідношення радіальних сил T_1 і T_2 затиску на основному і додатковому ділянках приймаємо рівним 3.

При рівних кутах конусів цанг (15°) та кутах тертя співвідношення осьових сил S_1 та S_2 на взаємодіючих ділянках конусів дорівнює відношенню радіальних сил зтиску.

$$\text{Із системи } \{S_1 + S_2 = 2026 \frac{S_1}{S_2} = 3$$

$$\text{Сила } S_2 \approx 500 \text{ кГс.}$$

Осьовий хід цанги 1 при допуску на діаметр закріплюваного прутка 1,1 мм складає:

$$h = \frac{1,1}{2} \cdot \operatorname{ctg} 15^\circ = 2,05 \text{ мм.}$$

Потрібна осьова жорсткість пружного елемента (пружин 6)

$$C_{47} = \frac{S_2}{h} = \frac{500}{2,05} = 287,8 \text{ кГс.}$$

Розрахунок статичної радіальної жорсткості запропонованого ЦПДЗ

Нехтуючи кон'єктними зближеннями губок цанги і шпинделя, термообробленими до високої твердості, можна сумарне пружне радіальне віджимання затиснутої в ДЦ заготовки (мал. 4.2.2 б) представити у вигляді двох доданків:

$$y = y_3 + y_k,$$

Де y_3 – прогин заготовки як консольної балки на абсолютно жорстких опорах.

y_3 – відтискання, обумовлено контактами зближеннями взаємодіючих губок цанг із заготовкою.

Прогин заготовки можна приближено визначити по формулі:

$$y_3 = \frac{PL^2}{EI_x} \cdot \left(\frac{L}{3} + \frac{B}{4} \right),$$

Де B – відстань між точками перетину утворюючої заготовки з лініями, проведеними через середини загальних конусів під кутами $\alpha_1 + \varphi$ та $\alpha_2 + \varphi$, де φ – кут тертя. L – довжина консолі.

Проведені раніше дослідження подвійного затиску вказують на те, що визначення прогину заготовки за схемою на рис. 4.4.1, а дає більш точні в порівнянні з експериментом результати, ніж консольна балка на двох опорах.

При $d = 4,46$ см момент інерції $J_x = 7,944 \text{ см}^4$, $L = 13,2$ см, $B = 12,4$ см по формулі при $P = 700$ кГ отжатие $y_3 = 43,3 \cdot 10^{-3}$ см. При $d = 4,5$ см ($J_x = 8,377 \text{ см}^4$) соответственно $y_3 = 42,9 \cdot 10^{-3}$ см.

Експериментально визначені сумарні розтискання для цих випадків $y = 45 \cdot 10^{-3}$ і $y = 38 \cdot 10^{-3}$ см.

При розрахунку y_k прийнято припущення про те, що під дією тільки рівномірно розташованих по колу стичаючих сил затиску T_1 та (або) T_2 (мал. 4.2.1, в) ось заготовки у промторі не зміщується, т.к. контактні зближення h_k^a і h_k^b пелюсток цанги з заготовкою також розташовані по колу рівномірно і компенсують один одного (мал. 4.2.1, д). Під дією сили P виникаючі реакції R в опорах A і B , складаючись з силами K , змінюють величини контактних контактного зниження до значень рівних h_k^a і h_k^b .

Пружні контактні сближення в опорах A і B під дією сил T_1 і T_2 дорівнюють:

$$h_k^A = A_m \left(\frac{T_2}{F_k} \right)^m + T_2 A_d \cdot \Delta d,$$

$$h_k^B = A_m \left(\frac{T_1}{F_k} \right)^m + T_1 A_d \cdot \Delta d,$$

під дією сил $T_2 - R_A$ і $T_1 - R_B$

$$h_k^{IA} = A_m \left(\frac{T_2 - R_A}{F_k} \right)^m + (T_2 A_d) \cdot A_d \cdot \Delta d,$$

$$h_k^{IB} = A_m \left(\frac{T_1 - R_B}{F_k} \right)^m + (T_1 A_d) \cdot A_d \cdot \Delta d,$$

Де A_m – коефіцієнт, який залежить від матеріалів цанги і заготовки, для загартованих пелюсток і сирої заготовки $A_m = 0,13$.

F_k – площа контакту пелюсток цанги із заготовкою.

A_d - коефіцієнт, який залежить від співвідношення діаметра заготовки d і товару d_0 пелюсток цанги. При $d = d_0$.

m – показник степеня, $m = 0,6$.

Величина розтискання y_k (при $T > R$) відповідно до схеми на мал. 4.2.2,

В.

$$y_k = \left[\left(h_k^{IB} - h_k^B \right) - \left(h_k^{IA} - h_k^A \right) \right] \cdot \frac{L+B}{B} - \left(h_k^{IB} - h_k^B \right);$$

При $T > R_B$ по схемі на мал. 4.4.1, ж

$$y_k = \left[\left(h_k^{IA} - h_k^A \right) - \left(h_k^{IB} - h_k^B \right) \right] \cdot \frac{L+B}{B} - \left(h_k^{IA} - h_k^A \right)$$

При $P = 700$ кГ, $F_k = 25,7$ см² обчислення за формулами (13) та (16)

дають для

$d = 3,5$ см, $h_k^A = 9,5$ мкм, $h_k^B = 7,1$ мкм, $h_k^{IA} = 13,2$ мкм, $h_k^{IB} = 10,14$ мкм при обчисленнях прийнято $S = \frac{2026}{3} = 773,3$ кГ).

По формулі (17) $y_k = 6,3$ мкм. Для $d = 4,46$ см, $y_k = 18,98$ мкм.

Сумарні відтискання: при $d = 4,46$, $y = (42,3 + 1,3) \cdot 10^{-3} = 44,1 \cdot 10^{-3}$ см, при $d = 3,5$,

$$y = (42,9 + 0,6) \cdot 10^{-3} = 43,5 \cdot 10^{-3} \text{ см.}$$

Експериментально визначено величини відповідно $44 \cdot 10^{-3}$ см і $37 \cdot 10^{-3}$. Таким чином, продовжена методика розрахунку радіальних відтискань заготовки з діаметром $d = d_0$ дає хорошу збіжність із експериментом. Для розрахунку величин цих заготовок з діаметром, відмінним від діаметра отвору лепестків цанги, слід скористатися іншою розрахунковою схемою для визначення відтискань.

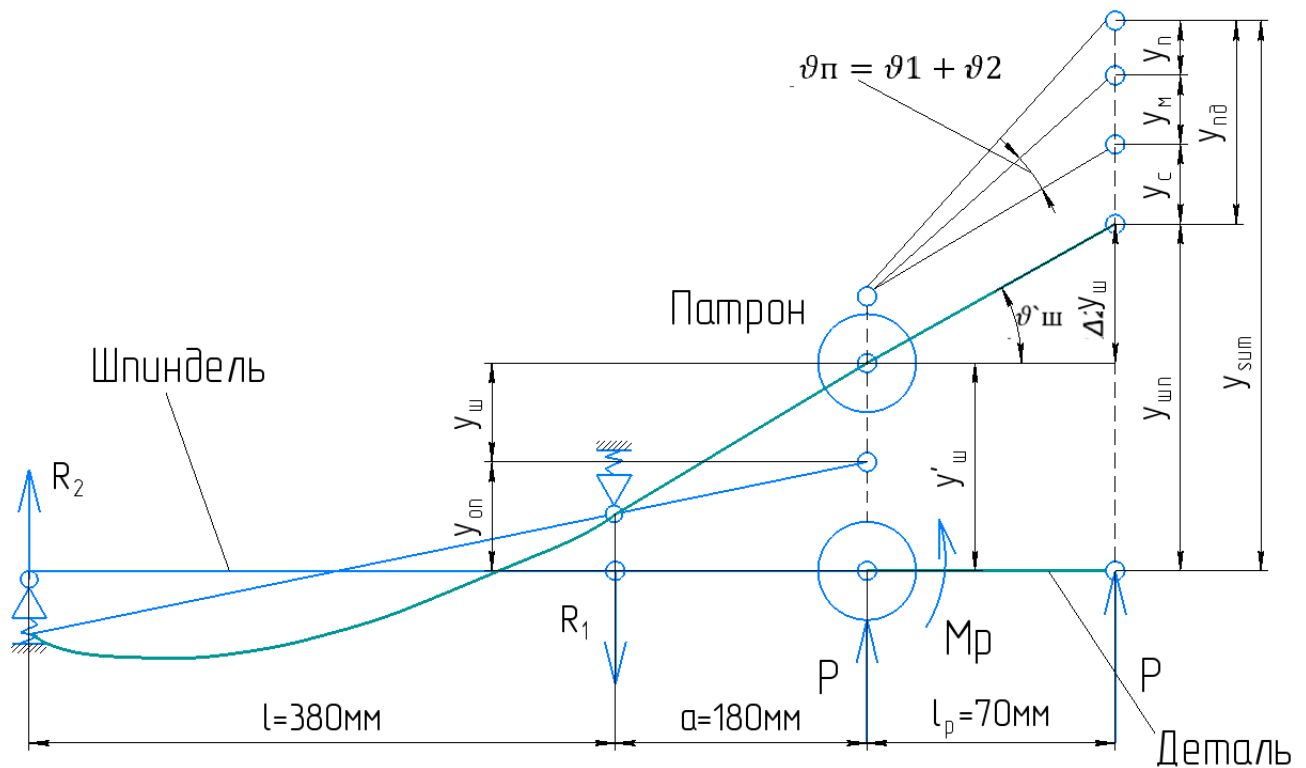


Рисунок - 4.1 Розрахункова схема системи шпиндель-патрон- деталь (інструмент) для визначення радіальної жорсткості

Розрахунок потрібної жорсткості пружного елемента

Осьове зусилля, що розвивається гідроциліндром затиску, складає 2026 кГс. Потрібне співвідношення радіальних сил T_1 і T_2 затиску на основному і додатковому ділянках приймаємо рівним 3.

При рівних кутах конусів цанг (15°) та кутах тертя співвідношення осьових сил S_1 та S_2 на взаємодіючих ділянках конусів дорівнює відношенню радіальних сил зтиску.

$$\text{Із системи } \{S_1 + S_2 = 2036 \frac{S_1}{S_2} = 3$$

Сила $S_2 \approx 700$ кГс.

Осьовий хід цанги 1 при допуску на діаметр закріплюваного прутка 1,1 мм складає:

$$h = \frac{1,1}{2} \cdot \text{ctg} 15^\circ = 2,47 \text{ мм.}$$

Потрібна осьова жорсткість пружного елемента (пружин 6)

$$C_{47} = \frac{S_2}{h} = \frac{700}{2,47} = 338,16 \text{ кГс.}$$

5 4.3 Висновки

На основі порівняльного аналізу теоретичних досліджень жорсткості відомого та запропонованого цангових патронів двійного затиску (ЦПДЗ) видно, що спочатку, розрахунки статичної радіальної жорсткості для відомого ЦПДЗ показали деяку розбіжність з експериментальними даними, що вказує на потребу удосконалення методики оцінки. Методика, яка використовує консольну модель з двома опорами, виявилася менш точною у порівнянні з експериментально виміряними даними.

Натомість, розрахунки для запропонованого ЦПДЗ показали більшу збіжність з експериментом, що свідчить про ефективність використаної методики оцінки пружних віджимань. Використання подвійного затиску та розширення області контакту дало кращі результати в порівнянні з відомим методом.

Додатково, розрахунки потрібної жорсткості пружного елемента показали, що для запропонованого ЦПДЗ потрібна більша осьова жорсткість пружини у порівнянні з відомим варіантом, що обумовлено збільшеним осьовим зусиллям і вищою жорсткістю системи.

Отже, можна зробити висновок, що запропонована методика розрахунку радіальних відтискань і потрібної жорсткості пружного елемента для ЦПДЗ є більш точною та має швидке переналагоджування у порівнянні з відомими теоретичними моделями. Це підкріплює важливість подальших досліджень у цьому напрямку для покращення ефективності ЦПДЗ в практичних застосуваннях.

5 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Метою даної магістерської дисертації було підвищення продуктивності, економічності та функціональних можливостей верстатів токарної і свердлильно-фрезерної груп, зокрема нового покоління, шляхом пошуку оригінальних технічних рішень і подальшого розвитку теорії затискних патронів із застосуванням нового генетико-морфологічного підходу до їх опису та синтезу.

У процесі роботи було проведено детальний огляд сучасних систем затиску, визначено їх сильні та слабкі сторони, описані основні вимоги до силових характеристик цангових патронів для забезпечення надійного затиску.

Запропоновано новий підхід до опису та синтезу затискних патронів, що дозволяє враховувати більш широкий спектр параметрів та умов експлуатації. Виконано порівняльний аналіз жорсткісних характеристик відомих та запропонованих систем затиску, що підтвердило ефективність нового підходу.

Розроблено методику розрахунку статичної радіальної жорсткості для затискних патронів з урахуванням пружних відтискань заготовки. Були отримані результати продемонстрували високу точність розрахунків у порівнянні з експериментальними даними, що підтверджує адекватність запропонованої методики.

Проведені теоретичні дослідження показали можливість значного підвищення продуктивності та економічності верстатів за рахунок оптимізації силових та жорсткісних характеристик затискних патронів. Запропоновано практичні рекомендації щодо впровадження нових технічних рішень у виробничий процес.

Проведено експериментальні дослідження для перевірки теоретичних висновків, які показали високу збіжність з розрахунковими даними. Реалізація запропонованих технічних рішень дозволяє суттєво знизити витрати та підвищити надійність роботи верстатів.

Таким чином, результати даної роботи сприяють розвитку теорії затискних патронів і їх практичному застосуванню в машинобудуванні, забезпечуючи підвищення продуктивності, економічності та функціональних можливостей верстатів нового покоління. Запропоновані технічні рішення мають високий потенціал для впровадження у виробництво, що підтверджено теоретичними та експериментальними дослідженнями.

6 ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Агрегатно-модульне технологічне обладнання: В 3-х частинах. За ред. Ю.М.
2. Кузнєцова /автор Крижанівський В.А., Кузнєцов Ю.М., Кіріченко А.М. та інші.
3. Кіровоград, 2003. — ч.1 — 422с. — ч.2 — 286с. — ч.3 — 507с.
4. 2.Кузнєцов Ю.Н., Срибный Л.Н. Повышение эффективности токарных
5. автоматов.- К.: Техніка, 1989. – 168 с.
6. 3.Кузнєцов Ю.Н., Волошин В.Н., Неделчева П.М., Эль-Дахаби Ф. В. Зажимные
7. механизмы для высокоскоростной и прецизионной обработки резанием. В двух
8. частях, под ред. Ю.Н. Кузнєцова, — К.: ООО «ЗМОК» — ООО «Гнозис». ч.1,
9. 2009. — 270с.
- 10.4.Кузнєцов Ю.Н., Волошин В.Н., Неделчева П.М., Эль-Дахаби Ф. В. Зажимные
- 11.механизмы для высокоскоростной и прецизионной обработки резанием. В двух
- 12.частях, под ред. Ю.Н. Кузнєцова, —К.: ООО «ЗМОК» — ООО «Гнозис». ч.2,
- 13.2010. — 466с.
- 14.5.Кузнєцов Ю.Н., Волошин В.Н., Неделчева П.М., Эль-Дахаби Ф.В. Зажимные
- 15.механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием:
- 16.Монография. / Под ред. Ю.Н. Кузнєцова. – Габрово. Ун. изд-во «Васил Априлов»,
- 17.2010. – 724с.
- 18.6.Кузнєцов Ю.М., Луців І. В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне
- 19.оснащення для високоефективної обробки на токарних верстатах / за ред. Ю.М.
- 20.Кузнєцова . – К. – Тернопіль; Терно-граф, 2011. – 692с.
- 21.7.Кузнєцов Ю.Н., Хамуйела Ж.А. Герра, Хамуйела Т.О. Морфологический синтез
- 22.станков и их механизмов: Монография. Под ред. Ю.Н. Кузнєцова – К.: ООО
- 23.«Гнозис», 2012 – 416 с.
- 24.27

- 25.8.Кузнецов Ю.Н., Хамуйела Ж.А.Герра, Хамуйела Т.О. Цанговые патроны
- 26.двойного зажима: теория и практика. Под ред. Ю.Н. Кузнецова – К.:
ООО «Гнозис»,
27.2013 – 400 с.
- 28.Кузнецов Ю.М., Осадчий О.І. ПІДВИЩЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ЗАТИСКУ
- 29.//XX міжнародний форум «Молодь і Індустрія 4.0 в ХХІ столітті»,
4-5.04.2024 р.,
30.Харків
- 31.10.Кузнецов Ю.М., Новосьолов Ю.К., Луців І.В. Теорія технічних систем:
32.підручник – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 246 с.
- 33.11.Кузнецов Ю.Н. Станки с ЧПУ. — К.: Вища школа, 1991. — 278с.
- 34.12. Кузнецов Ю.М., Придальний Б.І. Теорія технічних систем в аспектах
35.досліджень і технічної творчості : Підручник-Луцьк: Вежа-Друк, 2023 –
292 с.
- 36.13.Кузнецов Ю.Н. Станки с ЧПУ и станочные комплексы. — К. —
Тернополь:
37.ООО «ЗМОК», 1999. — 344с.
- 38.14.Кузнецов Ю.Н. Целевые механизмы станков-автоматов и станков с
ЧПУ. —
39.К. — Тернополь: ООО «ЗМОК» — ПП «ГНОЗИС», 2001.- 354с.
- 40.15.Кузнецов Ю.М. Верстаты з ЧПУ та верстатні комплекси. — К. —
Тернопіль:
41.ТОВ «ЗМОК» — ПП «Гнозис», 2001. — 298с.
- 42.16.Кузнецов Ю.М. Цільові механізми верстатів-автоматів та верстатів з
ЧПК. —
43.К. – Тернопіль: ТОВ «ЗМОК» — ПП «Гнозис», 2001.- 354с.
- 44.17.Кузнецов Ю. М. Теорія розв'язання творчих задач. — К.: — ТОВ
«ЗМОК» —
45.ПП «Гнозис», 2003. — 294с.
- 46.18.Кузнецов Ю.М., Придальний Б.І. Проектування цільових механізмів
47.маніпулювання верстатів нового покоління. /За загальною редакцією
проф. Ю.М.
- 48.Кузнецова. – Луцьк, 2012. -425с.
- 49.19.Кузнецов Ю.М.. Саленко О.Ф., Харченко О.О., Щетинін В.Т.
Технологічне
50.обладнання з ЧПК: механізми і оснащення. – Вид-во «Точка». 2014 – 500
с.
- 51.20.Кузнецов Ю.М. Теорія технічних систем (оновлена версія). Гриф
Методичної
- 52.ради КПП: протокол №6 від 25.02.2021. Електр. вар.. 2021.- 182с.

53.28

- 54.21.Кузнецов Ю.Н. Вызовы четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0»
- 55.перед учеными Украины // Вестник ХНТУ, №2 (61), 2017.– С. 67–75.
- 56.22.Осадчий О.І., Кузнецов Ю.М.ІСТОРИЯ І ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ
- 57.ЗАВОДІВ-АВТОМАТІВ МАЙБУТНЬОГО //Технічні науки в Україні: сучасні
- 58.тенденції розвитку: Матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-технічної інтернет-
- 59.конференції м. Ізмаїл-Київ, 18–19.11.2021 р. – С.70-73.
- 60.23.Самонастраивающиеся зажимные механизмы: Справочник (Ю.Н. Кузнецов,
- 61.А.А. Вачев, С.П. Сяров, А. Й. Цървенков; под ред. Ю.Н. Кузнецова.- К.:»Тэхника»;
- 62.София: Гос. изд-во «Техника», 1988. – 221 с.
- 63.24.Хамуйела Ж.А.Герра, Кузнецов Ю.Н., Хамуйела Т.О. Генетико-
- 64.морфологический синтез зажимных патронов.- Луцк: Вэжа-Друк, 2017. – 328 с.
- 65.25.Шинкаренко В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем. – К.:
- 66.Наукова думка, 2002. – 288 с.
- 67.26.Kuznetsov Yu.M., Osadchiy O. I.: EVOLUTION OF THE MAIN MOVEMENT
- 68.DRIVE OF A LATHE //International Youth Scientific and Technical Conference
- 69."YOUNG SCIENCE – ROBOTICS AND NANO-TECHNOLOGYOF MODERN
- 70.MECHANICAL ENGINEERING" April 10-12, 2024 using Internet platforms.
- 71.Kramatorsk - Vinnytsia – Ternopil, Ukraine с.34-38 ISSN 978-617-7889-69-8.
- 72.27.<https://www.hse.ru/news/expertise/463569696.html>
- 73.28.<http://roboticstoday.ru/industriya-5-0-evolyuciya-ili-revolyuciya/>
- 74.29.[https://4esnok.by/obzory-i-rejtingi/budushhee-za-industriey-5-0-i-kommunikaciej-s-](https://4esnok.by/obzory-i-rejtingi/budushhee-za-industriey-5-0-i-kommunikaciej-s-robotami/)
- 75.robotami/