

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

«На правах рукопису»  
УДК 621.881

**До захисту допущено**  
Завідувач кафедри

В.Б.Струтинський

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

**Магістерська дисертація**  
на здобуття ступеня магістра  
зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

на тему Дослідження цангового патрону із адаптивними затискними елементами

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи МВ – 61м

Немощенко Максим Валентинович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник

К.т.н., доцент Литвин О.В.

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з розділу

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент:

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

(підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2018

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

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Спеціалізація «Металорізальні верстати та системи»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.Б.Струтинський

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**  
Немощенко Максим Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Дослідження цангового патрону із адаптивними затискними елементами

науковий керівник дисертації Литвин О.В., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом по університету від “15” березня 2018 року № 934-с

2. Термін подання студентом дисертації

3. Об'єкт дослідження цанговий патрон із адаптивними затискними елементами, що включає затискну цанку, адаптивні елементи та оброблювану кільцеву тонкостінну деталь

4. Предмет дослідження - характеристики і процеси затиску тонкостінних заготовок типу тіл обертання адаптивними затискними елементами з статичним навантаженням в системі патрон–деталь.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Розробка і дослідження гнучких затискний елемент з поперечним перерізом кругоподібної форми, які самостійно пристосовуються до поверхні деталі. Параметри та характеристики тонкостінних деталей. Параметри точності обробки. Вплив детермінованих чинників на похибку обробки. Вплив випадкових факторів на похибку обробки. Теоретичне визначення похибок обробки тонкостінних деталей. Вплив кількості точок прикладення зусиль затиску. Вплив кута охоплення прикладення зусилля затиску. Теоретичні дослідження затискного патрону. Опис об'єкта дослідження. Силовий розрахунок цангового патрону. Аналітичний розрахунок сил затиску. Розрахунок зусиль в патроні методом скінчених елементів.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Креслення цангового патрону, Схеми адаптивних затискних елементів. Розрахункова схема цангового патрону. ЗД можель цангового патрону. Методи розрахунку і прогнозування похибок розмірної обробки тонкостінних деталей. Параметри та характеристики тонкостінних деталей. Параметри точності обробки. Теоретичне визначення похибок обробки тонкостінних деталей.

7. Орієнтовний перелік публікацій Немощенко М.В., Литвин О.В. Задача вибору оптимальної альтернативи комплексної правової охорони ОПВ методами багатокритеріальної оптимізації/ «Законодавство України у сфері інтелектуальної власності та його правозастосування: національні, європейські та міжнародні виміри»: збірник наукових праць V Всеукраїнської науково – практичної конференції (м. Київ, 28 вересня 2017 р.) - НДІ інтелектуальної власності НАПрН України. –К.: Інтерсервіс, 2017. –с.104-107.

8. Консультанти розділів проекту

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

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

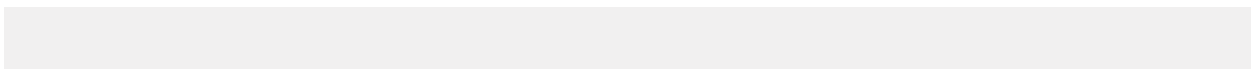
№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	<i>Використання адаптивних елементів в затискних патронах</i>	1-й тиждень	
2	<i>Аналіз можливих схем адаптивного елемента</i>	2-й тиждень	
3	<i>Способи адаптації затискного елемента для охоплення поверхні затиску.</i>	3-й тиждень	
4	<i>Огляд і аналіз патентів</i>	4-й тиждень	
5	<i>Огляд і аналіз публікацій</i>	5-й тиждень	
6	<i>Види адаптивних елементів</i>	6-й тиждень	
7	<i>Розрахункова схема пружного елемента</i>	7-й тиждень	
8	<i>Опис конструкції патрона</i>	8-9-й тиждень	
9	<i>Розробка розрахункової схеми цангового патрона з адаптивними елементами</i>	10-й тиждень	
10	<i>Розрахунок пружного адаптивного елемента</i>	11-12 й тиждень	
11	<i>Розрахунок Переміщень і еквівалентних напружень в середовищі Autodesk Inventor</i>	13 й тиждень	

Студент \_\_\_\_\_ Немощенко М.В.

( підпис )

( прізвище та ініціали )

Науковий керівник дисертації \_\_\_\_\_ Литвин О.В.



## Вступ

В теперішній час розвиток машинобудування неможливо без вдосконалення існуючих та створення більш нових та більш ефективних механізмів автоматичних верстатних систем. Вдосконалення існуючих конструкцій обумовлено розширенням технологічних можливостей станків з ЧПУ, що потребує створення нових механізмів, до числа яких і відносяться цангові патрони.

Цанги знайшли широке поширення в багатоцільових та агрегатних верстатах, верстатах з ЧПУ, токарних автоматах, автоматичних лініях та інше. Велике застосування знаходять цанги в механізмах подачі, фіксуюча оснастка із сучасними цангами широко застосовується для встановлення різців та осьових заготовок на різних типах металорізальних станках. Цангове кріплення оптимальне для закріплення прутків та інших деталей циліндричної форми. Його застосування зручне і для повторної фіксації обробленої деталі.

Застосування цангових патронів дозволяє скоротити час, пов'язаний із проведенням допоміжних операцій, збільшити продуктивність верстата, за рахунок виконання на токарному верстаті операцій фрезерування, неспіввісного свердління і т.д. Таким чином, у технолога з'являється можливість вибору обладнання, оснастки, інструменту, а також завдання технологічних переходів при створенні найбільш оптимального технологічного процесу.

В більшості випадків цангові патрони застосовуються для швидкої та надійної фіксації деталей циліндричної форми, зручно використовувати цангові патрони. Основним елементом цих пристроїв є цанга, Це спеціальне пристосування виготовлене в вигляді втулки. На ній виповнені поздовжні прорізи, завдяки чому формуються окремі формуючі пелюстки. При закріпленні деталі вони виконують функцію затискних кулачків кількість пелюсток варіюється в залежності від діаметру втулки.

Існуючі сьогодні способи охоплення розмірів заготовок під час затиску по циліндричних поверхнях затискними патронами (затискний пристрій) на автоматизованому обладнанні для токарного оброблення та модулів на його основі реалізуються за трьома основними схемами: дискретній; неперервній; дискретно-неперервній. Під час реалізації таких схем охоплення затискний елемент (затискний елемент) має так звану “фіксовану” геометрію поверхні затиску. Затиск по циліндричній поверхні більшого чи меншого діаметра призводить до того, що прилягання затискний елемент відбувається по певних зонах контакту, в яких виникають високі поверхневі тиски. За затиску заготовки по чорнових базах – це допустиме явище, проте за затиску по оброблених чистових базах на кінцевих операціях технологічного процесу відбувається бз пошкодження поверхні, зниження точності та жорсткості затиску. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є розточування “сірих” затискних кулачків або шліфування загартованих кулачків під певний діаметр затиску. Але в умовах швидкопереналагоджувального виробництва це вимагає великих фінансових затрат. Тому невирішеною залишається проблема адаптації затискний елемент до поверхні затиску у певному діапазоні діаметрів під час реалізації відповідних схем охоплення заготовок.

Актуальність роботи полягає в розробці нових конструкцій патронів для точної обробки нежорстких деталей.

Новизна роботи полягає в розробці нових методик і досліджень адаптивних елементів в цангових патронах.

## **1. АНАЛІЗ РАНІШЕ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ АДАПТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ПАТРОНАХ**

### **1.1. Використання адаптивних елементів в затискних патронах**

Дослідженню характеристик адаптивних затискних елементів механізмів затиску токарних верстатів для закріплення деталей в широкому діапазоні присвячено роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених у галузі верстатобудування та механічної обробки. [1]

В роботах Кузнецова Ю.М. вивчено механізм взаємодії затискних елементів з деталлю і отримані емпіричні та аналітичні залежності для визначення контактних зближень і коефіцієнтів зчеплення між ними при різних співвідношеннях радіусів і кривизни поперечного перерізу заготовки і затискного елемента, що роблять істотний вплив на нестабільність сили затиску. Розроблено і вперше застосований диференційно-морфологічний метод структурного та схемного синтезу затискних елементів, який представляє розвиток і поєднання відомих методів і включає спеціалізований евристичний прийом розчленування цілісного затискного елемента з подальшим диференціюванням і інтегруванням функцій окремих його частин і поверхонь, морфологічний аналіз елементів структури і зв'язків між ними з оптимізацією отриманих комбінацій і вибором найкращої. Показано, що створення оптимальних затискних механізмів з точки зору передачі сил, жорсткості, точності, швидкодії, широкодіапазонні і компактності вимагає вибору напрямку силових потоків, місця розташування і способу замикання системи приводу і патрона, що представляють собою замкнуті або розімкнуті контури, скорочення кінематичних ланцюгів і введення зворотних зв'язків. Розроблено графо-аналітичний метод розрахунку силових характеристик затискних елементів з побудовою в площині або просторі його силового портрета, який також служить одним з інструментів пошуку нових затискних елементів за заданими характеристиками ланок і дозволяє намітити шляхи регулювання цих характеристик. [2 - 8]

В роботах Кушика В.Г. здійснено розробку методики проектування широкодіапазонних цангових затискних патронів з однорядною і багаторядною мультиплікацією, які входять в пружну систему пруткових токарних автоматів. Розглянуто схеми і конструкції цангових затискних патронів з точки зору широкодіапазонності за розміром затискуваних заготовок, сформульовані основні принципи розширення діапазону затискуваних пруткових заготовок за розмірами і формою, виконано теоретичний аналіз деформацій в широкодіапазонних цангових затискних патронів, характеристик точності, жорсткості, міцності та інших характеристик, ступенів впливу широкодіапазонних цангових затискних патронів на параметри оброблюваної деталі в установленому режимі обробки, і на техніко-економічні показники токарних автоматів. Вперше показано вплив багаторядної мультиплікації затискних елементів на розширення діапазону затискуваних діаметрів і перехід на нові принципи затиску з використанням рухомого середовища затискних елементів. Показано, що евристичний прийом тангенціального розчленування затискного елемента дозволяє збільшити радіальне переміщення кінцевої ланки тим більше, чим більше рядів мультиплікації. [10]

В роботах Ахрамовича В.М. розроблені і реалізовані в нових конструкціях затискних пристроїв принципи розширення діапазону діаметрів закріплюваних заготовок на основі структурно-схемного синтезу з використанням двох клинових передавально-підсилюючих ланок, проведений аналіз впливу граничних значень діаметрів заготовок, що затискаються, і частот обертання на статичні і динамічні характеристики. Приведена розроблена і досліджена багатомасова динамічна модель системи патрон-деталь, що враховує вплив статичних і динамічних характеристик на точність обробки з врахуванням прикладеної до неї змінної збуджуючої сили різання, що змінюється по кутовій координаті; запропоновані аналітичні залежності розрахунку відтискань і биття вихідної ланки широкодіапазонних затискних пристроїв з врахуванням геометричних факторів в спряженнях і

приведенням в поперечному перерізі системи патрон-деталь до пружно-фрикційного шарніру. [10, 11]

В роботі Ібрагіма Фархана Салмана Аль Рефо розроблено комплексний підхід по визначенню точності встановлення і закріплення заготовок в токарному патроні з врахуванням похибки автоматичної зміни затискних елементів. Розроблена і досліджена багатомасова динамічна модель системи пристроїв автоматичної зміни затискних елементів, яка враховує вплив статичних і динамічних характеристик пристроїв маніпулювання затискними елементами і заготовкою на точність позиціонування і встановлення при багаторазовій зміні об'єкта маніпулювання. Запропоновані аналітичні залежності для розрахунку точності позиціонування вихідної ланки пристроїв автоматичної зміни затискних елементів з врахуванням геометричних, кінематичних і силових факторів, а також випадкових відхилень їх значень. Також на основі досліджень процесу закріплення заготовки в усьому робочому діапазоні верстату без переналагодження розроблена методика проектування пристроїв автоматичної зміни затискних елементів токарних автоматів з числовим програмним управлінням, по якій визначені головні параметри нових конструкцій пристроїв автоматичної зміни затискних елементів, встановлені фактори, які впливають на динамічну якість системи пристроїв автоматичної зміни затискних елементів і точність встановлення і маніпулювання затискних елементів і заготовкою. [12]

В роботах Волошина В.Н. сформульовано, теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено новий принцип переналагодження затискного пристрою, який полягає у використанні евристичного прийому інтеграції діапазонів затиску у затискних елементах з наступним їх позиціонуванням, що забезпечує надійний затиск штучних і пруткових заготовок у широкому діапазоні мінімальною кількістю затискних елементів. Також в своїх роботах автор отримав закономірності розподілу радіальних сил затиску по довжині робочих поверхонь позиційних багатопрофільних

затискних елементів для їх різних кутових положень в статиці та режимі усталеного обертання, що дозволяє вибрати раціональні конструктивні параметри для забезпечення надійного затиску при наперед заданих кінематичних та експлуатаційних параметрах. Розроблена математична модель оцінки впливу точності затискних пристроїв з позиційними багатопрофільними затискними елементами на вихідну точність поверхонь оброблюваних деталей, що дозволяє враховувати похибки, викликані геометричною неточністю патрона, та похибки, які виникають внаслідок дії силового навантаження з боку процесу різання. [13]

Крім того встановлено вплив факторів експлуатаційного та конструктивного характеру на силові характеристики ШП затискний пристрій і ШУ затискний пристрій та напружено-деформований стан затискного елемента.

В роботах Кузнецова Ю.І. приведені особливості конструкції і перспективи розвитку швидкопереналагоджуваних автоматично і вручну затискний пристрій для оснащення токарних верстатів з числовим програмним керуванням та ГВС. [14 - 19]

Залежність допоміжного часу, що припадає на одну деталь, від величини партії і етапи для точного визначення допоміжного часу на переналагодження затискний пристрій приведені в роботі.

Питаннями створення і дослідження затискний пристрій для затиску штучних заготовок в широкому діапазоні займається Інститут верстатів та технології виробництва Берлінського технічного університету (IWF TU-Berlin) у рамках проекту "Затискна техніка – гнучкі затискні елементи для токарної обробки". Метою цього проекту є розробка і дослідження гнучких затискний елемент з поперечним перерізом кругоподібної форми, які самостійно пристосовуються до поверхні деталі. [19]

У роботах, виконаних по проекту, проведено оцінку різних конструкцій затискний елемент за допомогою методу скінчених елементів з умовним "м'яким" затискний елемент. Поряд з теоретичними параметрами затискний

елемент також було розглянуто взаємний вплив затискного кулачка і заготовки в зоні контакту і отримано оптимальну структуру затискний елемент. Встановлено кореляційний зв'язок між гнучким затискний елемент відносно точності і надійності затиску, досліджених експериментально.

Багато робіт присвячено дослідженню експлуатаційних характеристик затискний пристрій (точності, жорсткості, силових, динамічних, довговічності).

Дослідженням силових характеристик затискний пристрій в статиці і при обертанні, впливу на них різних факторів займалися багато вітчизняних і зарубіжних вчених.

У роботах приведені схеми розкладу сил різних типів затискний пристрій та залежності для їх визначення.

Дослідженню факторів, які впливають на коефіцієнт щеплення при затиску заготовок в статичних і динамічних умовах приділено увагу в роботах. У них показано, що коефіцієнт щеплення залежить від типу рельєфу на робочих поверхнях затискний елемент і матеріалу затискний елемент та заготовки. Встановлено, що при обертанні затискний пристрій коефіцієнт щеплення зменшується внаслідок виникнення коливань в системі затискний пристрій- верстат. Дослідженнями встановлено, що змащувальний матеріал під час роботи внаслідок дії відцентрових сил і сил затиску витісняється із точок змащування. Крім того негативний вплив мають нагрівання затискний пристрій і змащувально-охолоджувальна рідина. Все це приводить до зниження сили затиску із збільшенням числа циклів затиску- розтиску. Для забезпечення стабільності силової характеристики в часі рекомендовано використовувати змащувальний матеріал, який має хороші адгезійні властивості. [20]

У роботах приведені залежності і алгоритм для визначення оптимальної сили затиску для забезпечення високопродуктивної обробки 48 різанням при заданих режимах. Показано вплив затискний елемент і частоти обертання на силу затиску. [20, 21]

Вплив жорсткості системи патрон-деталь і частоти обертання на втрату початкової сили затиску розглянуто у. Дослідження показують, що не вся відцентрова сила виступає як втрата сили затиску. Відношення втрати сили затиску до відцентрової сили залежить від жорсткості затискний пристрій і жорсткості заготовки. Показано, що при рівних моментах інерції жорсткий затискний пристрій має меншу втрату сили затиску.

Моніторинг зусиль затиску в затискний пристрій розглядається у роботах, у яких запропоновані системи передачі вимірювальних сигналів з використанням спеціальних датчиків, вмонтованих у затискний елемент, що дозволяє автоматично регулювати зусилля затиску в процесі роботи. [22, 23]

Створенню високошвидкісних затискний пристрій присвячені роботи. В них описується можливість збільшення частоти обертання за рахунок виготовлення елементів затискний пристрій із міцних волокнистих матеріалів. [24, 26]

Вивченням питань точності і жорсткості затискних пристроїв займалися Іващенко І.А., Моїсєєв Ю.І., Семьохін М.С., Кузнецов Ю.М., Лякас Р.І. та інші.

В роботі Іващенко І.А. приведені результати теоретичного і експериментального дослідження точності і жорсткості трьохкулачкових затискний пристрій. Робиться висновок про те, що жорсткість закріплення деталей залежить від величини зусилля затиску і характеру контакту затискний елемент із заготовкою. [27]

Моїсєєв Ю.І. в роботах розкрив і математично описав механізм утворення радіального і торцевого биття деталей, які встановлюються в затискний пристрій, проаналізував можливі шляхи скорочення цих похибок, доказав можливість скорочення радіального биття шляхом використання систем автоматичної вивірки, показав вплив силових факторів на процес утворення радіального і торцевого биття при встановленні заготовок в затискний пристрій. [28-30]

В роботах Лякаса Р.І. похибки центрування в затискний пристрій запропоновано визначати з врахуванням поперечного і поздовжнього заклинювання, приведено встановлений експериментально зв'язок між проковзуванням деталі відносно затискних поверхонь кулачків і жорсткістю затискний пристрій, приведений запропонований метод аналітичного розрахунку жорсткості затискного пристрою. [31-33]

Дослідження точності центрування деталі в залежності від положення контакту деталі і кулачка в затискний пристрій виконав Сяров С.П. Вони показали, що при затиску кожен із кулачків повертається при взаємодії із заготовкою по різному. В отриманих залежностях для потрібної сили затиску враховується радіальна і кутова жорсткості кулачків у вигляді коефіцієнта. [34]

Семьохін М.С. експериментально дослідив жорсткість різних затискних пристроїв в статичному і динамічному станах. Ці дослідження показали, що найбільш суттєвий вплив на жорсткість затискний пристрій чинять зазори між спряженими поверхнями деталей. Встановлено, що величина відтискань затискний елемент в процесі роботи більша ніж при статичному навантаженні та зростає із збільшенням глибини різання і подачі. Останній аргумент свідчить про вплив на жорсткість затискний пристрій всіх складових сили різання. [35]

На нестабільність радіальної жорсткості по кутовій координаті вказано у роботах Семьохіна М.С. Іващенко І.А. Кузнєцова Ю.М. [36]

В роботі показано вплив похибок виготовлення деталей самоцентруючих затискний пристрій на точність оброблених в них деталей. Проведені розрахунки свідчать про те, що навіть при точному виготовленні деталей затискний пристрій загальна похибка досить значна і може перевищувати допуск на виготовлення деталі. Для її зменшення необхідно в першу чергу шліфувати затискний елемент після складання затискний пристрій. [37]

Похибки встановлення, які виникають при затиску заготовок токарними затискний пристрій, також досліджено в роботах. Показано, що жорсткість закріплення набагато більше впливає на не циліндричність виробу ніж прогин шпинделя і власне самого виробу. Приведені результати експериментальних досліджень впливу зазорів елементів затискний пристрій на неспіввісність поверхонь деталей, оброблених в затискний пристрій. [38, 39]

В роботі проаналізовано фактори, що впливають на точність фіксації заготовки, виведено формули для визначення переміщень деталі в результаті дії сил різання. [40]

В роботах розглянуто особливості механізмів затиску деталей типу тіл обертання та досліджено їх пружно-силові характеристики. [41, 42, 43]

## 1.2. Аналіз можливих схем адаптивного елемента

В результаті аналізу літературних джерел [1] основними характеристиками адаптивних елементів, які використовуються в токарних верстатах, було виділено наступні групи з наступними адаптивними властивостями:

### 1.2.1 Конструкції з властивостями адаптації до зміни навантаження.

До цієї групи відносяться елементи для забезпечення постійної сили затиску при зміні умов обробки та/або геометричних параметрів заготовки, елементи із забезпеченням регулювання сили затиску в процесі обробки на різних режимах та при зміні сил тертя і зчеплення.

### 1.2.2 Конструкції з властивостями адаптації до зміни відхилень розміру заготовки.

Цю групу складають конструкції самоналагоджувальних патронів приводи затиску для забезпечення стабільної (постійної, регламентованої) сили затиску незалежно від відхилень діаметру заготовки, зокрема, прутка або труби.

### 1.2.3 Конструкції з властивостями адаптації до зміни геометрії поверхонь заготовок.

Цю групу в основному складають переналагоджувальні затискні системи із затискними елементами із поверхнями затиску постійної форми (із «жорсткою геометрією») та змінної форми, які автоматично пристосовуються до поверхонь заготовок із різними діаметрами затиску за допомогою гнучкої поверхні заготовки незалежно шляхом змикання (розмикання). В першому випадку адаптація затискного елемента до поверхні заготовки проводиться шляхом додаткових налаштувань, або за рахунок зміни фази в початковому стані, а в другому – в процесі затиску заготовки автоматично, причому вони набувають певну вихідну форму. Набуття такої форми може бути досягнуто деформуванням поверхні затиску, роз'єднанням (розмиканням, розділенням, розрізанням) поверхні затиску або вихідним формуванням шляхом використання еластичного пластику та інших еластичних матеріалів.

### 1.2.4. Конструкції з адаптивним керуванням жорсткістю системи заготовка-патрон.

Такі затискні механізми повинні забезпечувати: однакове радіальне зміщення деталі при різних положеннях різального інструменту за рахунок автоматичного регулювання сили або бази затиску; однакову радіальну жорсткість затискні механізми в різних його кутових положеннях.

### 1.2.5. Конструкції з адаптивним керуванням точністю положення заготовки.

Ця група об'єднує затискні механізми, які забезпечують точне позиціонування заготовки після її затиску та затискний механізм із компенсацією зміщень, викликаних змінами сили затиску та різання. Серед них найбільш перспективними є затискний механізм із активними елементами (активаторами) для забезпечення точного центрування оброблюваної деталі та корекції її положення після затиску за рахунок регулювання положення затискний елемент або інших елементів затискний механізм сталі інтегрування, які необхідно визначати в кожному окремому випадку. До цієї групи відносяться затискний механізм із автоматичною

компенсацією відцентрових сил, затискний механізм із активними системами їх балансування в процесі обробки та затискний механізм із активним демпфуванням коливань.

Одним із важливих напрямків є наділення затискний механізм адаптивними властивостями, які забезпечать затиск заготовок по поверхнях різної геометрії. Було запропоновано, теоретично і експериментально підтверджено нові принципи створення затискний механізм з адаптацією до поверхні затиску різної геометрії. Перший принцип полягає у навмисному введенні в конструкцію затискний елемент зон деформації, що дозволяє забезпечити прилягання контактуючої поверхні затискний елемент до поверхні затиску заготовки. Такі зони створені з використанням евристичних прийомів повного та неповного розчленування затискний елемент, шляхом утворення пустот в затискний елемент, використанням здатних до деформування кільцевих сегментів та ін. Другий принцип (принцип концентрації діапазонів затиску) базується на евристичному прийомі об'єднання діапазонів затиску в одному або декількох затискний елемент.

Це досягається наступними способами: виконання затискний елемент ступінчатими; розточуванням призматичних n-гранних затискний елемент; виконанням затискний елемент фасонного профілю та ін. Отримані способом інтеграції діапазонів затиску затискний елемент називаються багатопрофільними і можуть безпосередньо зв'язуватися з передавально-підсилюючою ланкою, бути її частиною або базуватися на основних затискний елемент. Другим важливим напрямком є створення затискний механізм з адаптивним керуванням точністю положення заготовки. З використанням системного підходу запропоновано концептуальні варіанти затискний механізм з активними структурами на базі п'єзоелектричних приводів з метою подальшого їх синтезу та дослідження. Вони містять наступні підсистеми: безконтактної передачі даних та енергетичного потоку; керування затискним пристроєм, що зв'язана із системою керування

верстатом; інтегрованих в затискний пристрій активаторів та трансляторів силового потоку.

### 1.3. Способи адаптації затискного елемента для охоплення поверхні затиску.

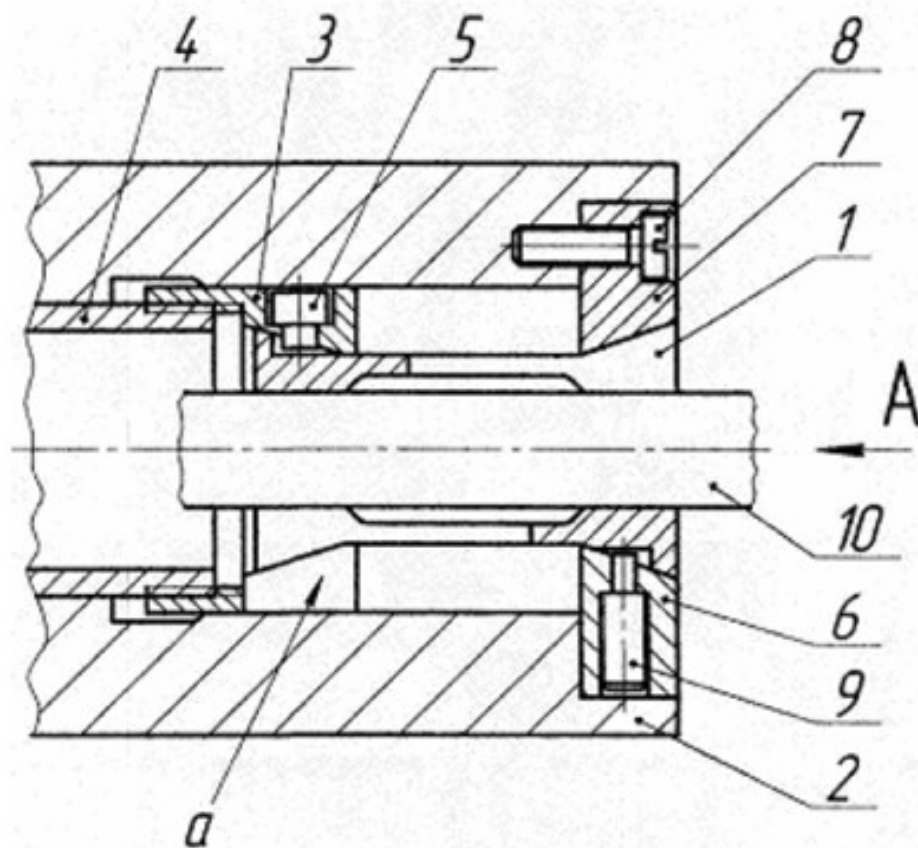
Встановлення деталі і інструменту та утримання їх в процесі обробки супроводжується комплексом фізичних явищ, серед яких: пружні відтискання в технологічній системі верстата; пружні та пластичні деформації деталей та стиків і порушення фізичних зв'язків між ними; динамічні, теплові та інші явища. Здатність затискних механізмів (затискний механізм) токарних верстатів виконувати робочі функції при змінах умов роботи істотно залежить від властивостей їх адаптації до змінних факторів впливу. Тому наділення затискний механізм властивостями адаптації до зміни характеристик заготовки, умов різання, динамічного навантаження, динамічних та інших явищ є актуальною науковою проблемою.

Важливим етапом теоретичного обґрунтування та практичної реалізації принципу конструювання затискного механізму, який полягає у наділенні їх властивостями адаптації, є структурно-системний підхід до вивчення всієї різноманітності адаптивних затискний механізм та виявлення характерних законів організації, функціонування, побудови та їх розвитку, як складних еволюціонуючих систем. Це дозволить оцінити технічне завдання на їх проектування за належністю до конкретної групи і провести спрямований синтез структури, а також оцінити наявні властивості технічних рішень.

### 1.4. Огляд і аналіз патентів

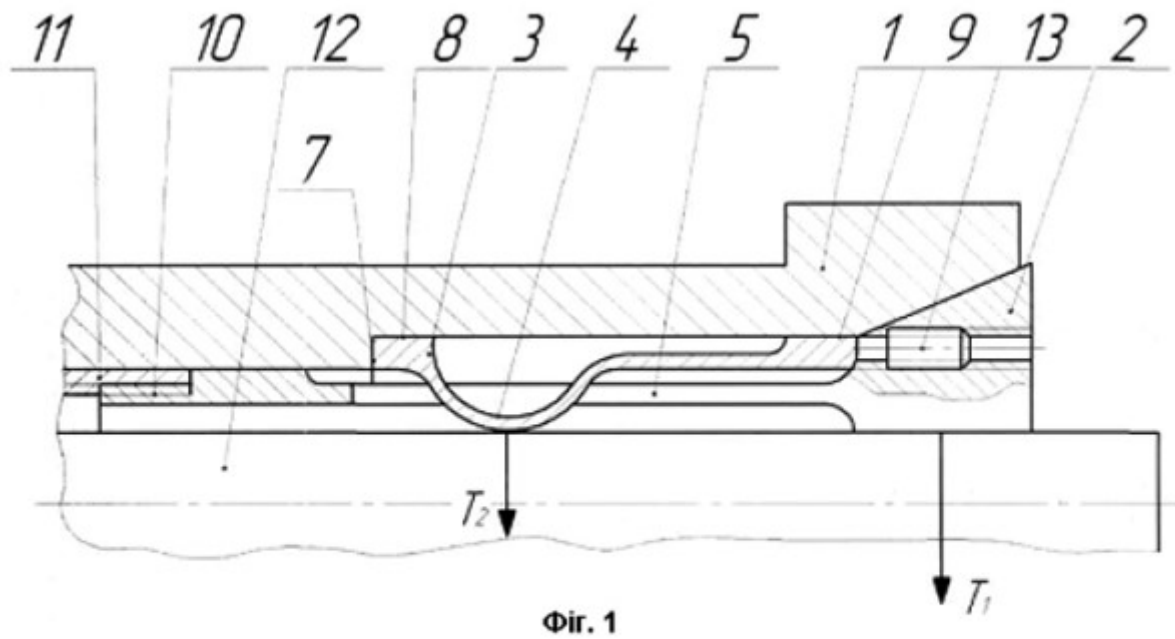
Патентний пошук по даних темах проводився по базі Укрпатенту, Роспатенту, і європейського патентного відомства

У патенті України [49] був запропонований цанговий патрон в який містить в трубці затиску затискну цангу з двома конусами. У даному патенті сказано що дане вдосконалення дозволяє знизити трудомісткість збирання та виготовлення.



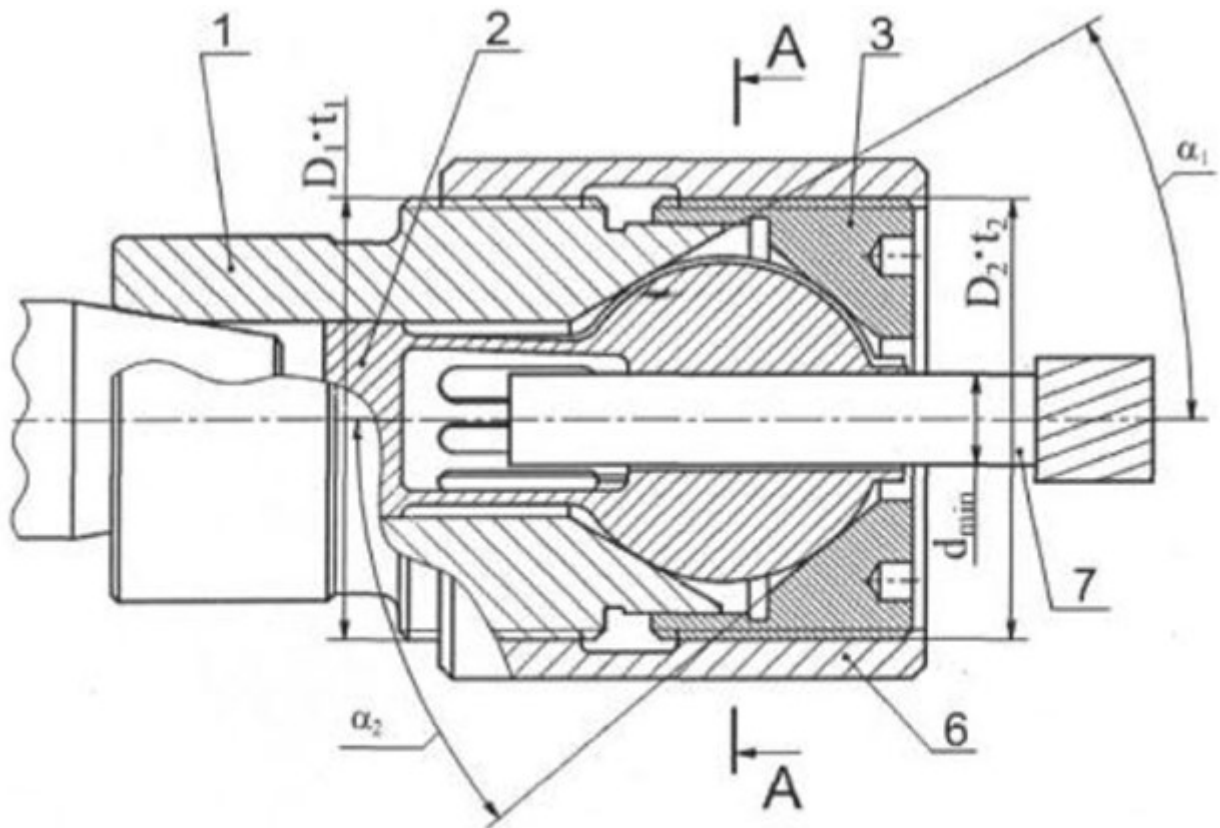
мал 1.4.1 Цанговий патрон із цангою що має два конуси у патенті №22991

Також був розглянутий інший патент [50] раніше зазначеного автора, суть якого в додатковому затискному елементі з відігнутими в сторону осі патрона пелюстками, розташованими в прорізах основної цанги, згідно з корисною моделлю, додатковий затискний елемент, виконаний у вигляді гофрованої цанги з двома зовнішніми циліндричними поясками по її кінцях, забезпечує точне центрування об'єкта затиску. Завдяки тому, що торці гофровані цанги 45 притиснуті з одного боку до торця в отворі корпусу, а з другого - до задньої конічної частини губок основної частини цанги, досягається визначеність регулювання співвідношення сил затиску основною і гофрованою цангами, що підвищує надійність роботи патрона.



мал 1.4.2. Цанговий патрон що має додатковий затискний елемент у патенті №80489

Наступний патент [51] який було прийнято до уваги розповідає нам про цанговий патрон із адаптивним елементом що дозволяє розширити діапазон розмірів інструменту. Недоліком даного вдосконалення є нестабільність сил затиску та невелике радіальне переміщення губок затискної цанги.

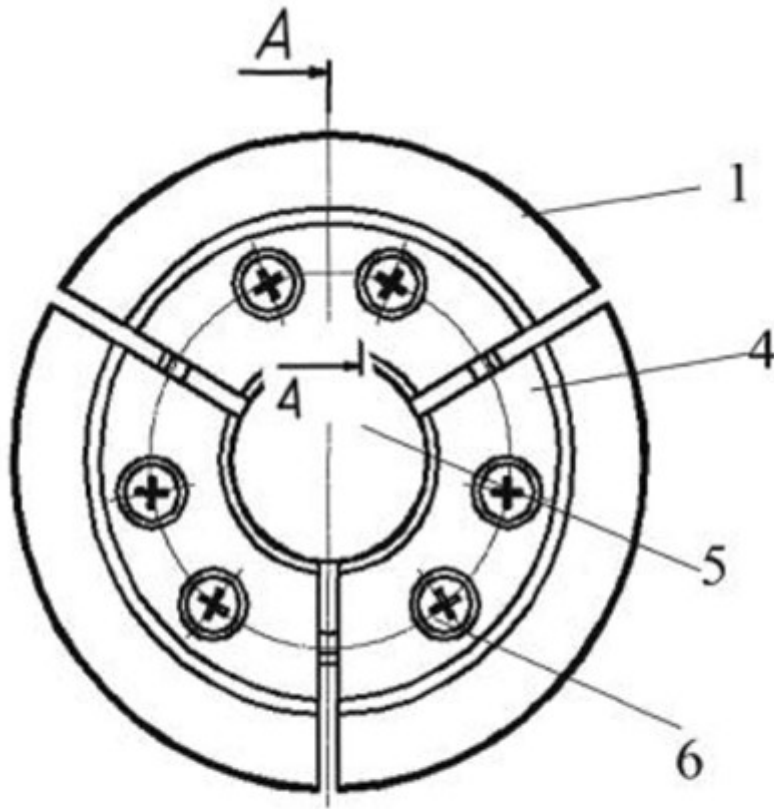


мал 1.4.3. Цанговий патрон у патенті №53173

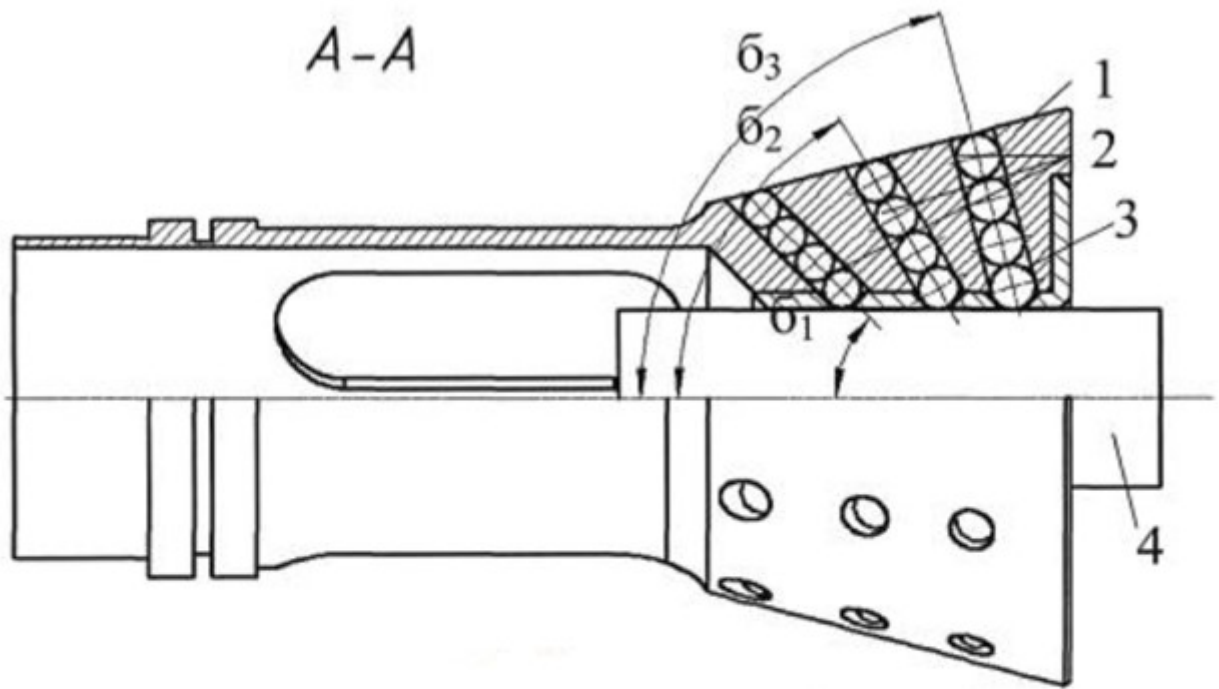
У патенті [52] була вирішена задача вдосконалення елемента у вигляді підпружиненої в осьовому напрямку швидкозмінної цанги з фіксацією в радіальному напрямку підпружиненим пальцем, на хвостовику якої виконані Г-подібні пази, які разом з виступами на трубі подачі утворюють байонетний замок, що дозволяє розширити технологічні можливості за рахунок швидкого переналагодження патрона на інший діаметр затиску.

В ще одному розглянутому патенті [53] розповідається про вдосконалення цангового патрона шляхом спорядження кожної губки затискної цанги наскрізними отворами, які розміщено рівномірно по колу в кілька рядів, їх виконано під гострими кутами до осі патрона, з розміщеними в них кульками, причому вершини вищезазначених гострих кутів розміщені на осі патрона зі сторони робочої зони верстата. Недоліками данного вдосконалення є складність виготовлення та складання в умовах

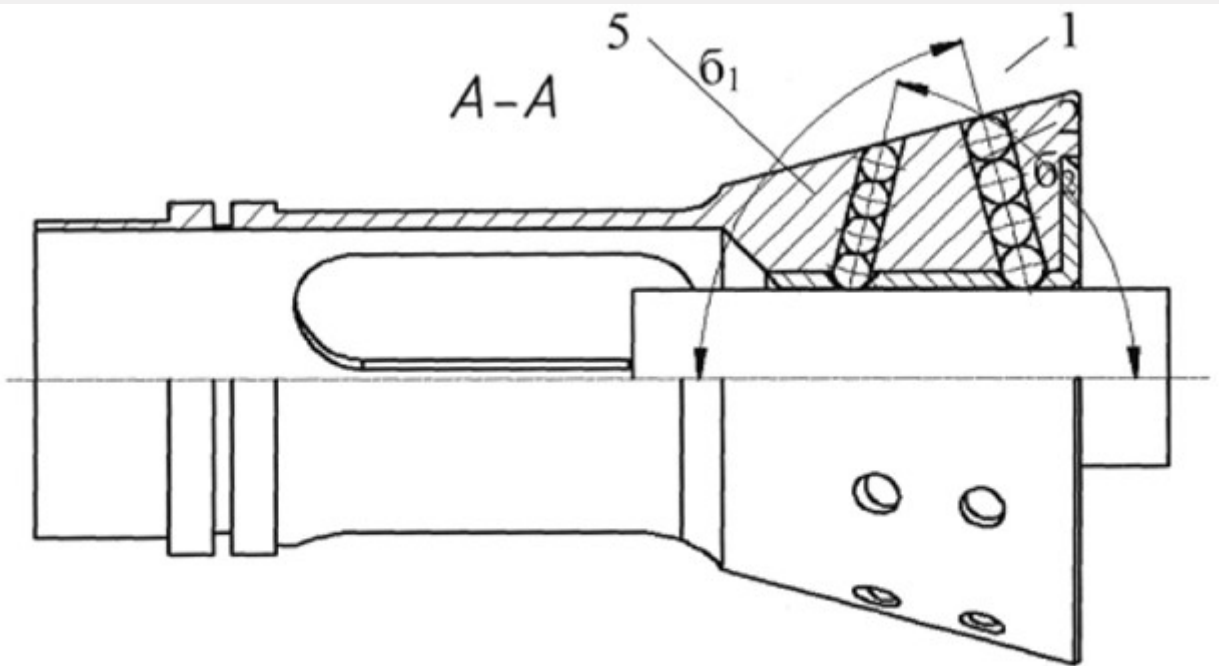
виробництва, а перевагами є зменшення значних зусиль на робочій поверхні цанги, що призводить до швидкого зношення його робочої поверхні, особливо при затиску деталей з відхиленням діапазону поверхні затиску більшим від паспортного.



Мал 1.4.4 Цанговий патрон у патенті №110634

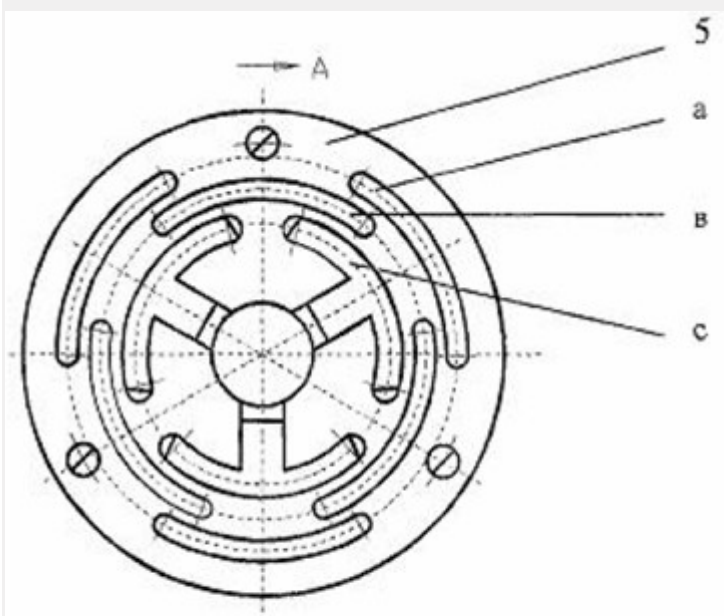


мал 1.4.5. Цанговий патрон у патенті №110634



мал 1.4.6. Цанговий патрон у патенті № 110634

В патенті [54] була запропонована наступна конструкція цангового патрону. При використанні такої конструкції зменшуються кількість цанг з пружним фланцем, витрати на виготовлення цангового патрона на різні розміри і форми прутка, а при заміні прутка іншого перерізу достатньо замінити лише цангу з пружним фланцем. Крім того патрон дозволяє затискати некалібровані (гарячекатані) прутки із значними відхиленнями від номіналу розмірів прутка. Таким чином, все це розширює технологічні можливості затискного механізму і робить цанговий патрон більш універсальним.

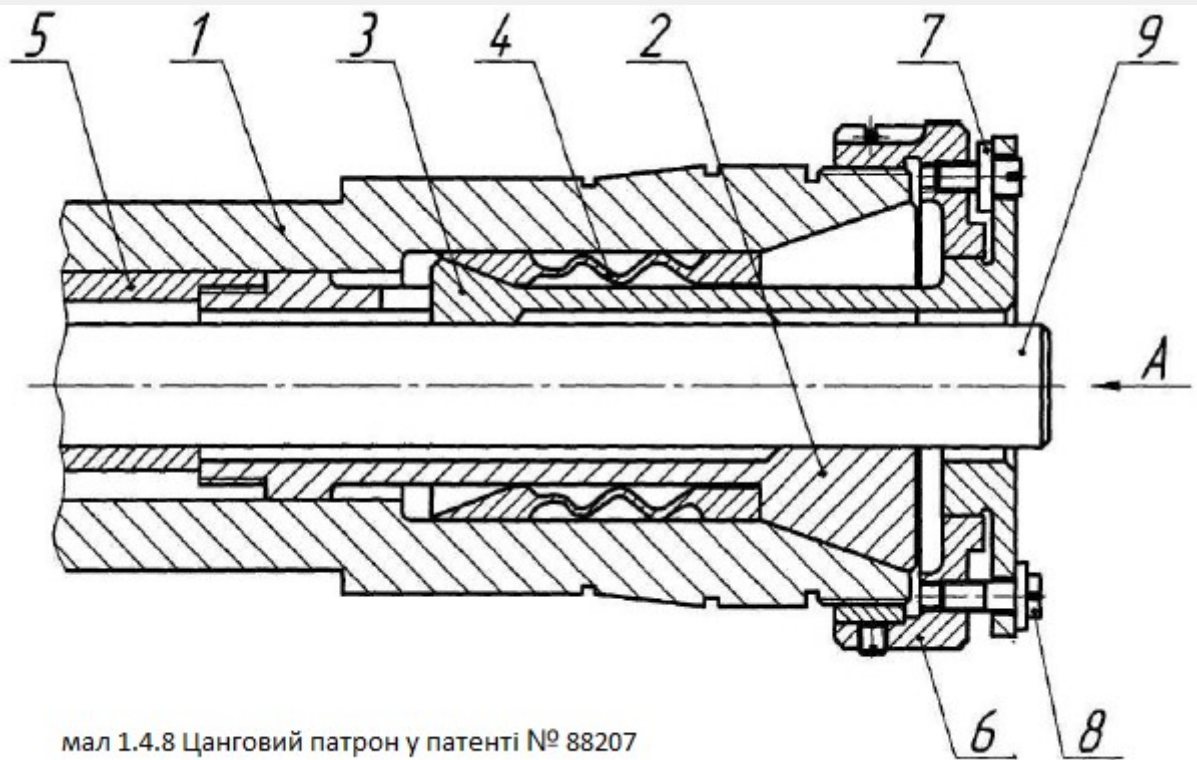


мал 1.4.7. Цанговий патрон у патенті № 70626

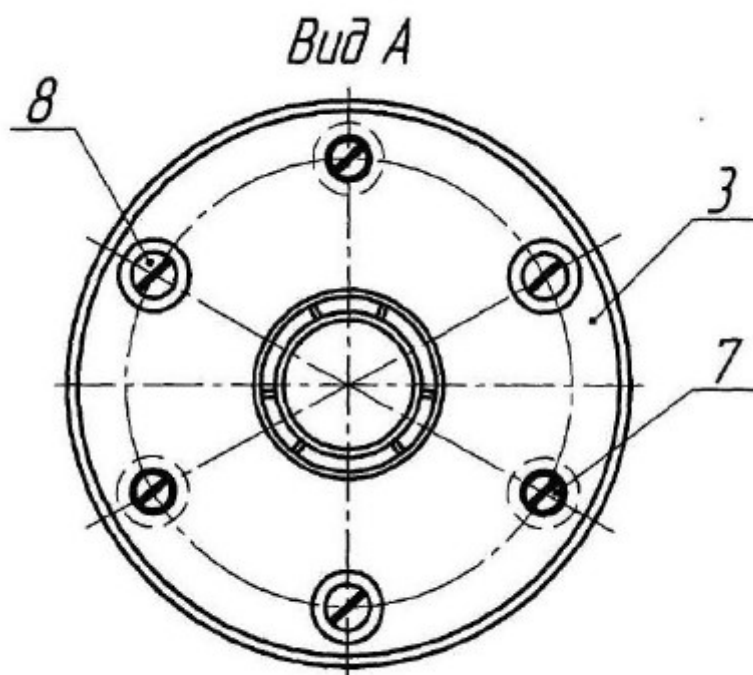
У патенті [55] В основу винаходу покладена задача удосконалення цангового патрону шляхом того, що в упорній гайці, рівномірно і по чергово по колу встановлені регулюючі гвинти, що забезпечує можливість регулювання зусилля затиску прутка додатковою цангою.

Поставлена задача вирішується тим, що в цанговому патроні, що містить розташовані в середині шпинделя верстата розміщені в прорізах одне одного і обернені в різні сторони основну і допоміжну затискні цанги, пружний елемент, що знаходиться між ними, і з'єднану зі шпинделем упорну

гайку, новим є те, що в упорній гайці рівномірно і по чергово по колу встановлені регулюючі гвинти, що мають буртики з протилежно розміщеними робочими торцями, якими вони контактують з торцем фланця додаткової цанги.

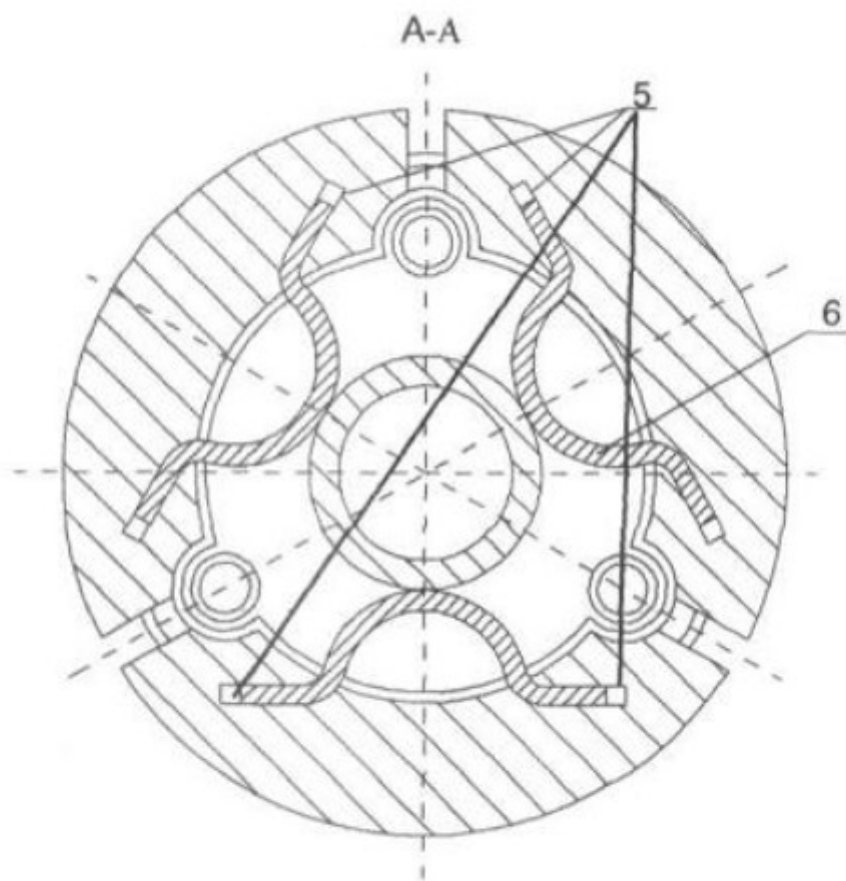


мал 1.4.8 Цанговий патрон у патенті № 88207

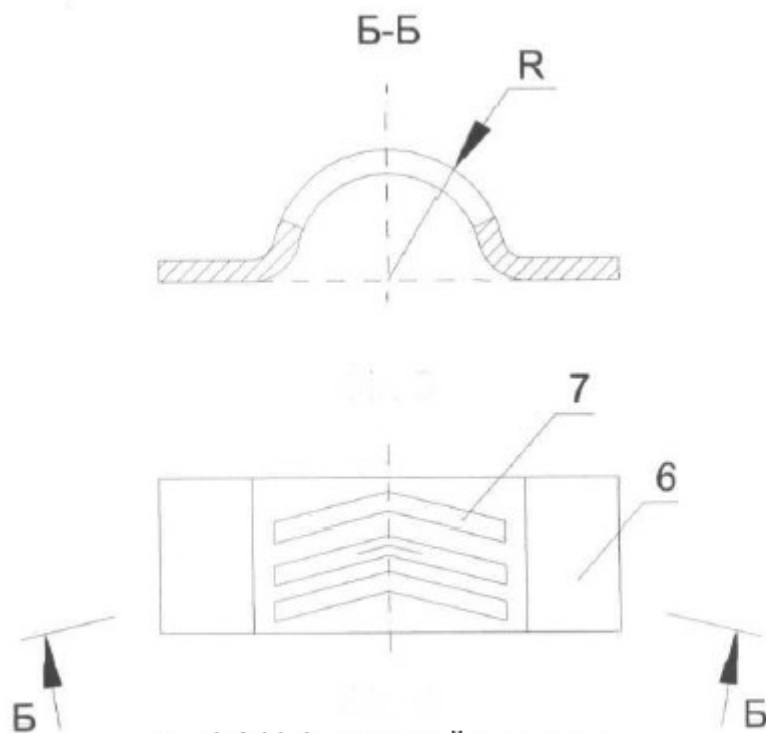


мал 1.4.9 Цанговий патрон у патенті № 88207

У патенті [56] розповідається про Цанговий патрон який містить корпус в якій розташована затискна цанга з робочими губками. Кожна губка затискної цанги споряджена пазами з розміщеними в них пластинчатими пружними елементами з прорізами.

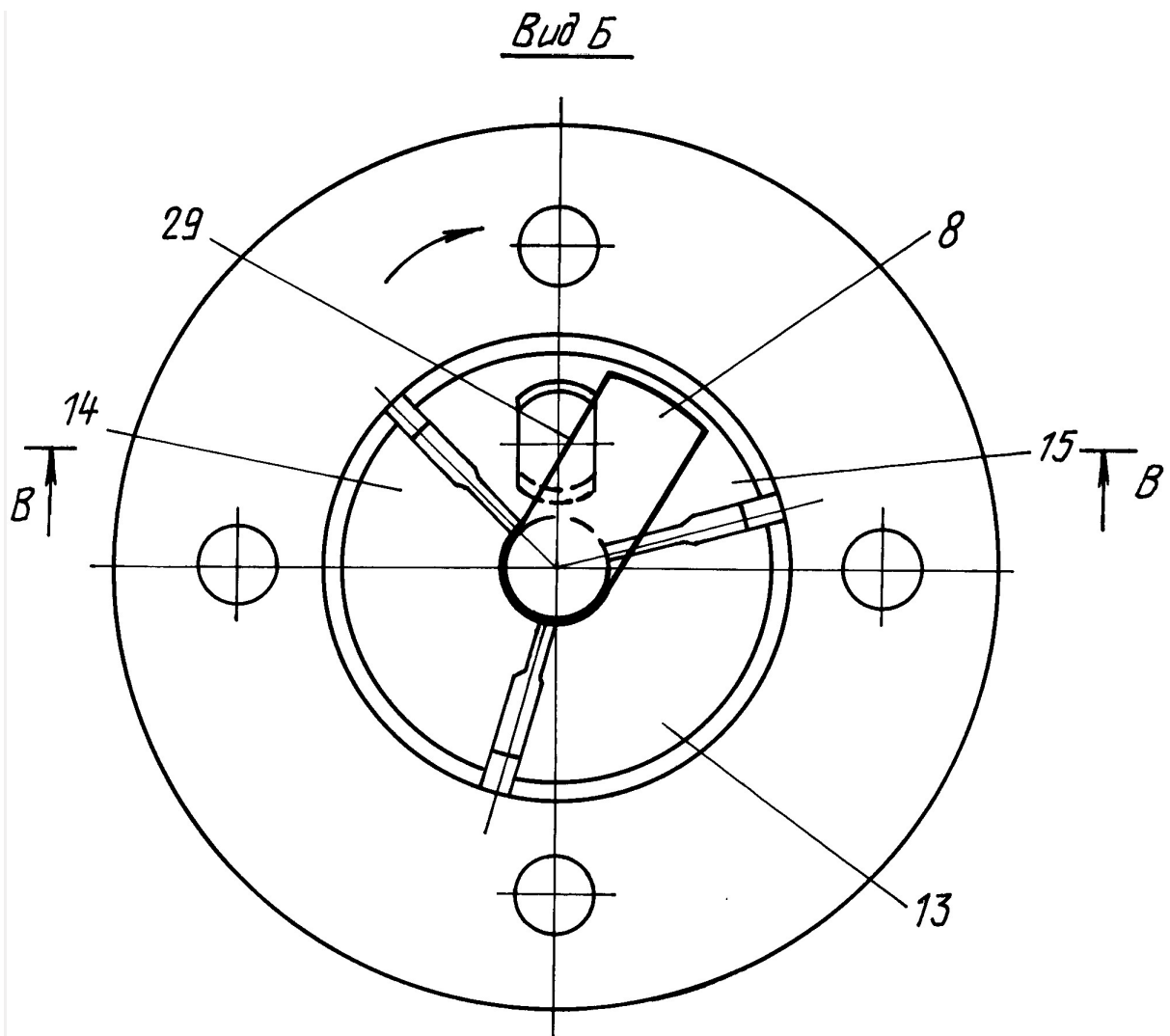


мал 1.4.10 Цанговий патрон із патенту № 100461



мал 1.4.11 Адаптивний елемент у патенті 100461

У патенті [57] Описана конструкція цангового патрона для затиску заготовок які мають фасонну поверхню



Мал 1.4.12 Цанговий патрон для затиску фасонних деталей в патенті RU2109600С1

За допомогою даного патрону можна підвищити точність закріплення фасонної деталі але така конструкція не вирішує питання збереження затискної поверхні. Такий патрон досить складний у виготовленні.

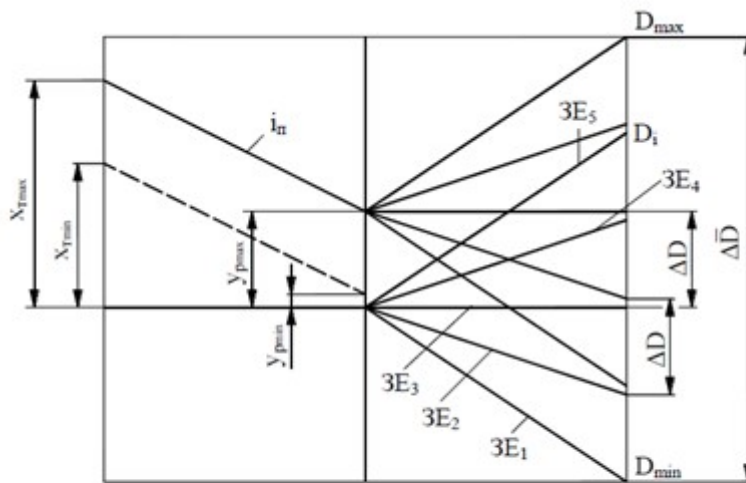
Із аналізу вищенаведених патентів можна зробити висновок, що більшість цангових патронів складні у виготовленні, вони мають високу собівартість це і призводить до малого попиту на них, більшість цангових патронів розраховані на малий діапазон відхилень розмірів деталі що не досить досить вигідно в умовах дрібносерійного виробництва, майже відсутні цангові патрони із дешевими адаптивними елементами. З цього випливає напрямок подальших досліджень – створення простого компактного але ефективного цангового патрона.

### 1.5. Огляд і аналіз публікацій по використанню адаптивних елементів в затискних патронах

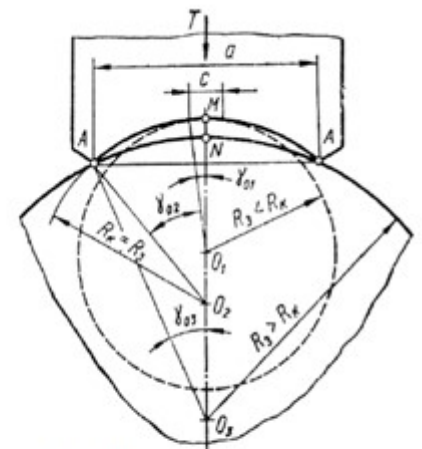
Розробці і дослідженням адаптивних затискних елементів було присвячено досить багатьох статей, та публікацій. Зокрема в публікації [44] «підвищення гнучкості токарних патронів шляхом адаптації кулачків до поверхні затиску» таких авторів як І.В. Луців, В.Н. Волошин, Р.О. Бица та інші було добре поставлено проблему підвищення продуктивності, точності, розширення функціональних можливостей обладнання для токарної обробки, ріст рівня автоматизації серійного і особливо дрібносерійного виробництва, який супроводжується підвищенням його гнучкості. Також в цій статті було проведено дослідження в якій було розроблено конструктивні схеми затискних елементів для механізованих токарних патронів, які в процесі затиску адаптуються до геометрії поверхні затиску заготовки визначеного діапазону діаметрів, а також дослідження з використанням CAD/CAM-систем їх впливу на заготовку в зоні контакту при затиску. Основними результатами дослідження був токарний патрон основною функцією якого було базування об'єкта закріплення; передавання зусилля затиску на об'єкт закріплення; підтримування відповідного положення і орієнтації об'єкту закріплення в процесі обробки при дії складових сили різання, сили тяжіння та відцентрових сил; передавання необхідного обертового моменту на об'єкт закріплення для здійснення процесу різання.

Конструктивно система безпосереднього впливу виконана у вигляді системи затискних елементів, які для передавання зусилля затиску взаємодіють із кінематичною підсистемою токарного патрона (передавальні-підсилювальними ланками), та певним чином розташовані у корпусі патрона. Для досягнення поставленої мети необхідні принципово нові підходи до створення системи затискних елементів, яка повинна забезпечити їх адаптацію до поверхні затиску при реалізації типових кінематичних структур затискних патронів з дискретно-неперервною схемою охоплення заготовок.

Дискретно-неперервна схема (мал.1.5.1) реалізується за рахунок неперервного охоплення вузького діапазону  $\Delta D$  та переходу на потрібний розмірний діапазон маніпулюванням (заміна або перепозиціювання) затискними елементами, або їх комплектами. Охоплення діапазону  $\Delta D$  відбувається за рахунок таких параметрів кінематичної підсистеми токарного патрона, як робочого ходу вхідної ланки та передавального відношення передавально-підсилюючих ланок. При роботі затискного елемента із «жорсткою» геометрією поперечного перерізу в діапазоні  $\Delta D$  можливі наступні варіанти його контактування із заготовкою (мал.1.5.1): повний контакт ( $R_3=R_k$ ); неповний контакт ( $R_3 < R_k$ ); контакт по кромках ( $R_3 > R_k$ ). Тому для забезпечення повного контакту затискні елементи затискний елемент1, затискний елемент2,...,затискний елементn (мал.1.5.1) повинні адаптовуватися до поверхні затиску саме у цьому вузькому діапазоні  $\Delta D$ .



мал1.5.1 Типова кінематична структура затискного патрона з дискретно-неперервною схемою охоплення з одним кінематичним ланцюгом



мал 1.5.2 Варіанти контактування кулачка з гладкою циліндричною поверхнею

Для створення адаптивного елемента потрібно навмисно створити зони деформації, такі зони можуть бути створені шляхом створення пустот в затискному елементі.

Також у статті було приведено розрахунки адаптивного затискного елемента за допомогою кад системи які показали що що затискна частина

працює зоні пружних деформацій і забезпечує в заданому діапазоні діаметрів її повний контакт із заготовкою при затиску.

Стаття «затискні механізми токарних верстатів з адаптивними властивостями» [45] була присвячена видам затискних механізмів та їхнє призначення.

На конференції був чудовий доклад про багатолезову обробку тонкостінних деталей. «Комбінована система затиску і багатолезової обробки адаптивного типу тонкостінних заготовок». В ній було висвітлено проблему багатолезової обробки тонкостінних деталей. [46]

В статті [47] «Визначення деформації поверхні контакту затискних елементів адаптивного типу» були приведені розрахунки адаптивного елемента

В статті «Дослідження впливу конструктивних параметрів адаптивного захватного пристрою на сили затиску» [48] розглядається вплив конструктивних параметрів адаптивного захватного пристрою на силу затиску як призматичних, так і циліндричних деталей та наведено методика розрахунку сил затиску.

Розробці конструкцій пристроїв з адаптацією затискних елементів затиску присвячено багато наукових досліджень у провідних технічних університетах та компаніях, які займаються виробництвом затискних пристроїв.

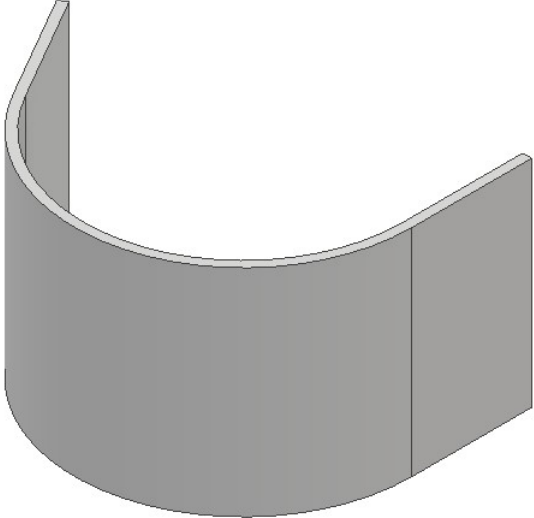
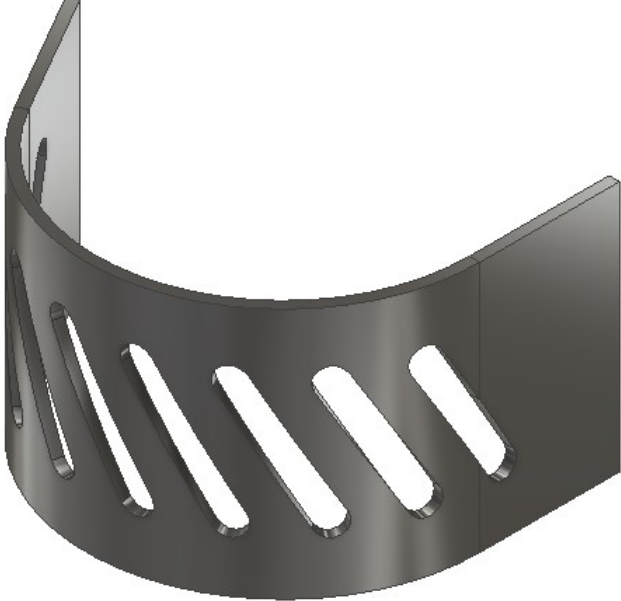
Для забезпечення адаптації поверхні затиску затискний елемент до заготовок різних діаметрів використовуються різні принципи, зокрема:

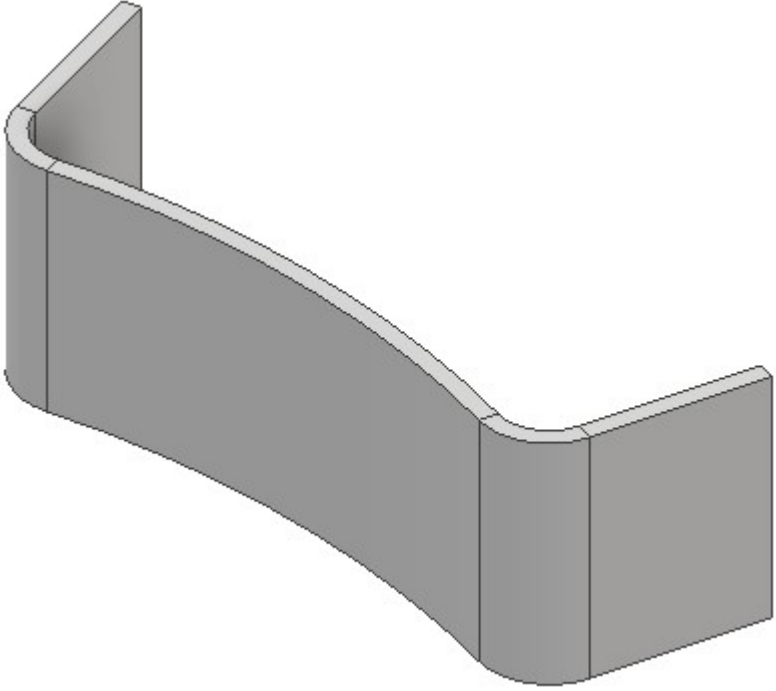
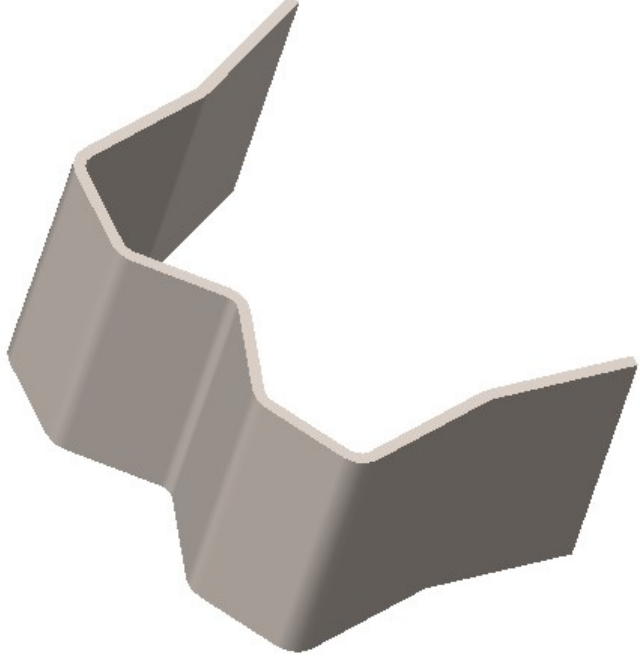
- механічні (висувні штирі; пластини; гнучкі сегменти та ін.);
- теплові (швидкоплавкі матеріали та легкоплавкі метали), магнітні (магнітні порошки, магнітореологічні рідини);
- гідравлічні (рідкі та сипучі середовища (гранули)).

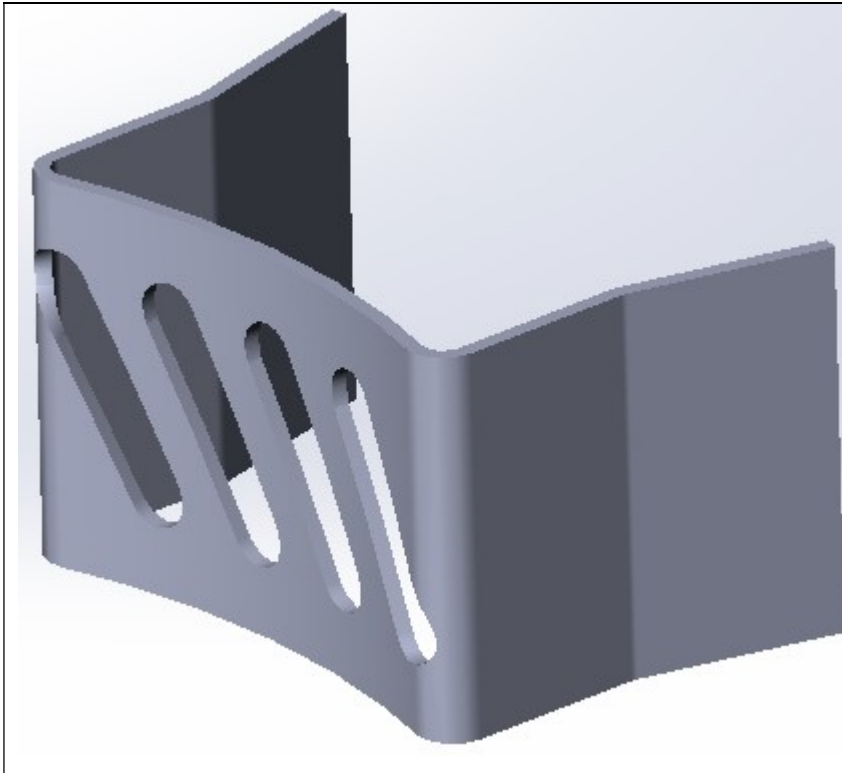
## **2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАТИСКУ АДАПТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ**

### **2.1 Види адаптивних елементів**

На основі системного підходу з використанням евристичних методів пошуку нових схем і конструкцій адаптивних методів створено кілька видів адаптивних елементів які наведені в таблиці

Схема адаптивного елемента	Особливості конструкції
	<p>Простота у виготовленні, великі сили затиску, значне збільшення діапазону розмірів</p>
	<p>Зменшення сил затиску, більша площа контакту</p>

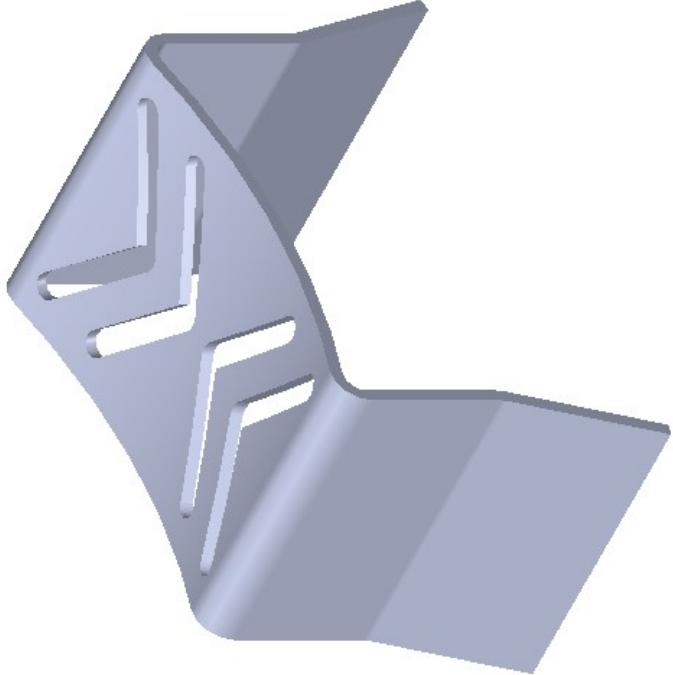
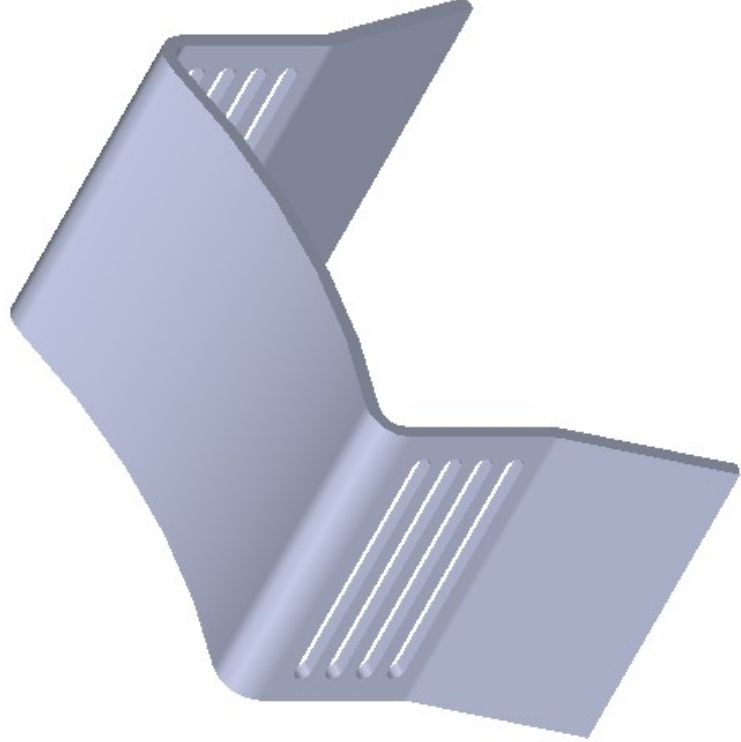
	<p>Значно більша поверхня контакту, менша сила затиску</p>
	<p>Хороша технологічність, наявність концентраторів напруги</p>

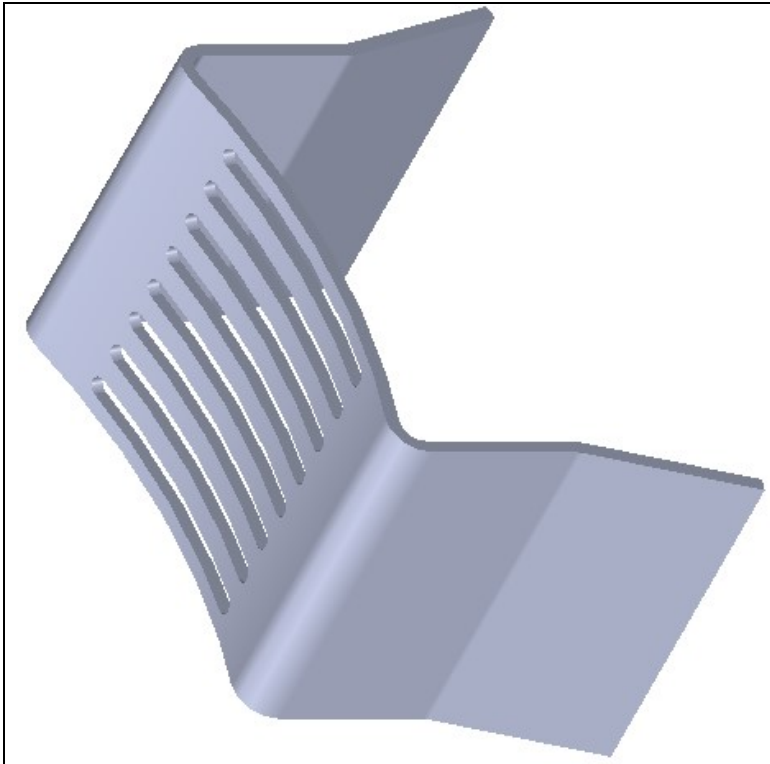


Значно менші сили  
затиску, добре  
щеплення із деталлю  
в одному напрямі



Наявність  
концентраторів  
напружень

	<p>Хороше зчеплення із деталлю при обертанні в різних напрямках</p>
	<p>Значно менша сила затиску</p>

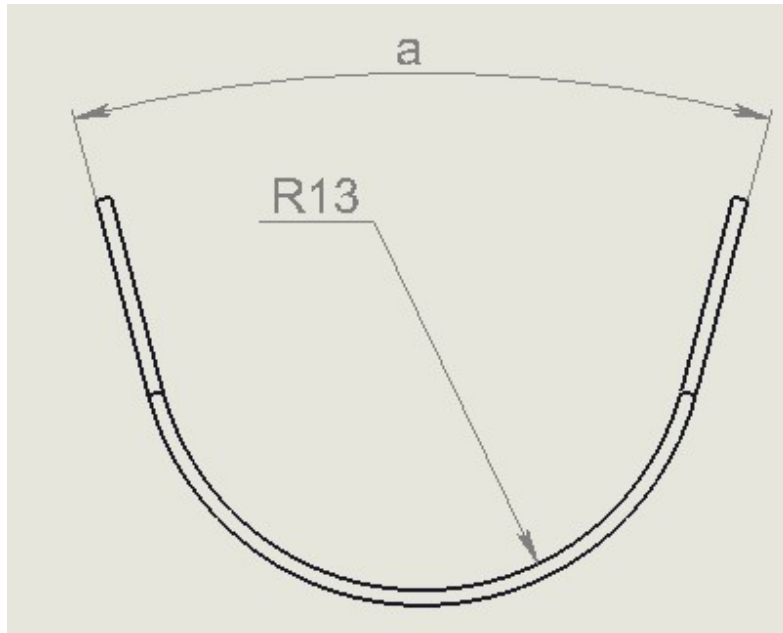


Дає можливість закріплювати деталь із великими похибками форми та деталі із фасонною поверхнею.

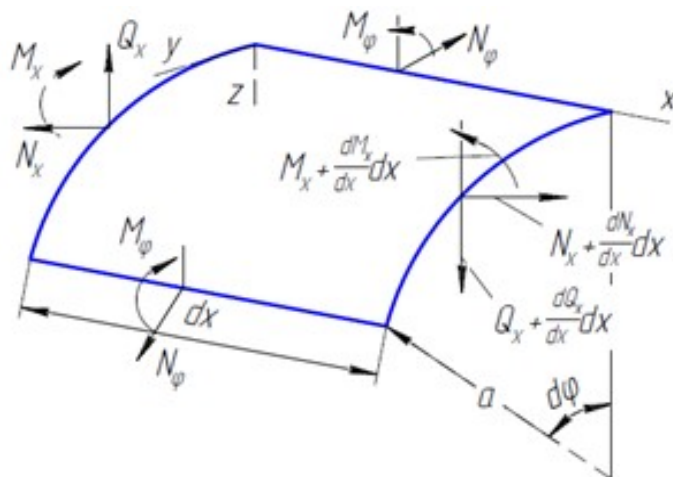
Основні вимоги до матеріалу – пружність та зносостійкість

## 2.2. Розрахункова схема пружного елемента

Процес адаптації відбувається з переміщенням робочих поверхонь елемента. Для оцінки умов затиску між затискними елементами адаптивного типу (мал.2.2.1) та поверхнею затиску деталі важливим параметром є деформація поверхні їхнього контакту. Для того, щоб отримати диференціальні рівняння деформацій адаптивного затискного елемента, розглянемо зону контакту адаптивного затискного елемента як циліндричну оболонку, на яку діють сили, що симетрично розподілені відносно осі циліндра. Для вирішення даної задачі розглядається елемент який зображений на мал 2.2.2 Згідно з задачі пов'язані зі симетричною деформацією



мал 2.2.1 Адаптивний елемент



мал 2.2.2 Поверхня адаптивного елемента

кругової циліндричної оболонки, зводяться до визначення величини деформації  $w$  в напрямку осі  $z$ , яка визначається шляхом інтегрування рівняння

$$\frac{d^2}{dx^2} \left( D \frac{d^2 w}{dx^2} \right) + \frac{Eh}{a^2} w = z \quad (1)$$

Де  $D$  - жорсткість оболонки при згині;  $Z$  – інтенсивність навантаження на оболонку;  $w$  - деформації в напрямку осі  $z$ ;  $a$ - радіус кривизни оболонки;  $E$  - модуль Юнга. Враховуючи той факт, що в нашому випадку товщина зони

адаптації затискного елемента постійна, рівняння (1) приймає такий вигляд:

$$D \frac{d^4 w}{dx^4} + \frac{Eh}{a^2} w = Z \quad (2)$$

Ввівши позначення:  $\beta^4 = \frac{Eh}{4a^2 D}$  (3)

рівняння (2) представляється в більш простому вигляді:  $\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta^4 w = \frac{Z}{D}$  (4)

Враховуючи вищенаведене, а також згідно з [1] загальне рішення рівняння (4) має наступний вигляд:

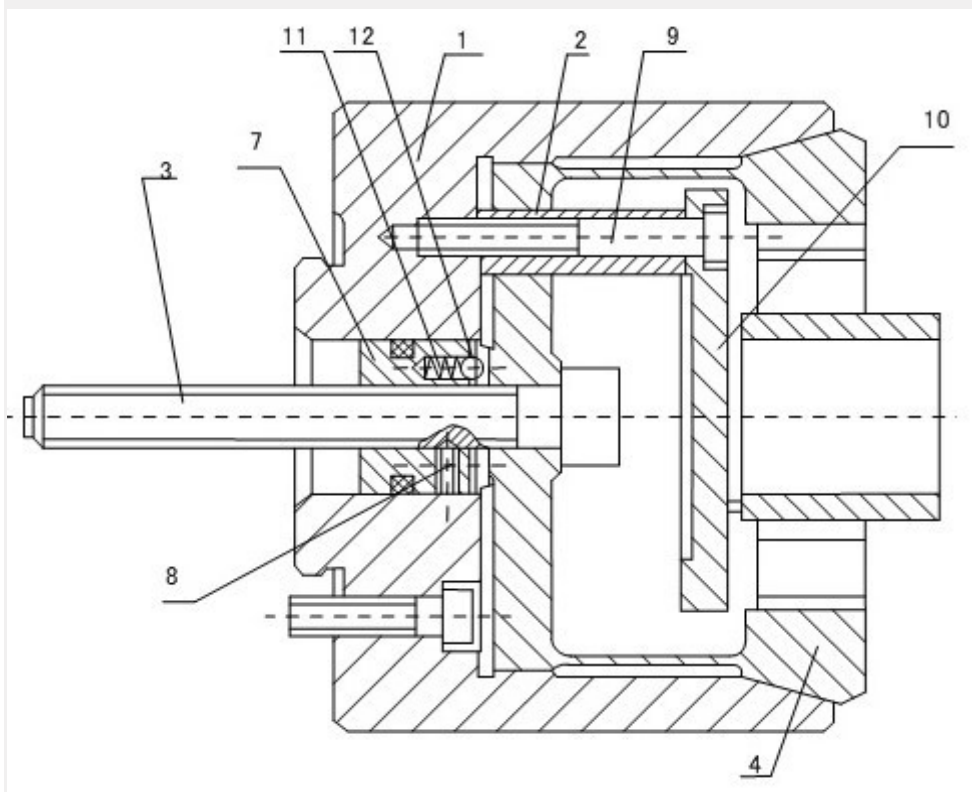
$$w = e^{\beta x} (C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x) + e^{-\beta x} (C_3 \cos \beta x + C_4 \sin \beta x) + f(x)$$

Де  $f(x)$  часткове рішення рівняння (4),  $C_1, \dots, C_4$  - сталі інтегрування, які необхідно визначати в кожному окремому випадку.

### 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЦАНГОВОГО ПАТРОНА З АДАПТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

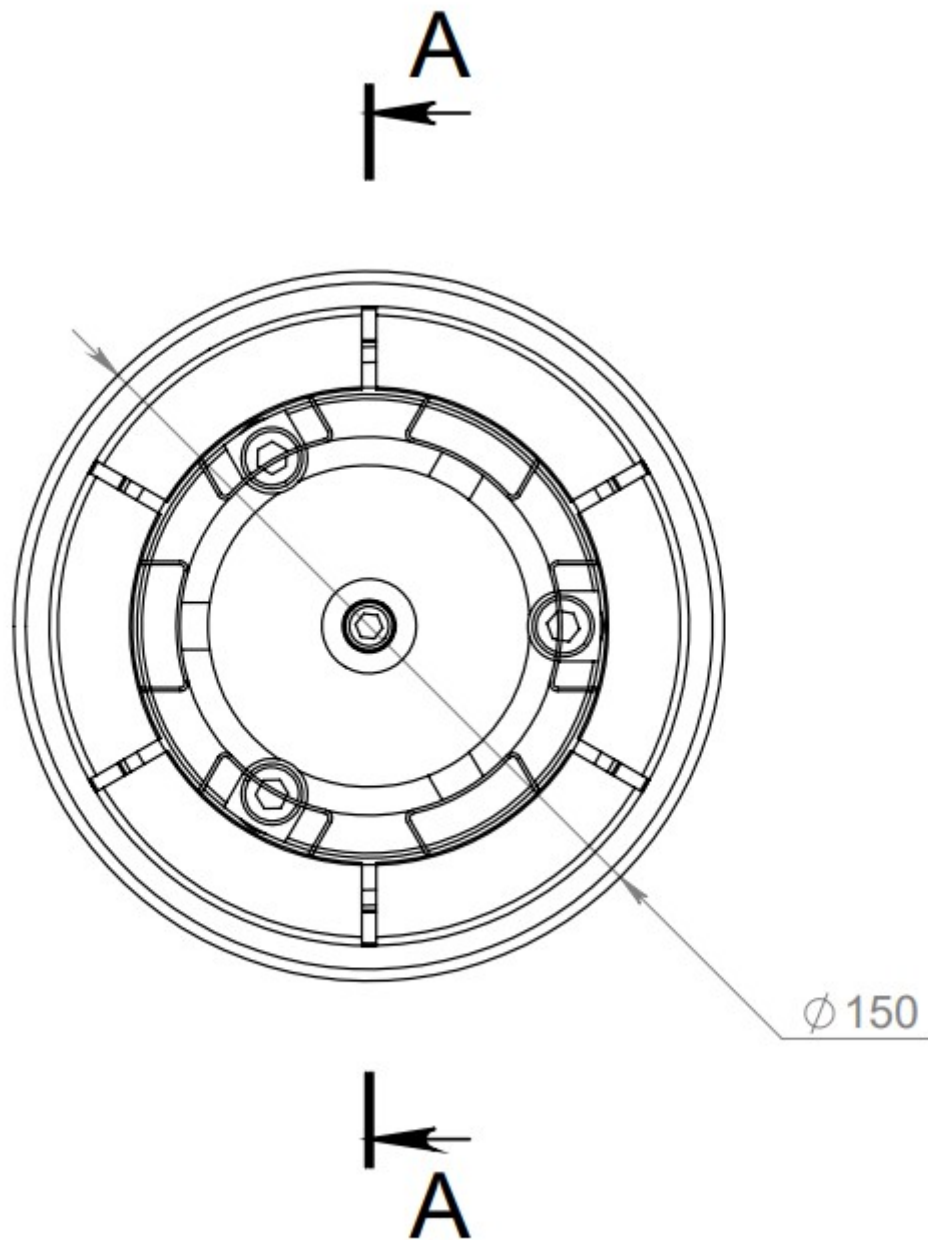
#### 3.1 Опис конструкції патрона

В якості об'єкту дослідження обраний цанговий патрон п патенту України № 100461

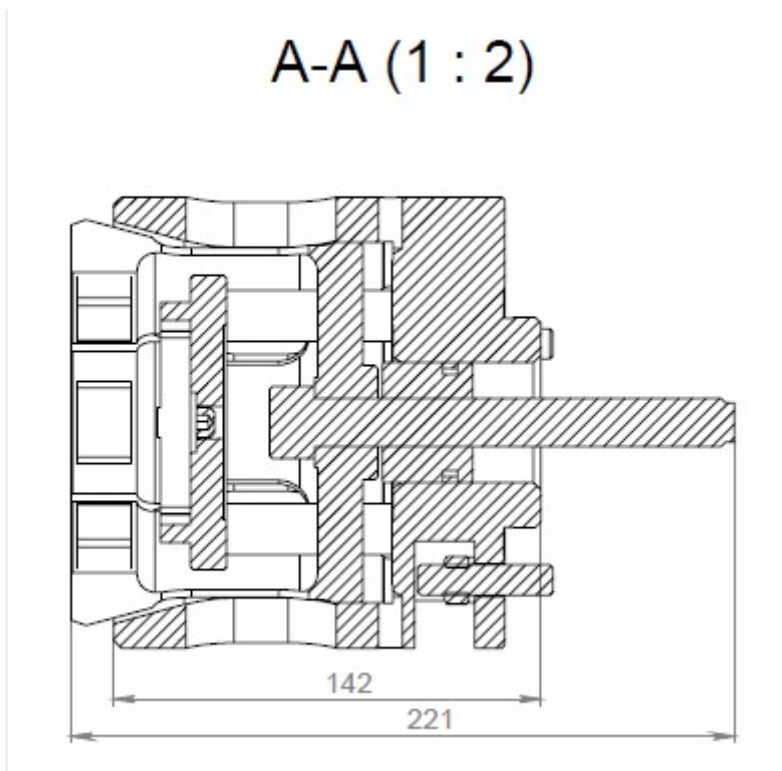


Мал 3.1.1 Цанговий патрон в розрізі

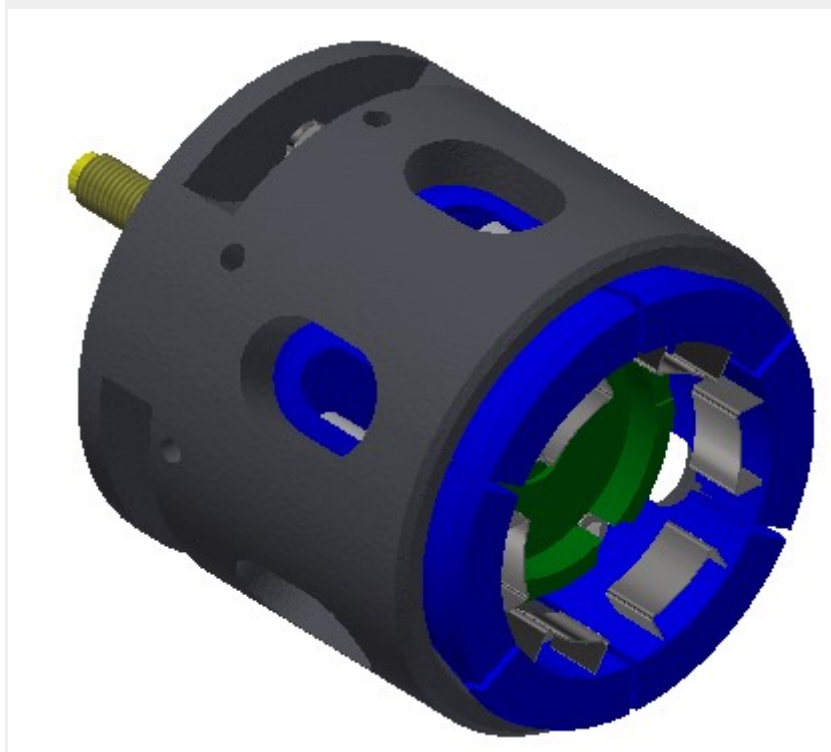
Цанговий патрон складається із корпусу 1, всередині якого розміщена затискна цанга 4 з хвостовою частиною, з'єднана з приводом верстата (не показаний) за допомогою тягового гвинта 3. Гвинт тяговий 3 закріплений за допомогою втулки 7 зі стопорним гвинтом 8. В корпусі 1 за допомогою втулки 2, закріпленої гвинтами 9 (їх може бути три), встановлений упор 11. Принцип роботи такого цангового патрону полягає в тому, що на тяговий гвинт 3 діє осьова сила яка передається на цангу 4, що в свою чергу за рахунок конусних поверхонь на ній та корпусу 1 затискає деталь. З торця патрон закрити кришкою 10.



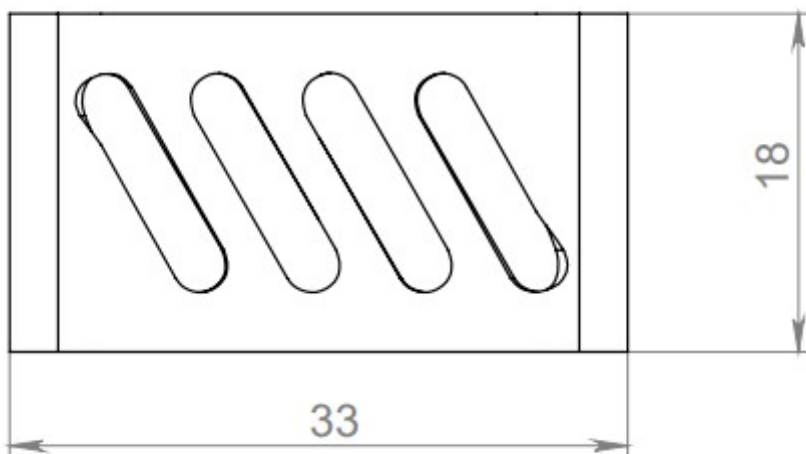
Мал 3.1.2 Цанговий патрон із адаптивними елементами



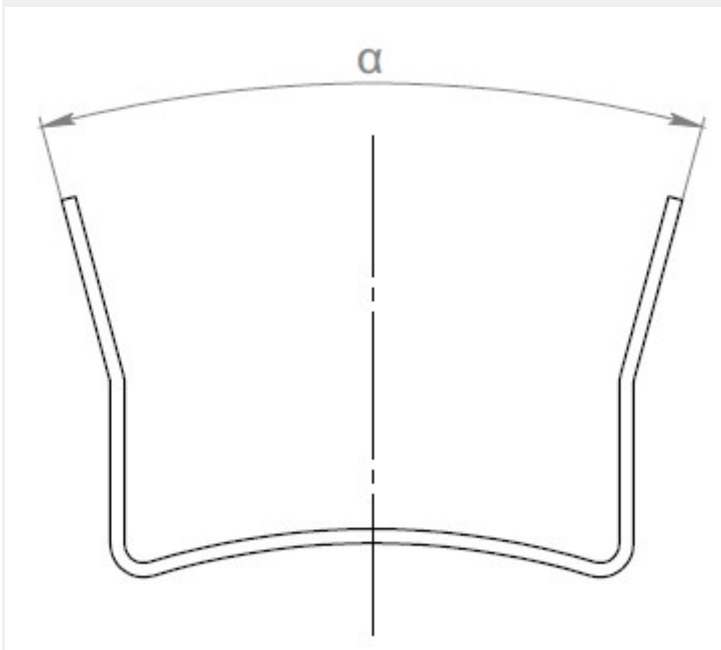
Мал 3.1.3 Цанговий патрон в розрізі



Мал 3.1.4 3д поделъ цангового патрону з адаптивними елементами по патенту № 100461



Мал 3.1.5 Вид на робочу поверхню адаптивного елемента

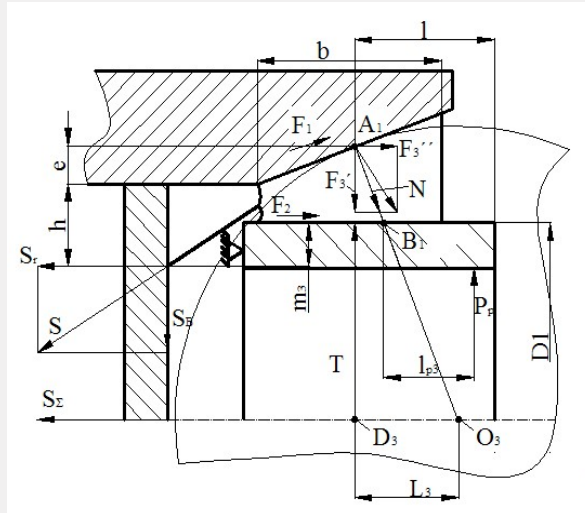


Мал 3.1.6 Вид з боку на адаптивний елемент

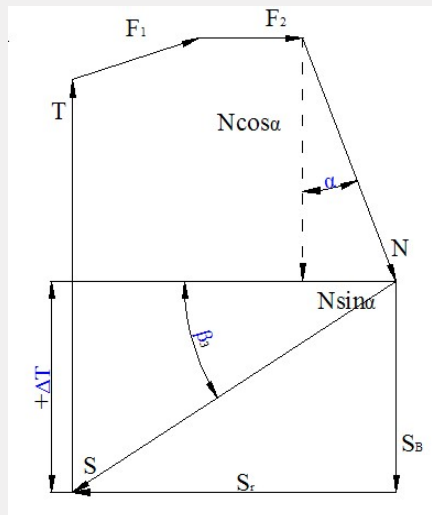
### 3.2 Розробка розрахункової схеми цангового патрона з адаптивними елементами

Розглянемо процес затиску в уніфікованому цанговому патроні заготовок діаметром  $D_2$ , який відбувається при наступних параметрах патрона:  $b$ - база затиску;  $l$ - виліт закріпленої заготовки відносно точки  $A$  прикладення зусилля затиску в патроні;  $l_p$  – плече прикладення зусилля різання  $P_r$

відносно точки В, яка визначається перетином радіусу пружно-фрикційного шарніру з поверхнею заготовки діаметром D; точка А- визначає місце прикладення зусилля в стику конус цанги- корпус патрону; точка О- центр пружно-фрикційного шарніру для даного патрону і конкретної схеми затиску. Схема дії сил наведена на мал



Мал 3.2.1 Схема дії сил в цанговому патроні



Мал 3.2.2 Силевий багатокутник цангового патрона

З багатокутника сил, що діють в патроні, складемо рівняння рівноваги в горизонтальній і вертикальній площинах:

$$F_1 \cos \alpha + N \sin \alpha + F_2 - S \cos \beta_3 = 0$$

$$T + F_1 \sin \alpha - N \cos \alpha_2 - S \sin \beta_3 + R_y = 0$$

$$K_{H2} = \frac{\cos \beta (\cos(\alpha + \varphi) - f \sin(\alpha + \varphi)) - \sin \beta (f \cos(\alpha + \varphi) + \sin(\alpha + \varphi))}{1 - (\sin(\alpha + \varphi)(f^2 + 1))};$$

### 3.3 Розрахунок пружного адаптивного елемента

Виходячи з поставленої задачі модернізації цангового патрону для затиску тонкостінної заготовки при розточуванні за допомогою пластинчатих пружних елементів з прорізами Дослідження на міцність, жорсткість та оптимальну товщину пластини проведемо застосовуючи модуль «Аналіз Напружень» в САD системі Autodesk Inventor. Щоб спроектувати аналіз на міцність, жорсткість та оптимальну товщину пластини потрібно визначити всі сили які виникають під час оброблення.

Розрахунок сили різання  $P_z$  яка виникає при розточуванні внутрішнього отвору  $\varnothing 34$

Вихідні дані:

Діаметр заготовки

$$d_{\text{зов. заг.}} = 46 \text{ мм}$$

$$D_{\text{внут. заг.}} = 38 \text{ мм}$$

Матеріал заготовки: Алюміній АК12,  $\sigma_B = 157 \text{ МПа}$

Матеріал різця: Р6М5

Глибина різання:

Подача:  $S = 0,35 \text{ мм/об.}$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н,}$$

Швидкість різання, визначається за формулою:

$$[V] = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot h^{x_v} \cdot S^{y_v}}$$

де за довідниковими даними (табл.13[1]) для вибраних умов процесу оброблення будемо мати:  $C_v=328$ ;  $T_n=60$  для одноінструментного оброблення;  $m=0,28$   $x_v=0,12$ ;  $y_v=0,50$ , якщо  $[S]$  більше  $0,30 \text{ мм/об.}$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

Поправочний коефіцієнт на фізико-механічні характеристики матеріалу для алюмінієвих сплавів (табл.14[4]) з урахуванням границі міцності оброблюваного матеріалу:  $K_{mv} = 1$

$K_{nv}$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання. За табл.19[1] для заготовок, що виготовлені методом прокату  $K_{nv} = 0,9$ .

$K_{iv}$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив марки інструментального матеріалу на швидкість різання. За табл.20[1] при обробленні конструкційних сталей та сталевих литва твердосплавним інструментальним матеріалом марки Т10К6, поправочний коефіцієнт на інструментальний матеріал буде складати  $K_{iv} = 1$

Тоді загальний поправочний коефіцієнт визначається за загальною формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9$$

Швидкість різання при розточуванні:

$$V = \frac{328 \cdot 0,9}{60^{0,28} \cdot 2^{0,12} \cdot 0,35^{0,50}} = 145,9 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя,  $\text{хв}^{-1}$ :

$$n = \frac{1000 \cdot 145,9}{3,14 \cdot 38} = 1222,76 \text{ хв}^{-1}$$

По паспорту верстата приймаємо найближче значення частоти обертання шпинделя ( $n_{cm} \leq n$ ):  $n_{cm} = 1200 \text{ хв}^{-1}$ .

$$V = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 1200}{1000} = 128,1 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н,}$$

$$C_p = 40$$

$$x = 1, y = 0,75, n = 0$$

$$K_{\varphi v} = 1; K_{\gamma v} = 1; K_{\lambda v} = 1; K_{rp} = 1; K_{mp} = 1,0$$

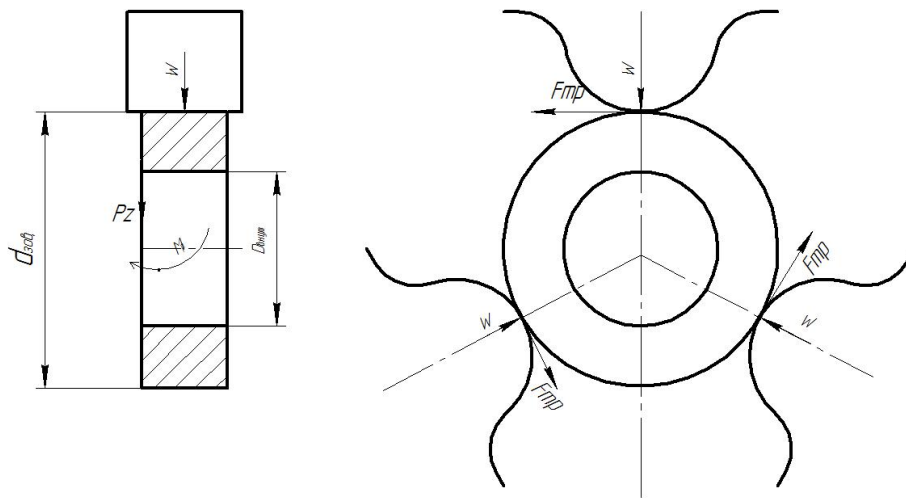
$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi} \cdot K_{\gamma} \cdot K_{\lambda} \cdot K_{rp}$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Тоді

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 2^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 128,1^0 \cdot 1 = 364,1H$$

В процесі обробки заготовки, на неї впливає система сил. З одного боку діють складові сили різання, які прагнуть вирвати заготовку з кулачків, з іншого - сила затиску перешкоджає цьому. З умови рівноваги моментів даних сил і з урахуванням коефіцієнта запасу визначаються необхідні затискний і вихідне зусилля.



Мал 3.3.1 Схема дії сил на затискних елементах патрона

Сумарний крутний момент від дотичній складової сили різання прагне повернути заготовку в кулачках і рівний для даного прикладу:

$$M_p = (P_z \cdot d_{\text{внут}}/2) + (P_z \cdot d_{\text{внут}}/2) = (2P_z \cdot d_1)/2 = P_z \cdot d_{\text{внут}}/2$$

де  $P_z$  - сила різання,  $P_z = 364,1H$

Тоді підставляємо значення і визначаємо крутний момент:

$$M_p = 364,1 \cdot 19 = 6917,9 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Визначаємо момент тертя від сили різання:

$$M_{тр} = k \cdot M_p$$

де  $M_p$  - момент сили різання

$$M_{тр} = 1,5 \cdot 6917,9 = 10376,85H$$

Сумарна сила затиску в пластинах:

$$W_{\text{сум}} = \frac{K \cdot P_z \cdot D_1}{f \cdot D}$$

де К - коефіцієнт запасу.

f - коефіцієнт тертя на робочих поверхнях кулачків, f = 0.16

D<sub>1</sub> - діаметр оброблюваної поверхні; D<sub>1</sub>=38 мм.

D - діаметр затискної поверхні; D = 46 мм.

Коефіцієнт запасу; К = 1,5

Тоді

$$W_{\text{сум}} = \frac{1,5 \cdot 364,1 \cdot 38}{0,16 \cdot 46} = 2819,79 \text{ Н}$$

Визначаємо силу затиску одної пластини.

$$W = \frac{W_{\text{сум}}}{z}$$

де z – кількість пластин

$$W = \frac{2819,79}{6} = 470 \text{ Н}$$

### 3.4 Розрахунок Переміщень і еквівалентних напружень а середовищі Autodesk Inventor

Autodesk Inventor — 3D САПР для створення і вивчення поведінки цифрових прототипів виробів і деталей. Розробник компанія Autodesk.

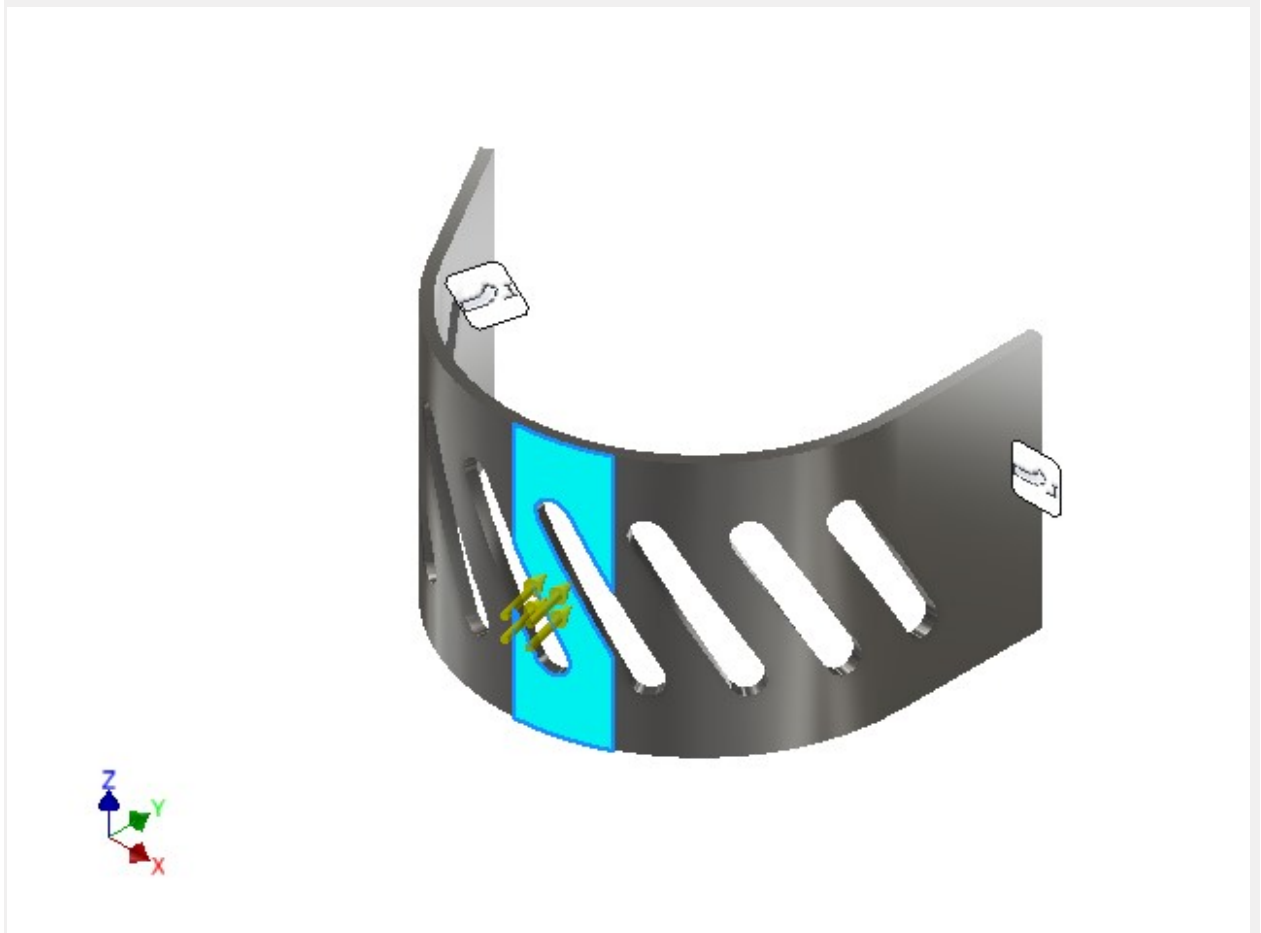
Використовується в основному в машинобудуванні. В комплект входить декілька продуктів: Autodesk Inventor Suite, Autodesk Inventor Routed Systems Suite (проектування кабельних і трубопровідних систем, в том числі для розводки складних ділянок трубопроводів, електричних кабелів і проводів), Autodesk Inventor Simulation Suite (засоби моделювання руху і аналізу навантажень, які спрощують вивчення поведінки виробу в реальних умовах ще на стадії проектування).

Для розрахунку були прийняті такі значення матеріалів

#### ▣ Материал(-ы)

Имя	Сталь 65Г	
Общие	Массовая плотность	7,85 г/см <sup>3</sup>
	Предел текучести	785 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	980 МПа
Напряжение	Модуль Юнга	215 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,3 бр
	Модуль упругости при сдвиге	82,6923 ГПа

Статичний аналіз проводили таким чином. Наклали залежності заземлення на дві грані, а на іншу площину приклали розподілену силу



Мал 3.4.1 Схема розміщення заземлень і прикладення сил

Отримали такі результати:

Напруження по Мізесу

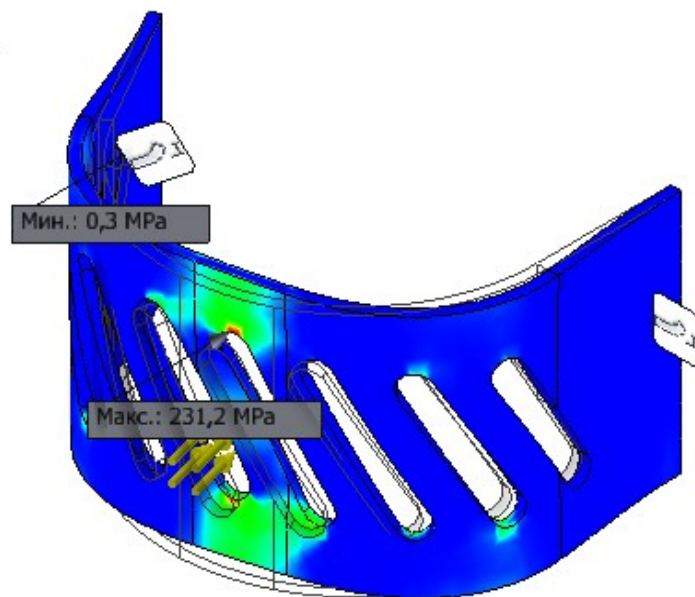
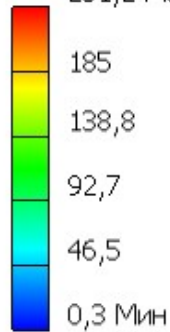
Максимальне значення 231,2МПа. Мінімальне значення 0.3Мпа

Тип: Напряжение по Мизесу

Единица: МПа

21.05.2018, 10:19:54

231,2 Макс

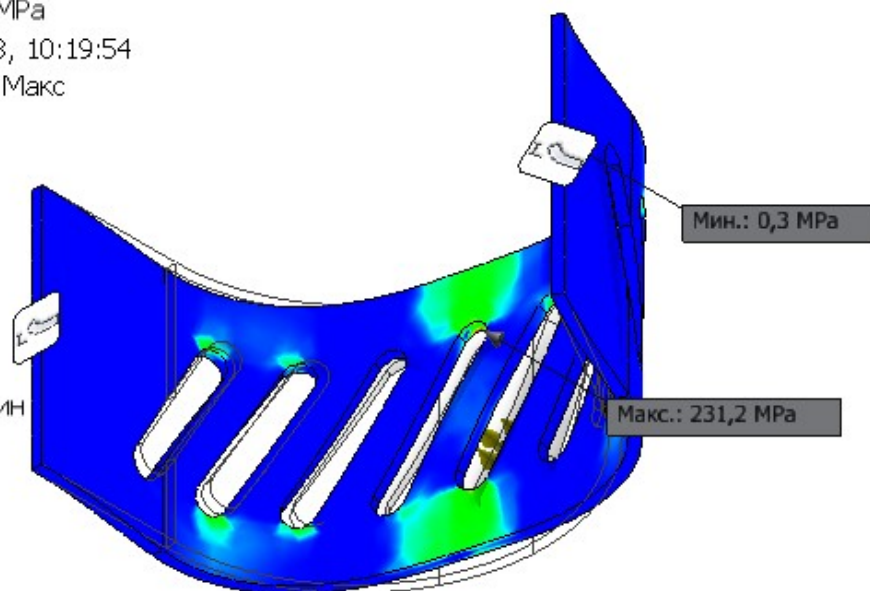
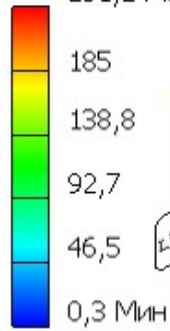


Тип: Напряжение по Мизесу

Единица: МПа

21.05.2018, 10:19:54

231,2 Макс



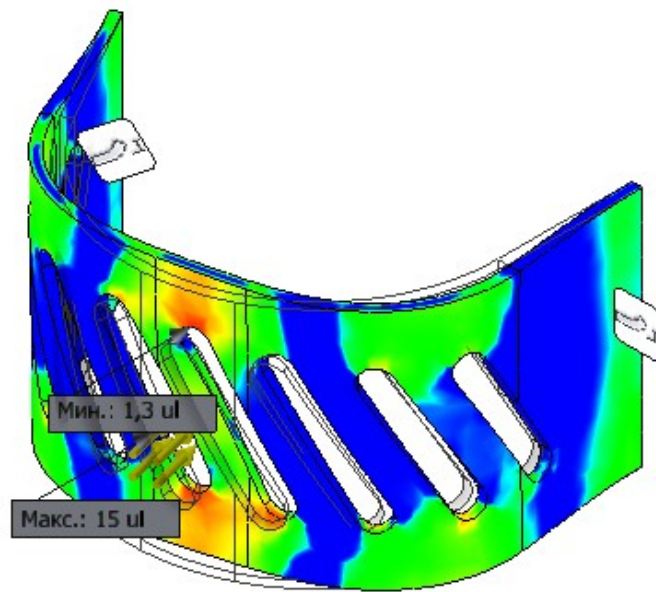
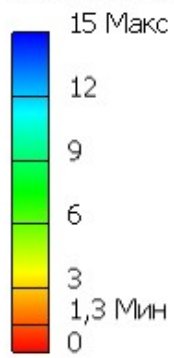
Коефіцієнт запасу міцності:

Максимальне значення 15. Мінімальне значення 1.3

Тип: Коэфф. запаса прочности

Единица: ul

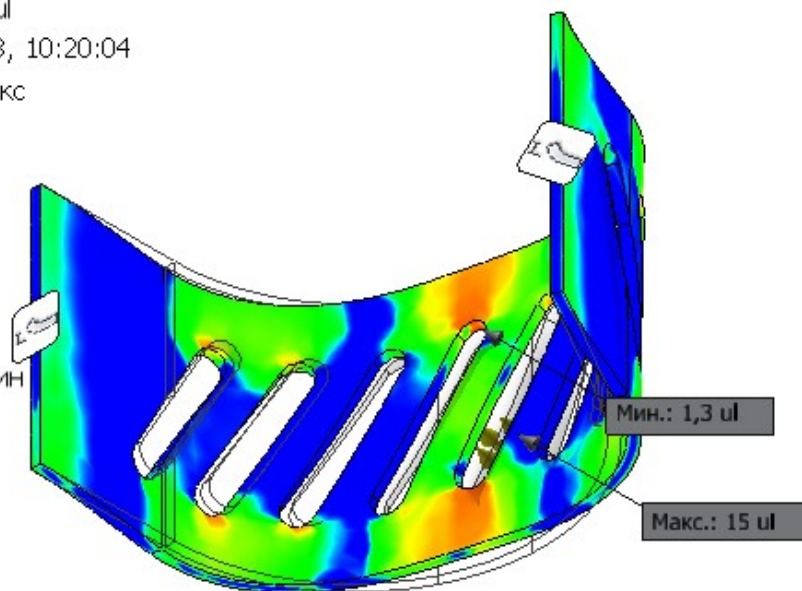
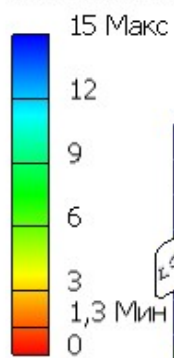
21.05.2018, 10:20:04



Тип: Коэфф. запаса прочности

Единица: ul

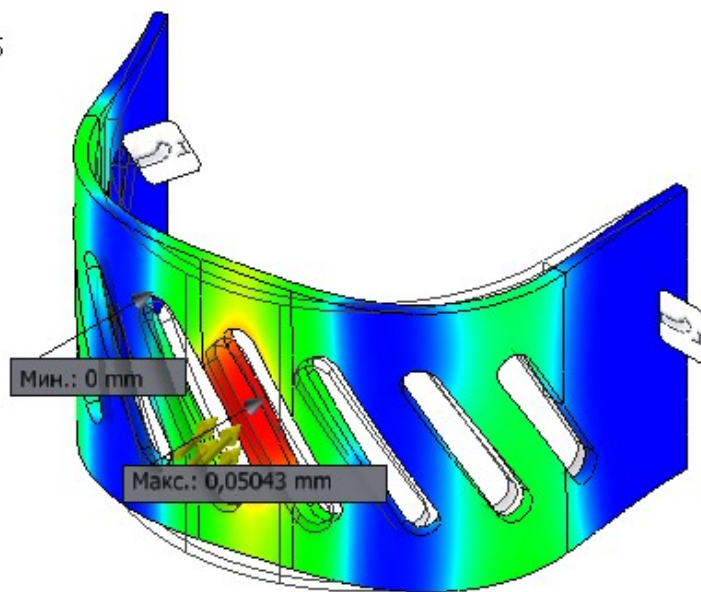
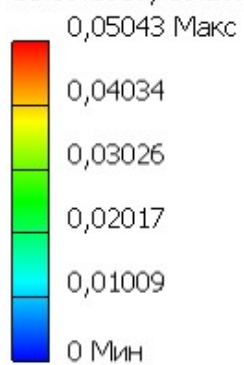
21.05.2018, 10:20:04



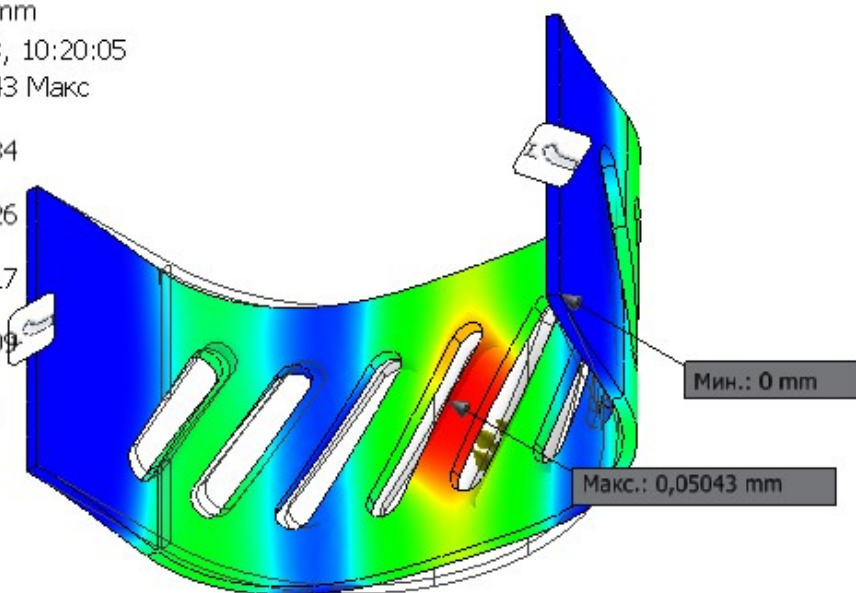
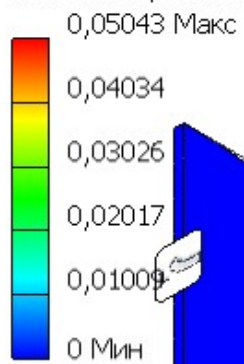
Зміщення:

Максимальне зміщення 0,05мм

Тип: Смещение  
Единица: mm  
21.05.2018, 10:20:05



Тип: Смещение  
Единица: mm  
21.05.2018, 10:20:05



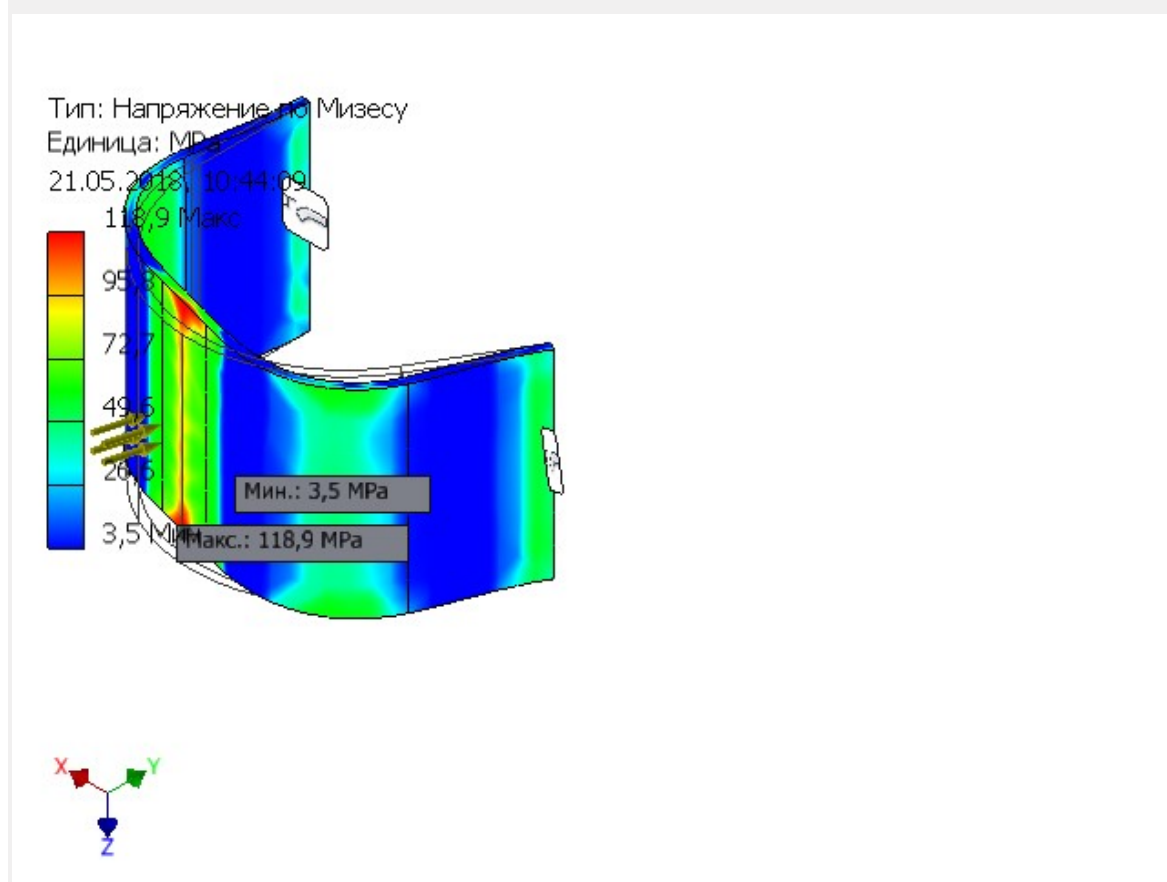
Даний адаптивний елемент витримує задані навантаження. При заданому перерізі отримали такі критичні точки які показані на малюнках.

Були також розраховані наступні варіанти адаптивних елементів іншої форми.

Отримали такі результати:

Напруження по Мізесу:

Максимальне значення 118,9МПа. Мінімальне значення 3,5Мпа



Тип: Напряжение по Мизесу

Единица: МПа

21.05.2018, 10:44:09

118,9 Макс

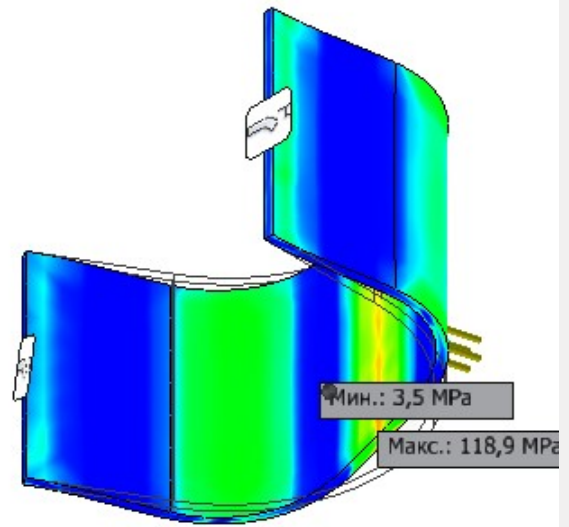
95,8

72,7

49,6

26,6

3,5 Мин



Коефіцієнт запасу міцності:

Мінімальне значення 6,6

Тип: Коефф. запасу прочности

Единица: ul

21.05.2018, 10:44:10

15 Макс

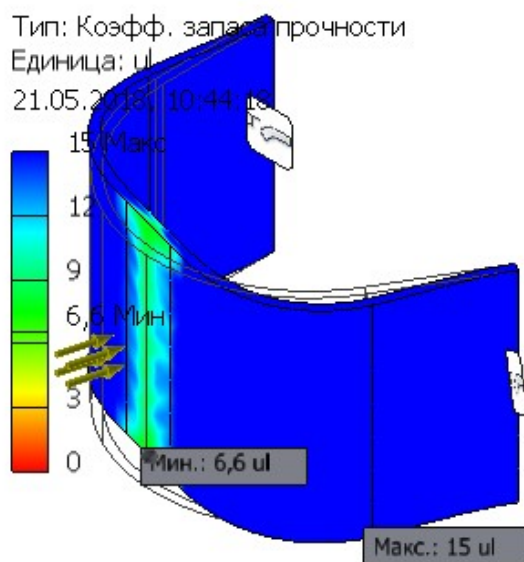
12

9

6,6 Мин

3

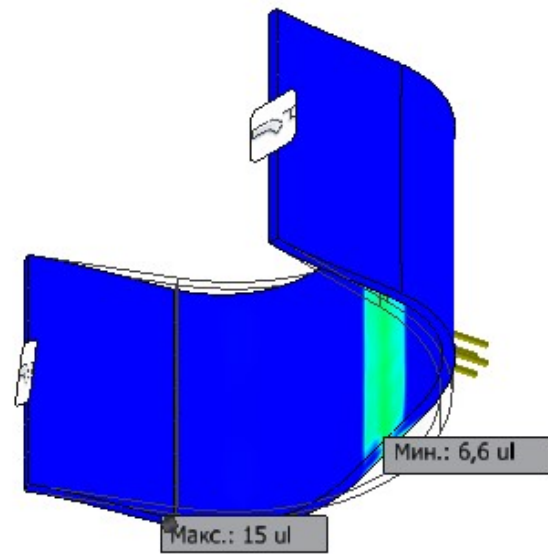
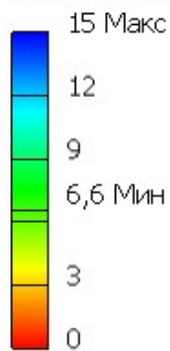
0



Тип: Коэфф. запаса прочности

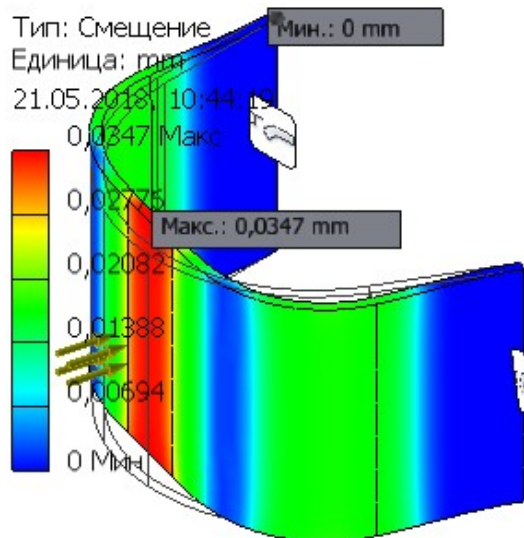
Единица: ul

21.05.2018, 10:44:18

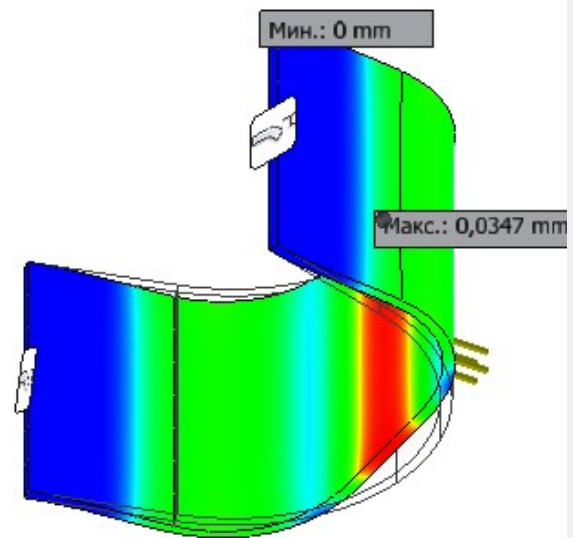
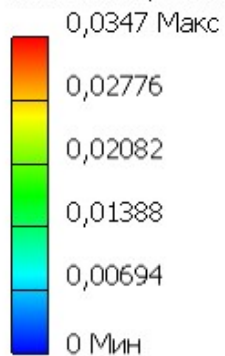


Зміщення:

Максимальне зміщення 0,0347мм



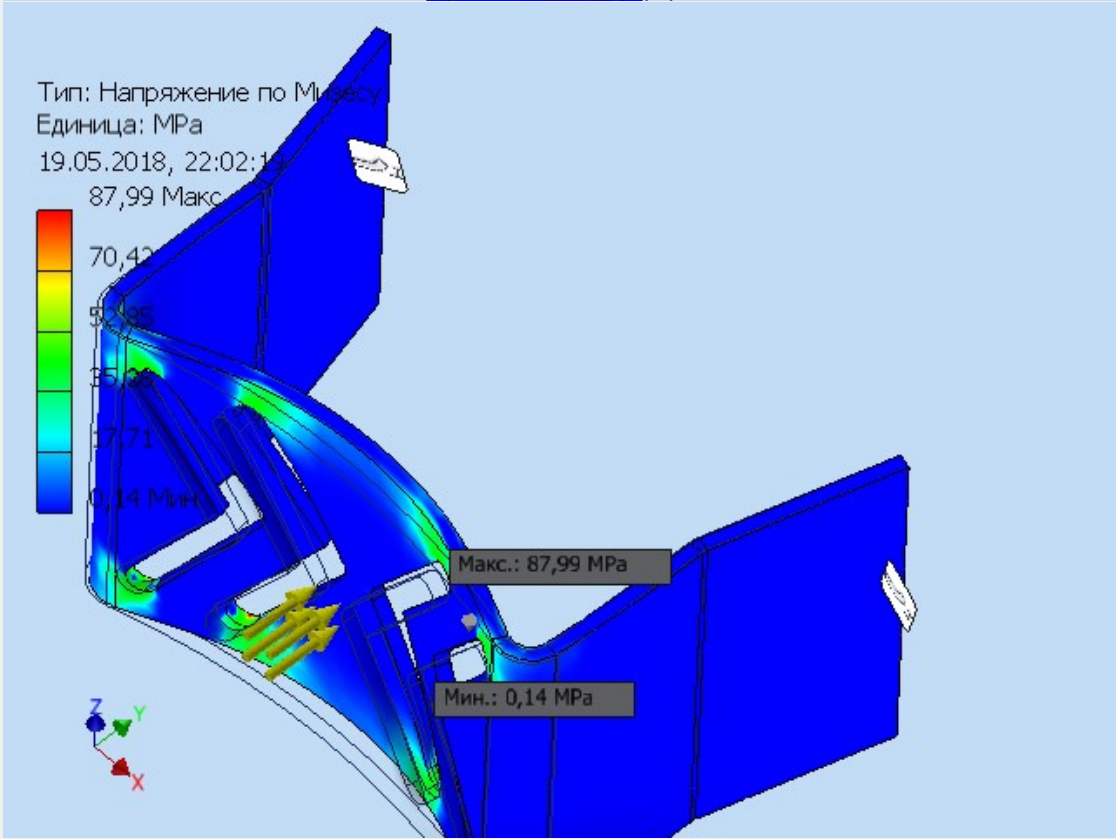
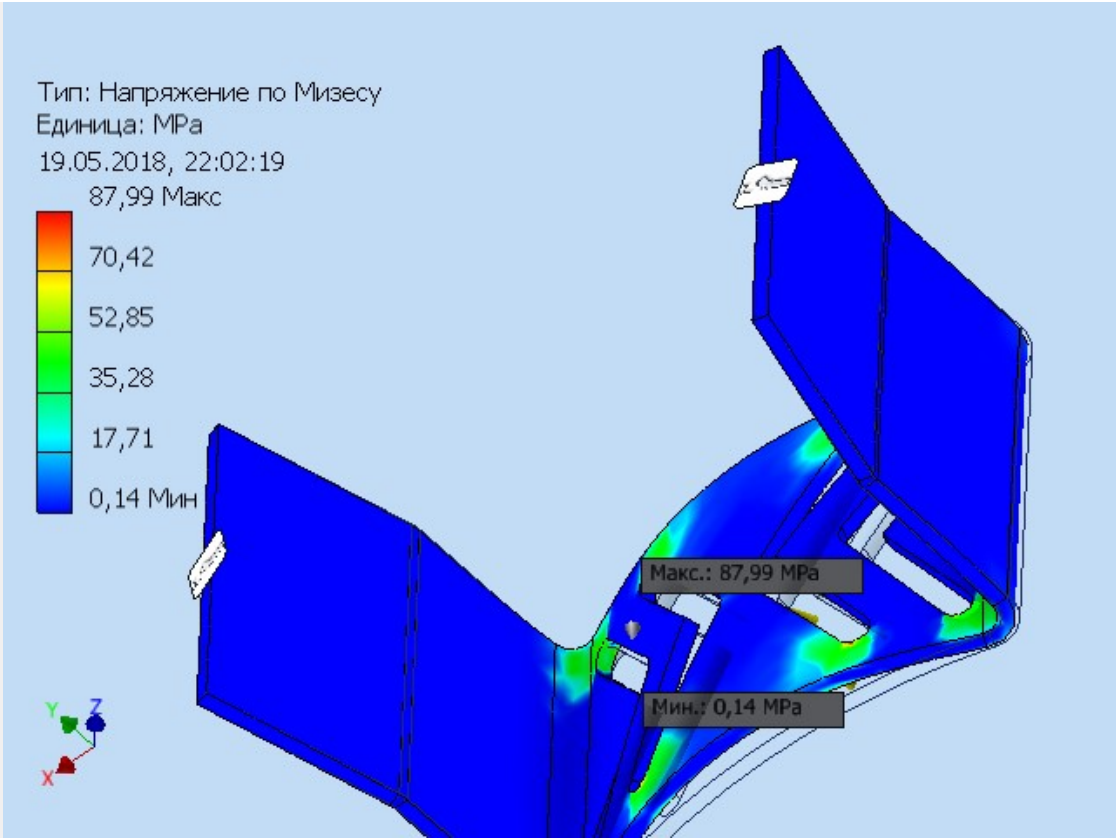
Тип: Смещение  
Единица: mm  
21.05.2018, 10:44:19



Даний адаптивний елемент витримує задані навантаження. При заданому перерізі отримали такі критичні точки які показані на малюнках. Але для кращого затиску були розроблені та розраховані адаптивні елементи принципово іншої форми.

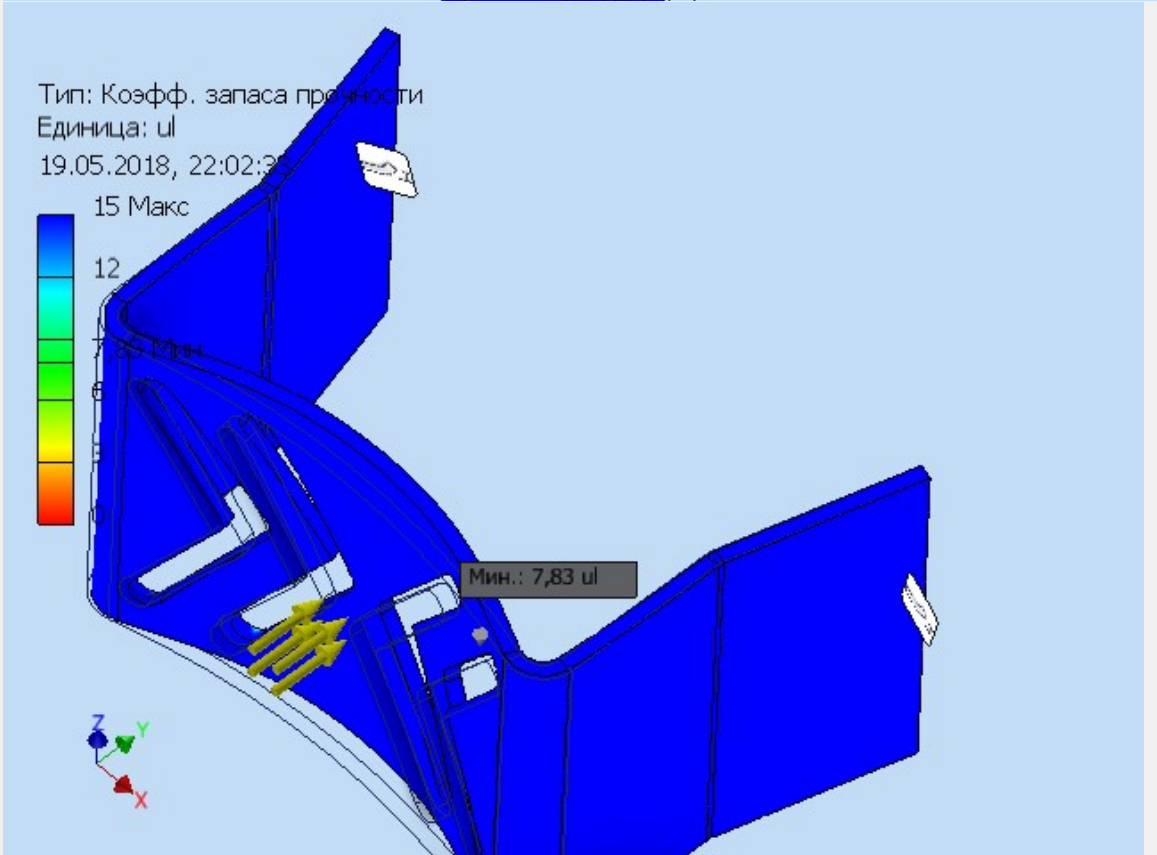
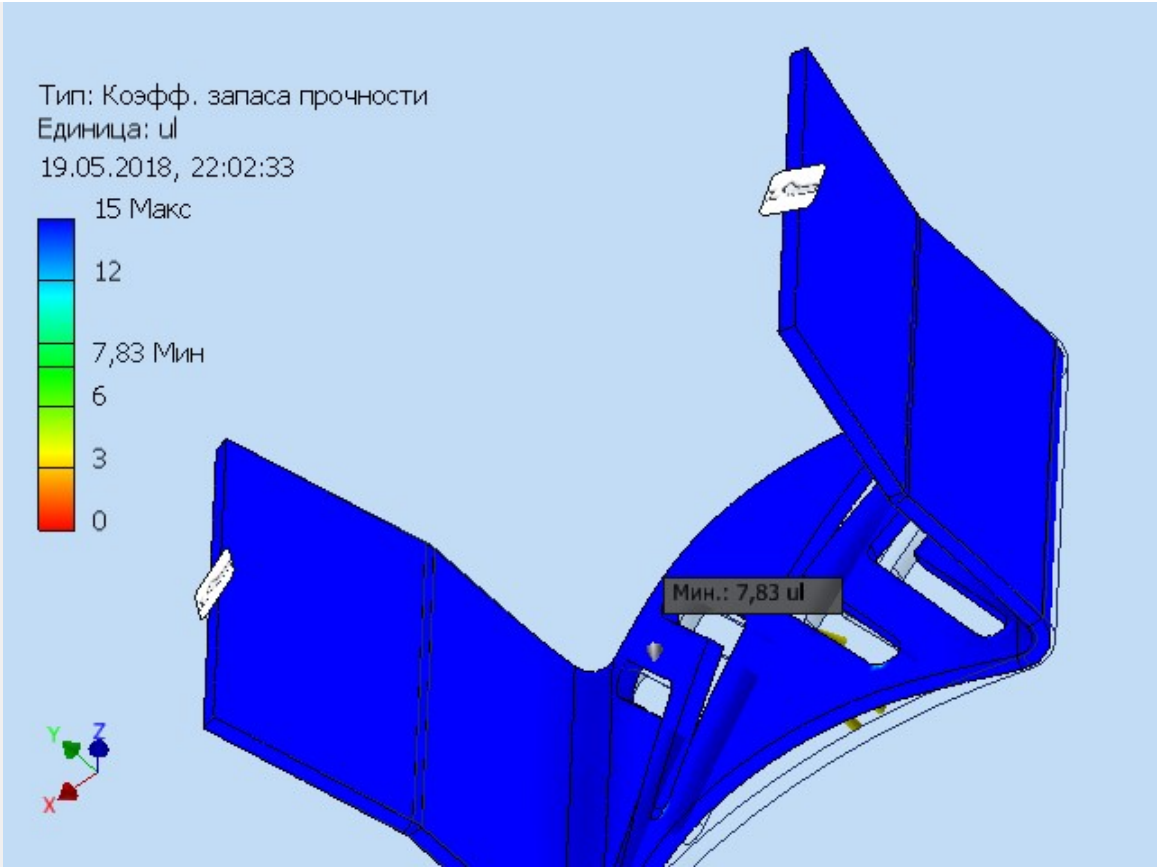
Напруження по Мізесу:

Максимальне значення 87,99МПа. Мінімальне значення 0,14МПа



Коефіцієнт запасу міцності:

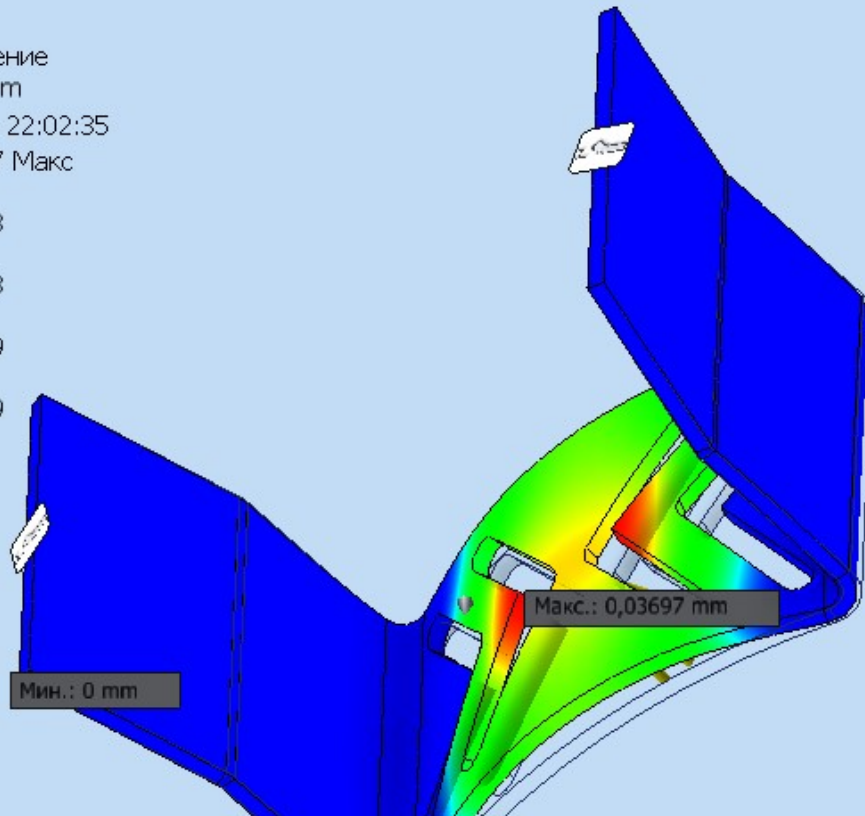
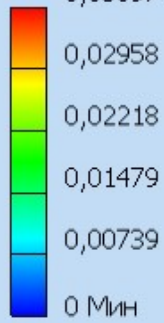
Максимальне значення 15. Мінімальне значення 7,83



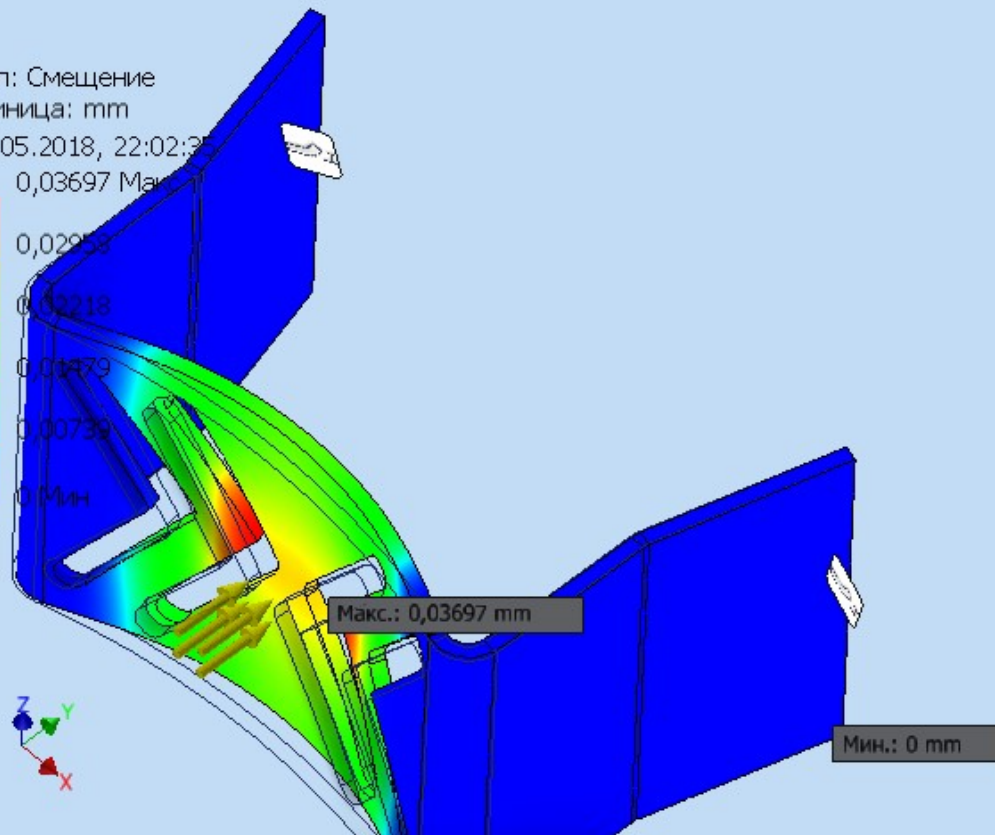
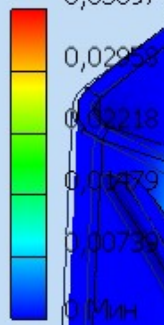
Зміщення:

Максимальне зміщення 0,08мм

Тип: Смещение  
Единица: mm  
19.05.2018, 22:02:35  
0,03697 Макс



Тип: Смещение  
Единица: mm  
19.05.2018, 22:02:35  
0,03697 Макс



#### 4. ВИСНОВКИ

В результаті десертаційної роботи можна зробити наступні висновки.

1. Теоретично обгрунтовано роботоспроможність запропонованої конструкції цангового патрона що дозволяє використовувати його у виробництві тонкостінних деталей.
2. Розроблена матриця фотм затискного адаптивного елемента для різних випадків.
3. Отримали наступні результати:

Для адаптивного елемента опуктлої форми із прорізями

Напруження по Мізесу:

Максимальне значення 231.2МПа. Мінімальне значення 0.3Мра

Коефіцієнт запасу міцності:

Максимальне значення 15. Мінімальне значення 1.3

Зміщення:

Максимальне зміщення 0,05мм

Для адаптивного елемента опуктлої форми без прорізей

Напруження по Мізесу:

Максимальне значення 118,9МПа. Мінімальне значення 3.5Мра

Коефіцієнт запасу міцності:

Максимальне значення 15. Мінімальне значення 6.6

Зміщення:

Максимальне зміщення 0,0347мм

Для адаптивного елемента викуклої форми із прорізями

Напруження по Мізесу:

Максимальне значення 87,99МПа. Мінімальне значення 0,14Мра

Коефіцієнт запасу міцності:

Максимальне значення 15. Мінімальне значення 7,83

Зміщення:

Максимальне зміщення 0,08мм

ДОДАТКИ: