

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Диплом на тему:**

**«Дослідження процесу гнуття труб з радіусом  
менше стандартного без наповнювача»**

**Виконав: студент гр. М-818м Тимонін Віталій Геннадійович**

**Керівник роботи: к.т.н., доцент Обдул Василь Дмитрович**



---

Завдання магістерської роботи:

експериментальне дослідження процесу згинання колін в холодному стані і визначення мінімально можливого радіусу згинання.

---

## Задачі роботи:

- відшукати технологію з мінімальними затратами енергоресурсів;
- нанесення сітки на трубу-заготовку;
- проведення дослідження;

## Об'єкт дослідження:

---

- Труба діаметром 33,5 мм, довжиною 130 мм, товщина стінки 2 мм, з нержавіючої сталі.



# Основні характеристики крутозігнутих колін

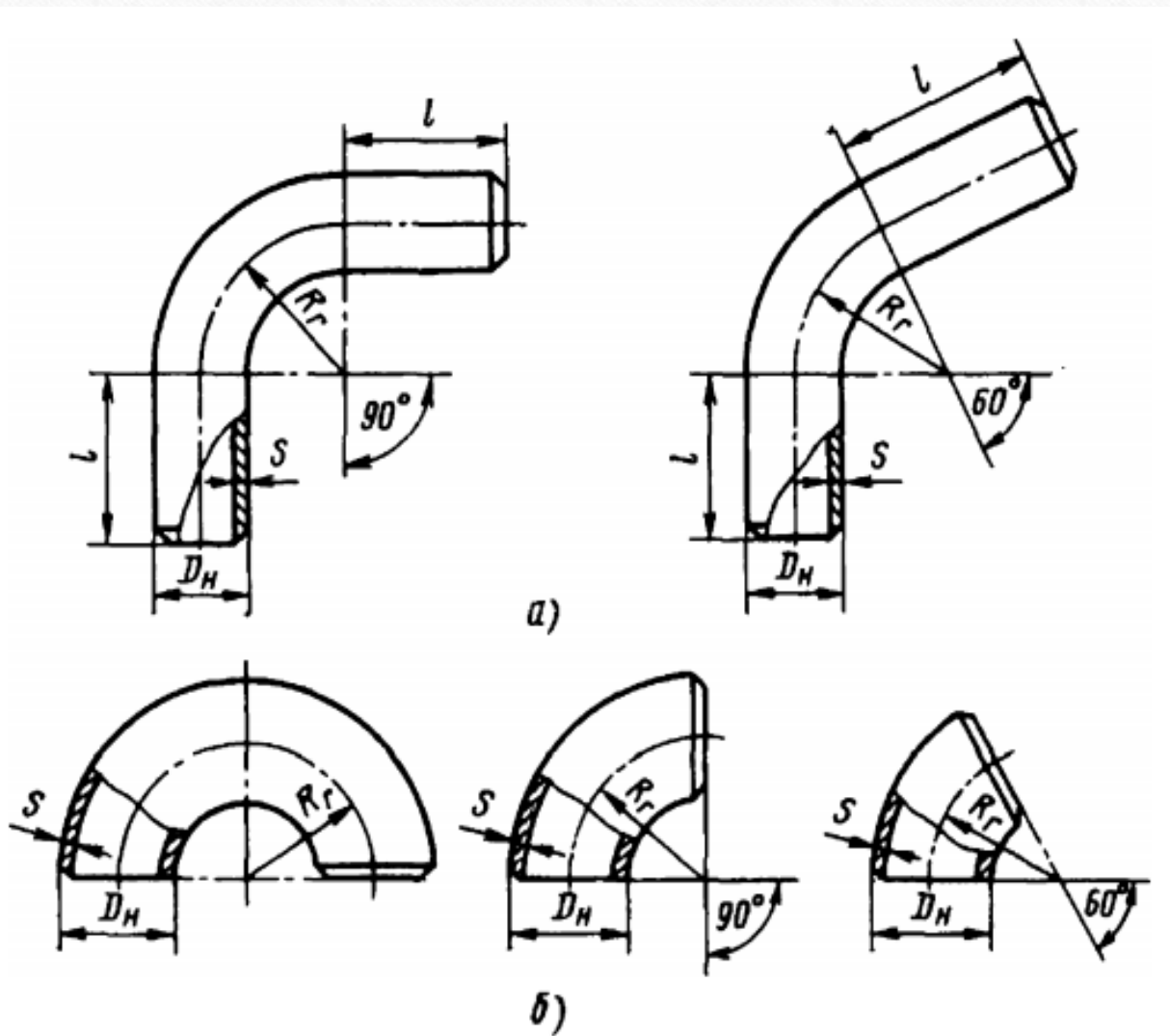
---

Крутозігнуті коліна – це виріб, фітінг, призначений для зміни напрямку потоку рідини (газу) в трубопроводі.

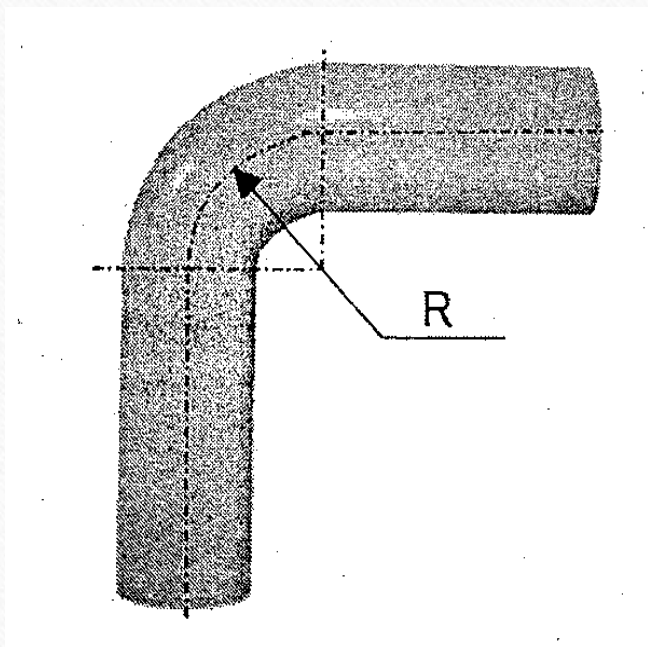
Коліна розрізняють за діаметром умовного проходу ( $D_y$ ), умовним тиском ( $P_y$ ) і радіусом кривизни ( $R_r$ ).

Залежно від необхідної зміни напрямку трубопроводу застосовують коліна з кутом згинання  $\varphi$   $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  і  $180^\circ$ .

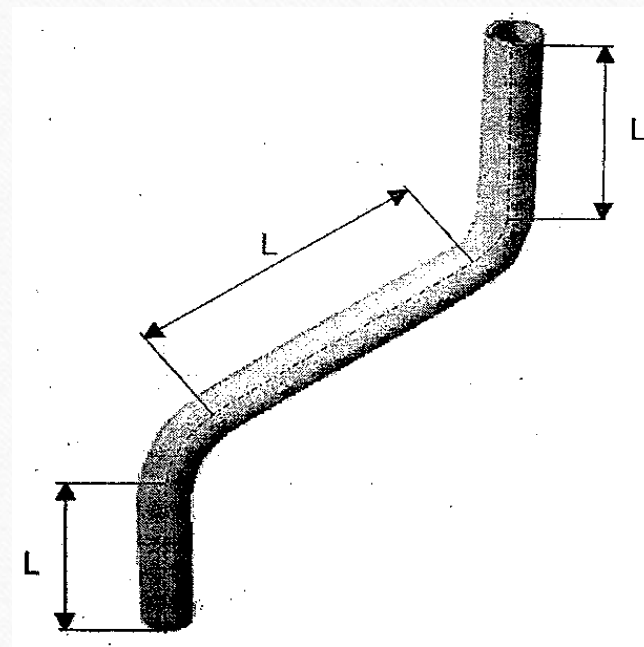
Різновиди колін: а – коліна гнуті з прямими ділянками; б – крутозігнуті коліна



# Основні характеристики колін

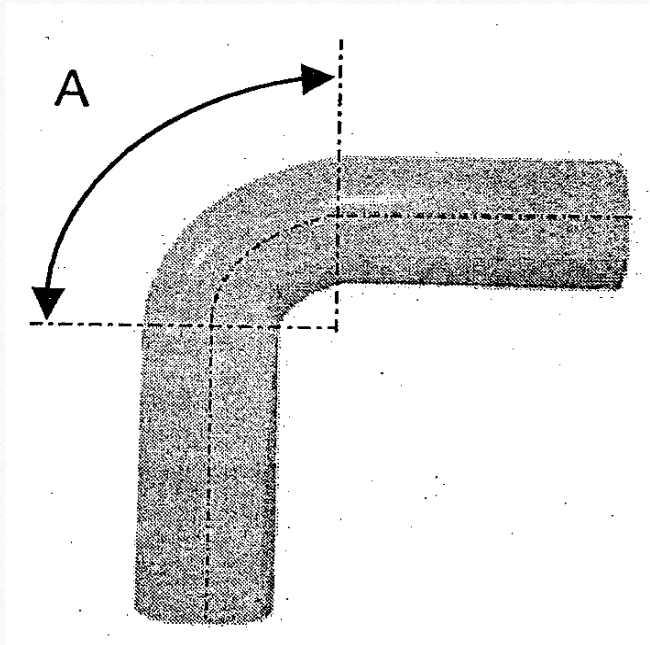


$R_{зг}$  -радіус згинання

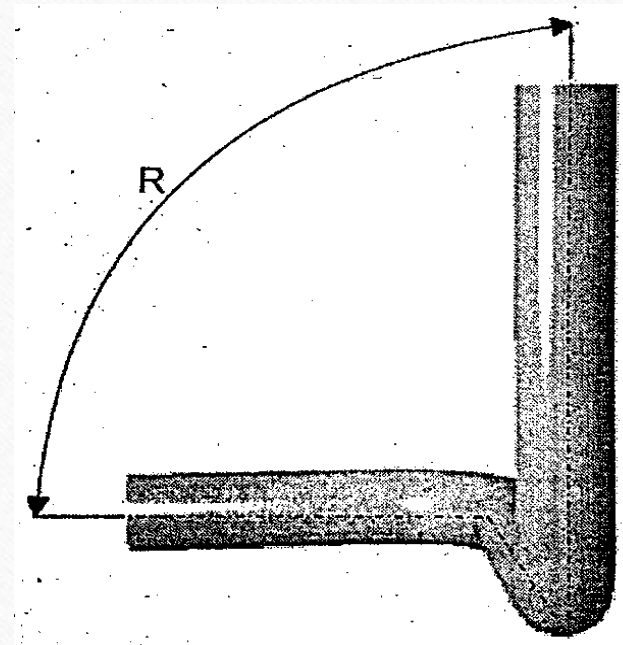


Довжина прямої ділянки – L

# Основні характеристики колін



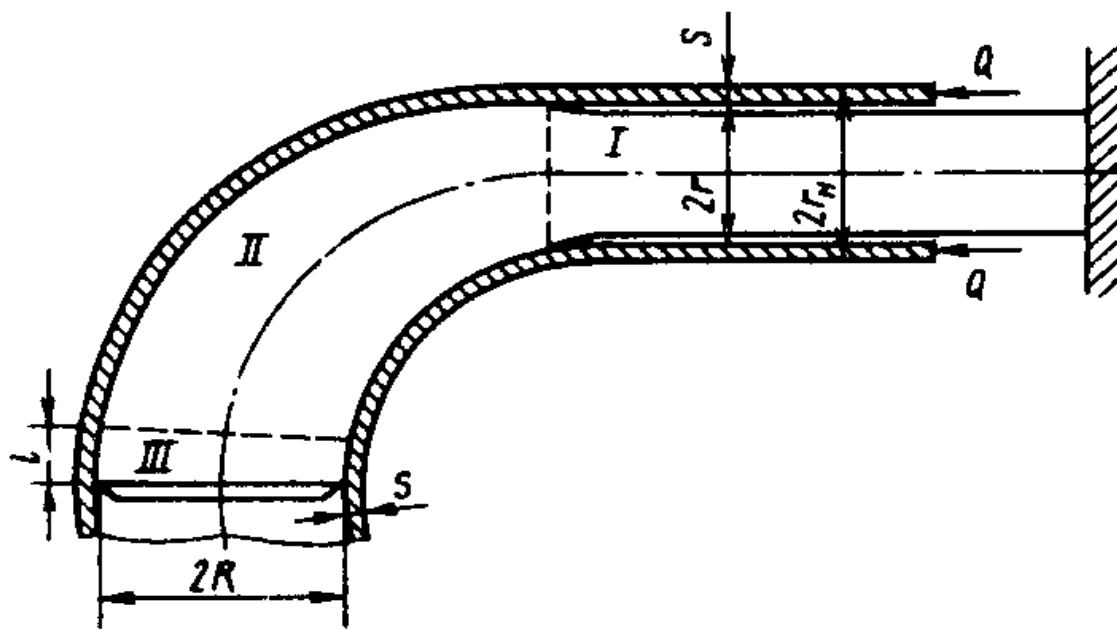
A – кут згину



R – кут повороту

# Метод гарячого протягування по рогоподібній вставці

Схема процесу протягування по рогоподібній вставці



# Метод штампування труб

Схема штампа для згинання колін з прямими ділянками

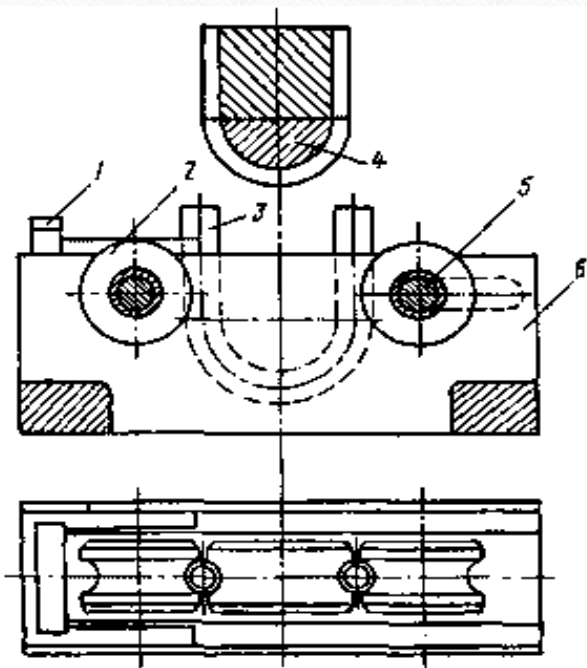
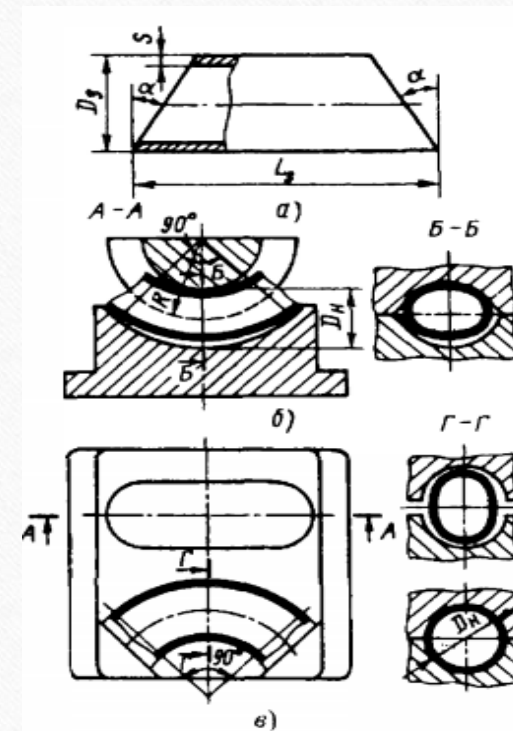


Схема технологічного процесу штамповки крутозігнутих колін:

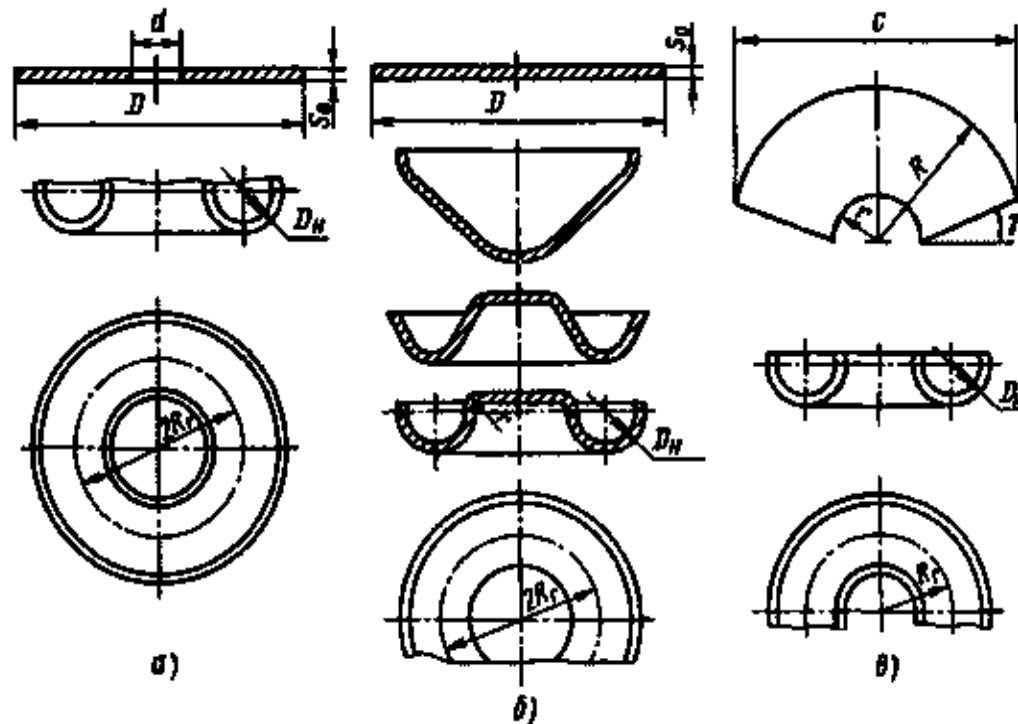
а – вихідна трубна заготовка; б – згинання з овалізацією в штампі; в – калібровка коліна.



# Метод штампування з листа

Схема отримання крутозагнутих колін:

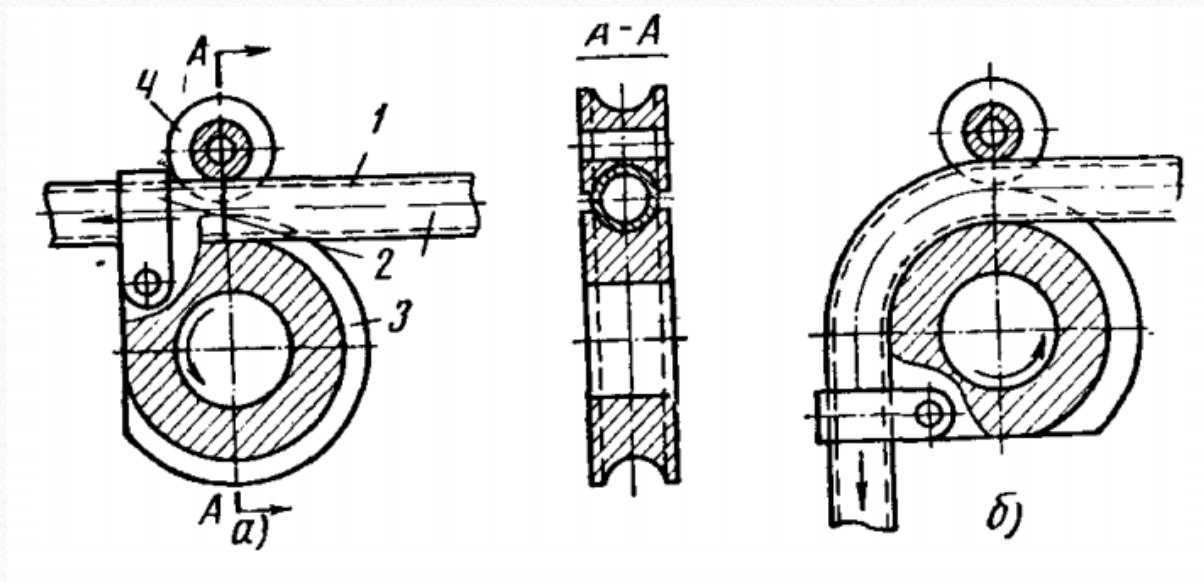
а – з кільцеподібних листових заготовок; б – з круглих листових заготовок; в – із секторних листових заготовок.



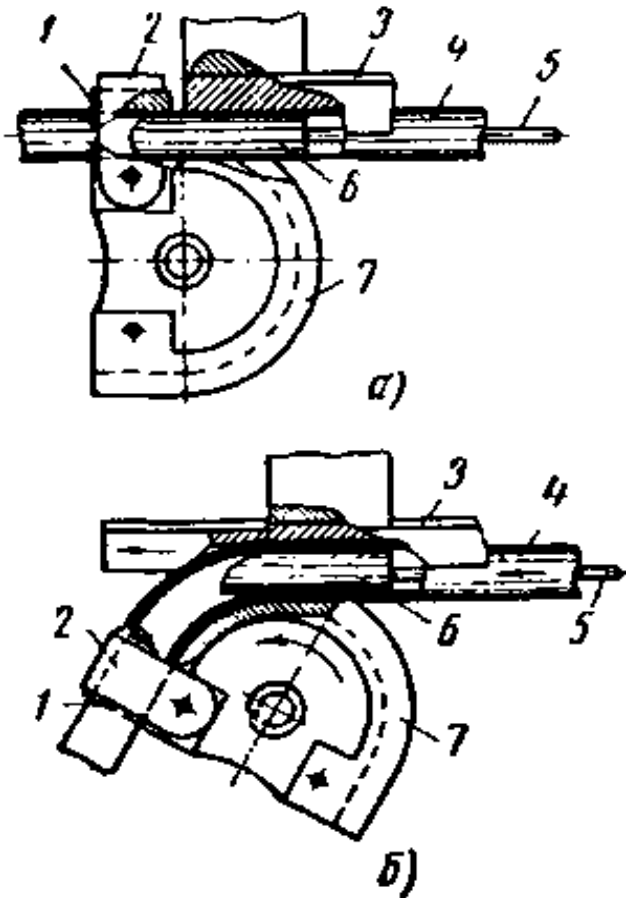
# Метод згинання труб в холодному стані

Схема згинання труб з обкочуванням роликом:

а - положення на початку згинання, б - положення в - кінці згинання; 1 - труба, що згинається, 2 - хомут, 3 - згинальний ролик, 4 - обкочувальний ролик.



# Метод згинання труб в холодному стані



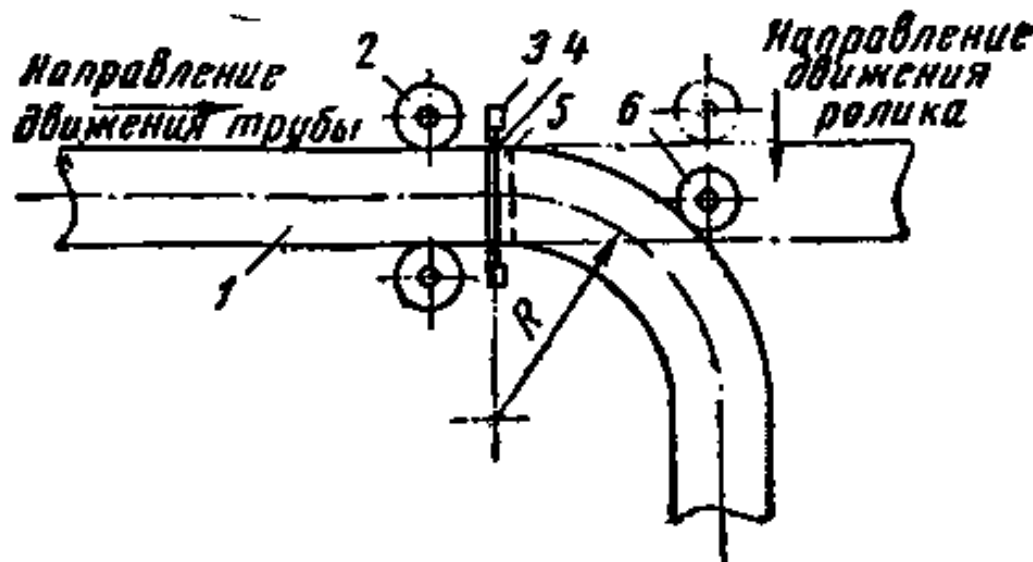
## Схема згинання труб з внутрішньою оправкою:

а – положення на початку згинання; б – положення в кінці згинання; 1 – вкладиш; 2 – скоба; 3 – повзун; 4 – згинаюча труба; 5 – штанга; 6 – внутрішня оправка; 7 – згинаючий диск.

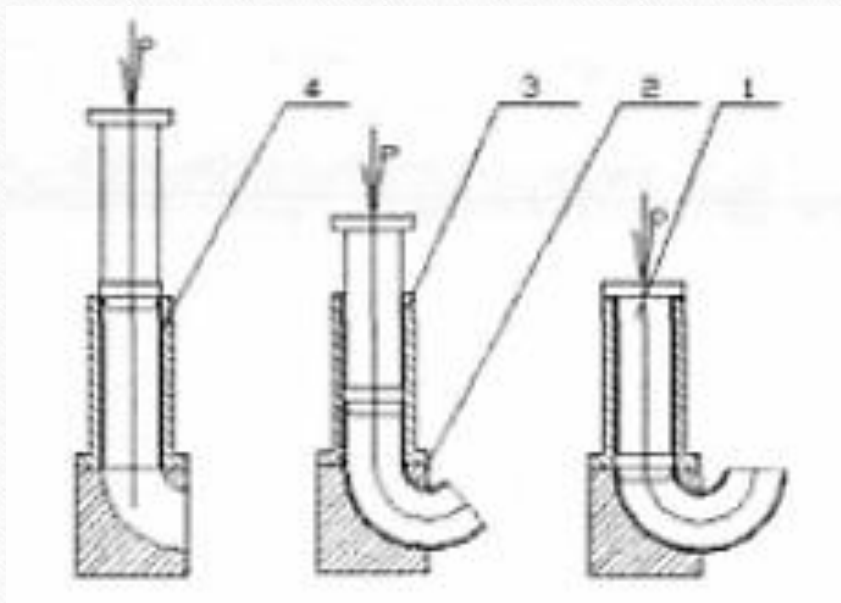
# Метод згинання труб в гарячому стані

Схема згинання труб з нагрівом СВЧ:

1 – згинаюча труба; 2 – направляючі ролики; 3 – індуктор; 4 – ділянка нагрівання та згинання труби; 5 – зона охолодження труби; 6 – згинаючий ролик.



# Метод прошовування труби-заготовки через криволінійний канал матриці



1 – Пуансон

2 – Матриця

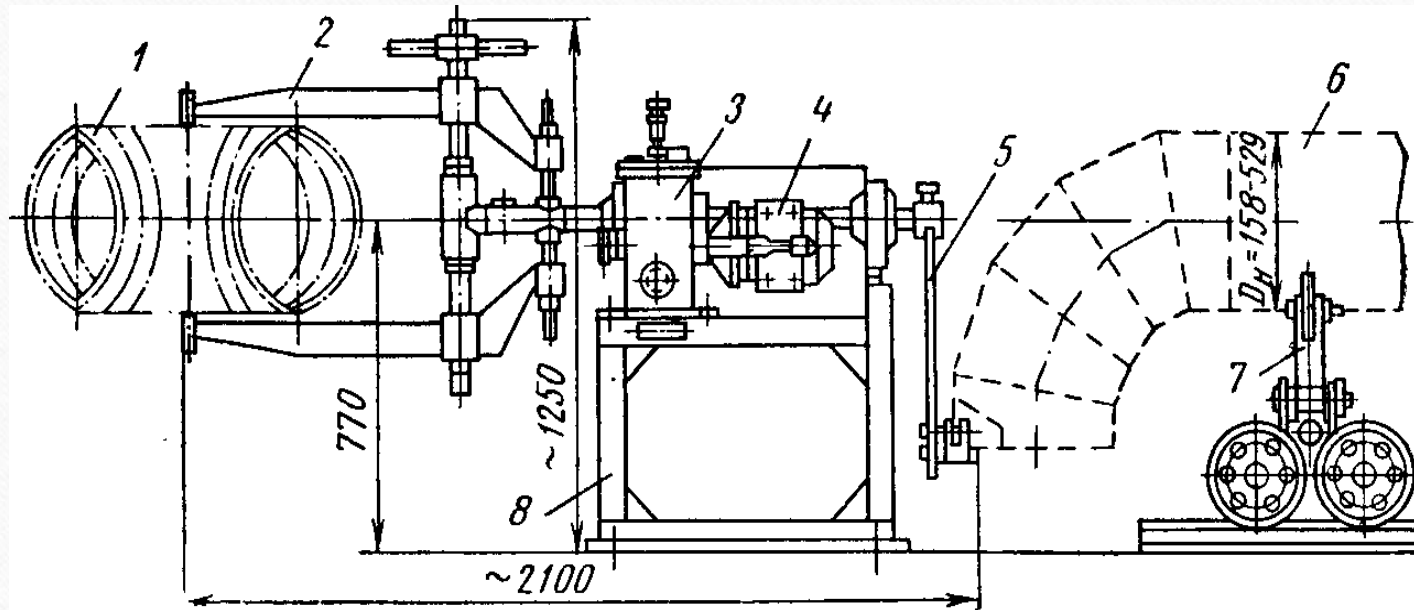
3 – Кондуктор заготовки

4 - Заготовка

# Секторний метод

Установка для зварювання секційних колін і приварювання їх до труб:

1 - зварюване секційне коліно, 2 - важільне захоплення, 3 - редуктор, 4 - електродвигун, 5 - повідковий патрон, 6 - приварювана труба, 7 - настановний візок, 8 – станина.



Експериментальні дослідження  
проводилися на заводі АТ «Мотор Січ» та  
на базі лабораторії кафедри ОМТ

---



# ОБЛАДНАННЯ, ЯКЕ ВИКОРИСТОВУВАЛОСЬ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

---

- прес кривошипний КА2330;
- прес гідравлічний ПГ-100А;
- прес гідравлічний П481А;
- нагрівальна муфельна піч.

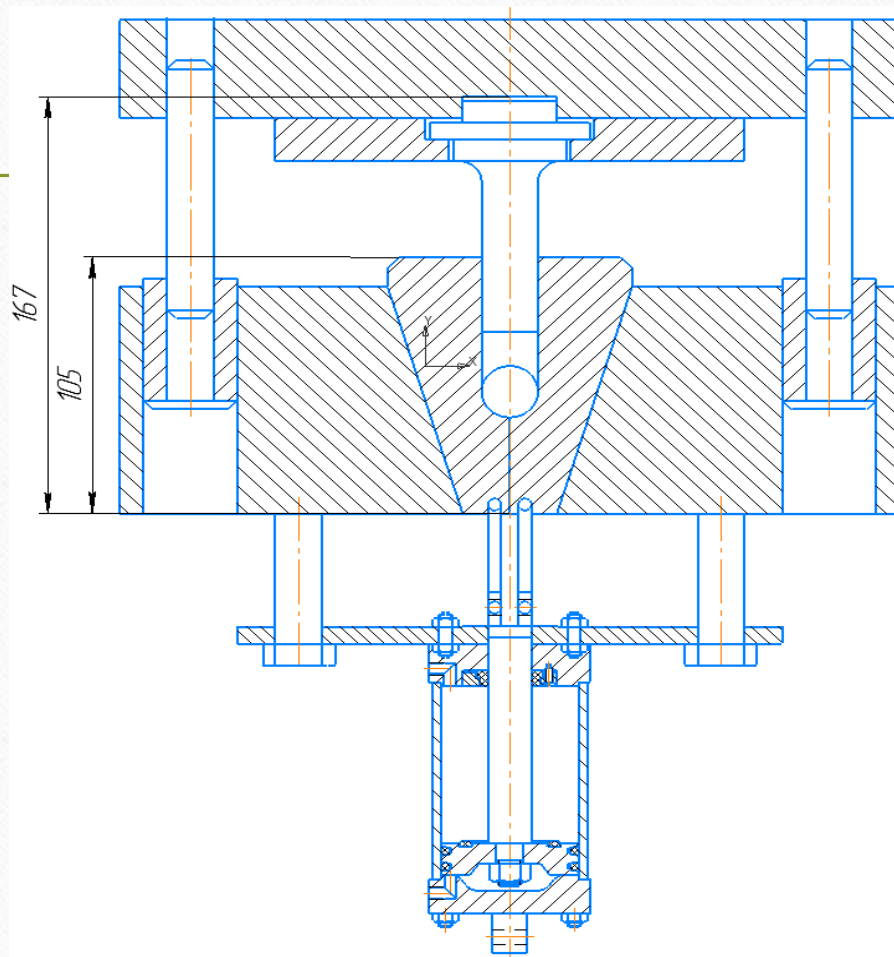
# Методика проведення дослідження

Для проведення дослідження використовувалось:

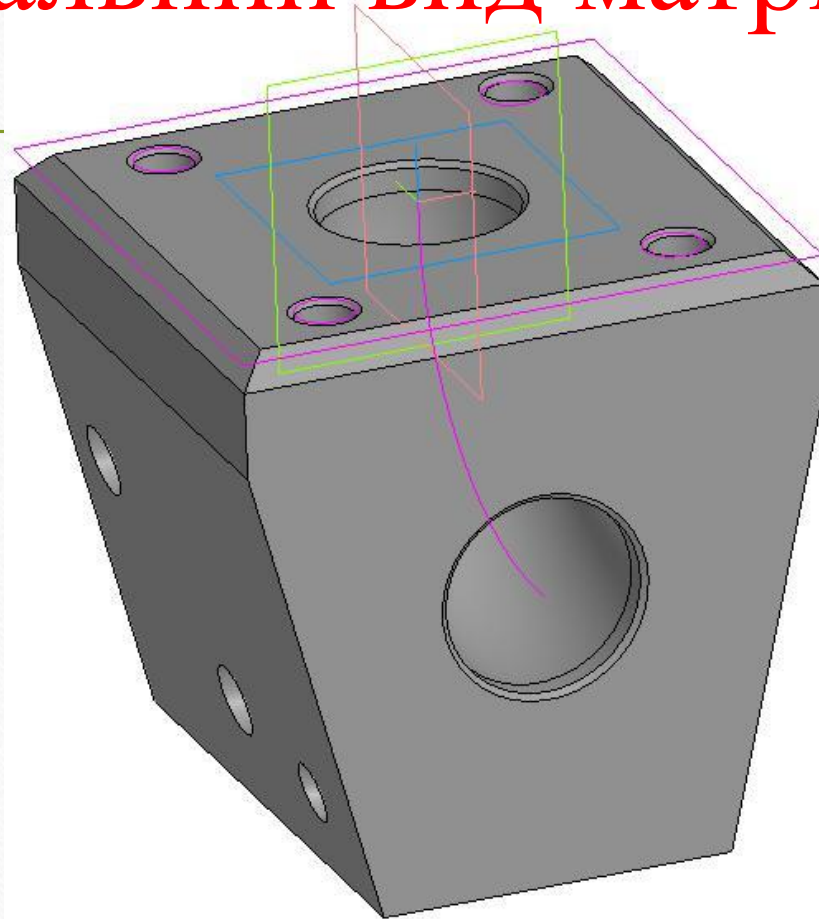
- а) заготовка: труба 12Х18Н9,  $\text{Ø}33,5 \times 2,0 \times 130$  мм;
- б) інструмент: штамп для згинання труби;
- в) устаткування: гідравлічний прес П481А;
- г) кут згинання труби:  $90^\circ$ ;
- д) спосіб згинання: прошовхування через отвір штампа;
- е) радіус згинання:  $2D_u = 80$  мм;
- ж) режими згинання: натяг 0,5; 1; 1,5 мм.



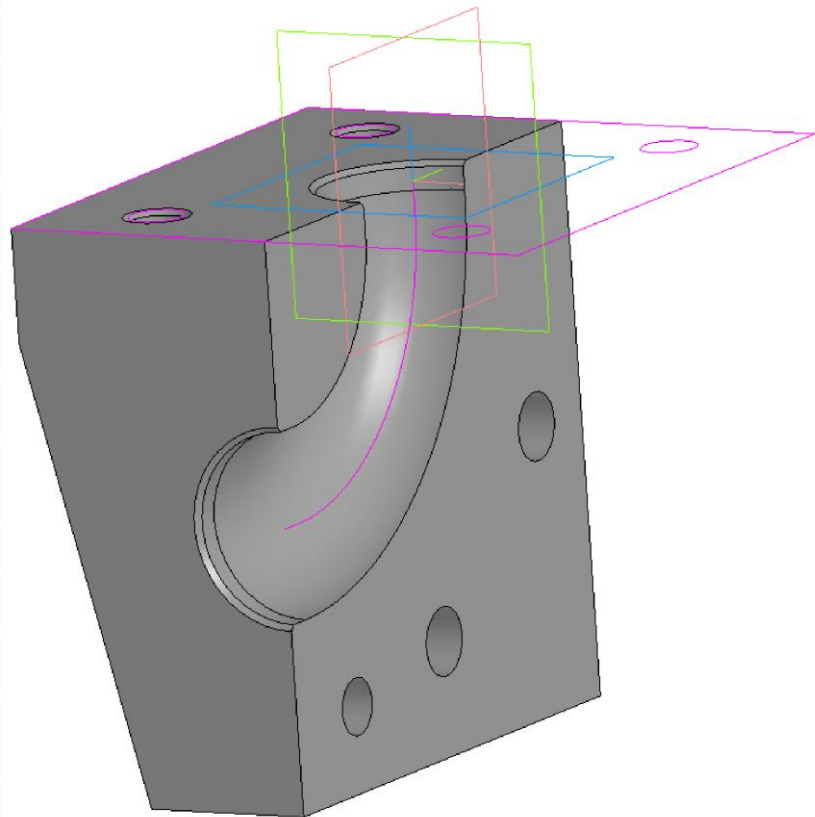
# Штамп для прошовування на пресі



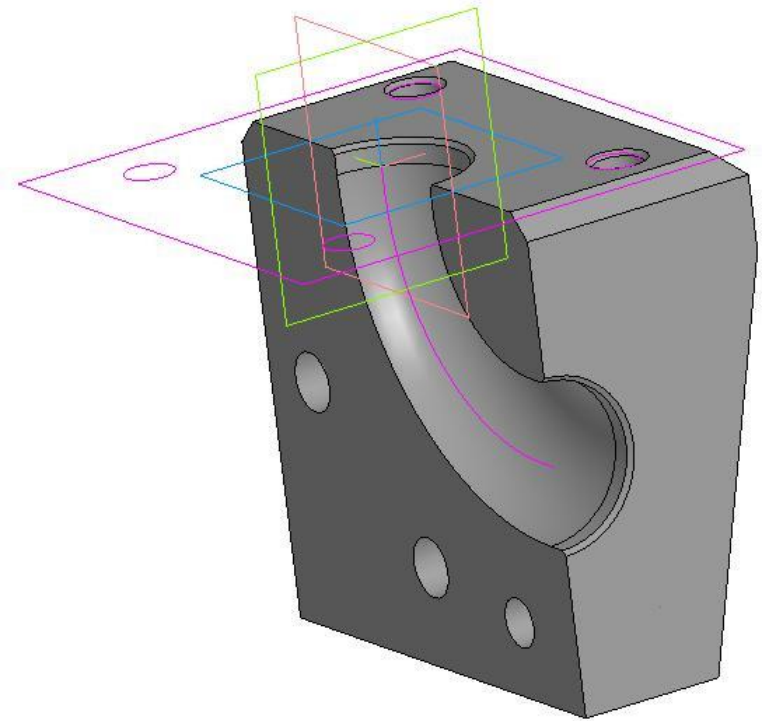
# Загальний вид матриці



Ліва вставка

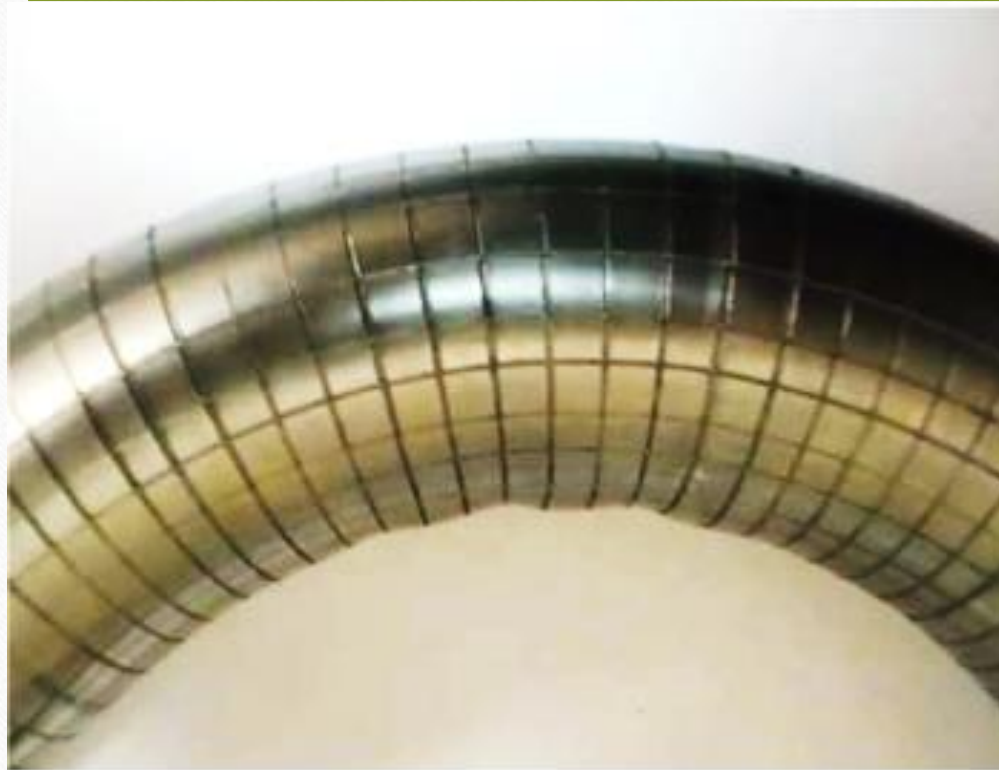


Права вставка



# Оцінка експериментальних досліджень

Зображення труби після згинання

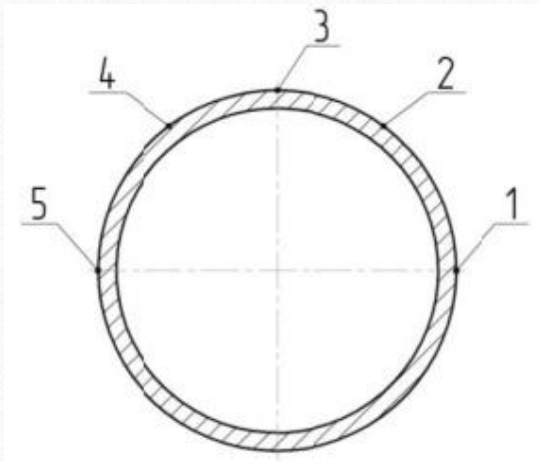


Зображення труби після згинання в розрізі



# Результати досліджень

Схема розташування точок,  
в яких проводилися  
вимірювання

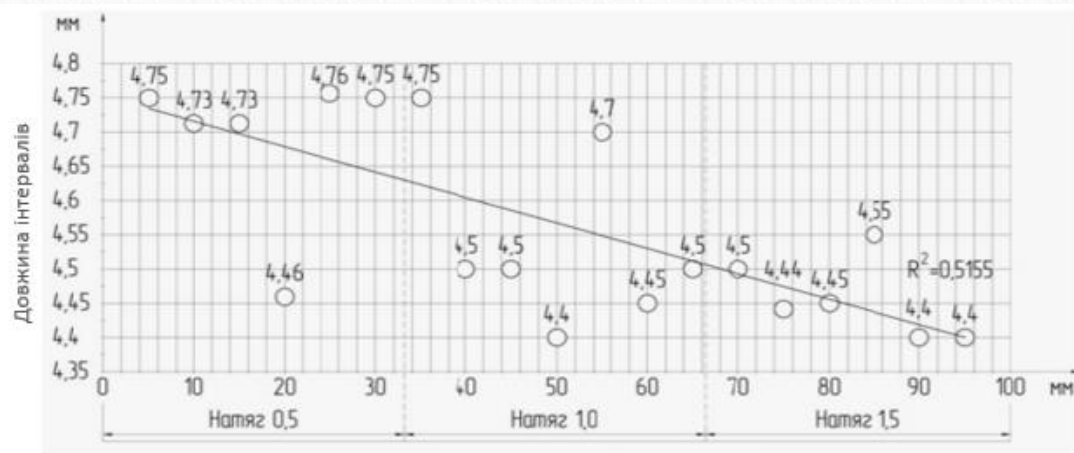


Деформація на різних ділянках згинаючої труби, %

Натяг	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
0,5 мм	-7,4	-4,6	12,0	16,6	35,2
1 мм	-11,0	-5,6	16,8	22,0	36,8
1,5 мм	-12,0	-6,6	18,0	28,6	39,4

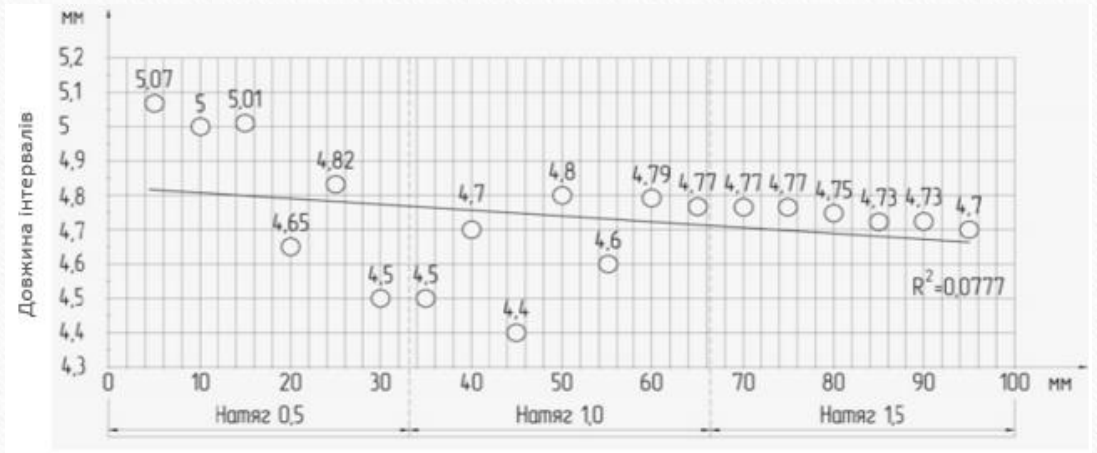
# Результати досліджень

Графік зміни довжини інтервалів (точка 1)



Довжина вимірювальної ділянки труби

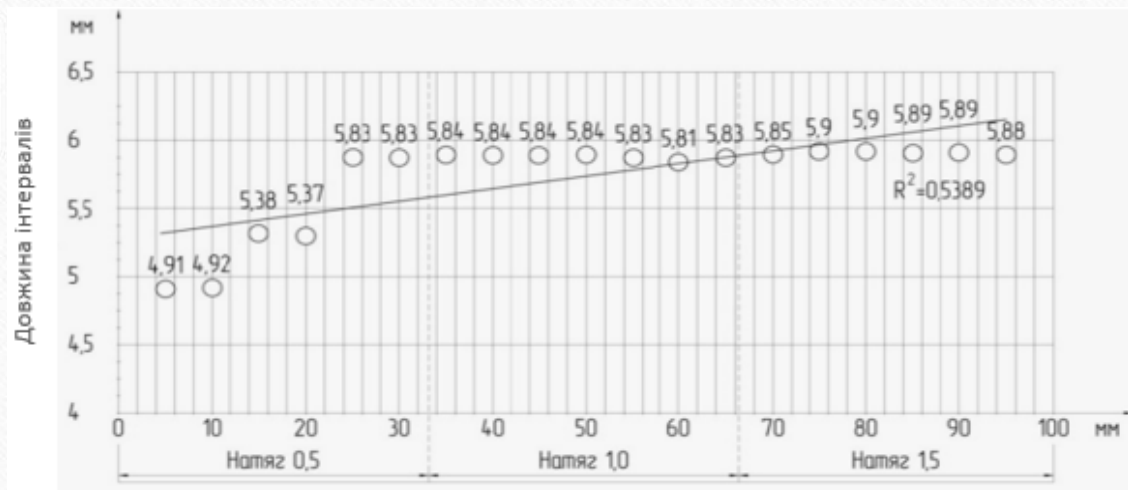
Графік зміни довжини інтервалів (точка 2)



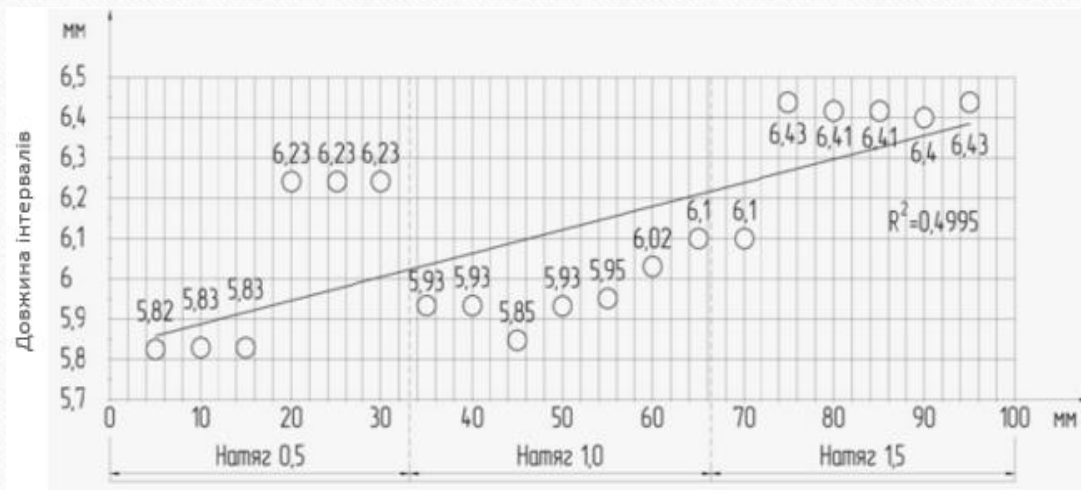
Довжина вимірювальної ділянки труби

# Результати досліджень

Графік зміни довжини інтервалів (точка 3)

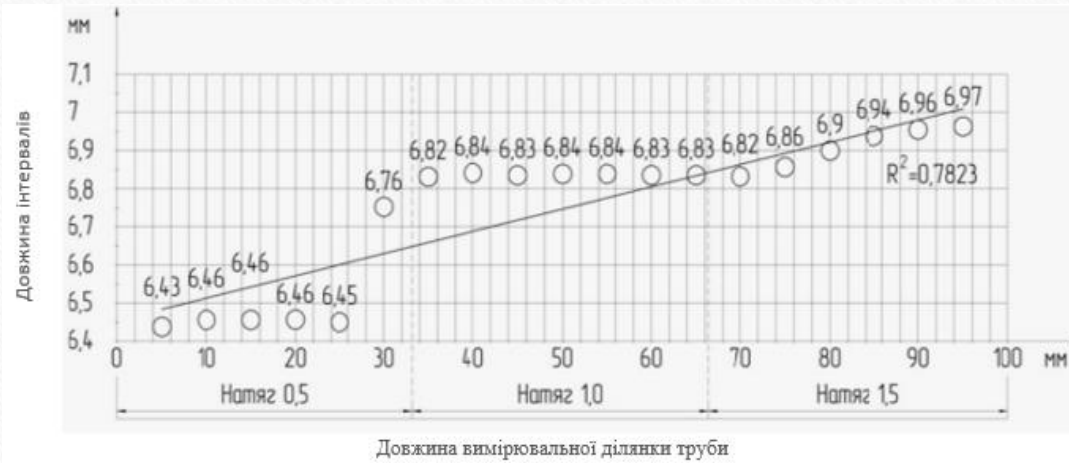


Графік зміни довжини інтервалів (точка 4)

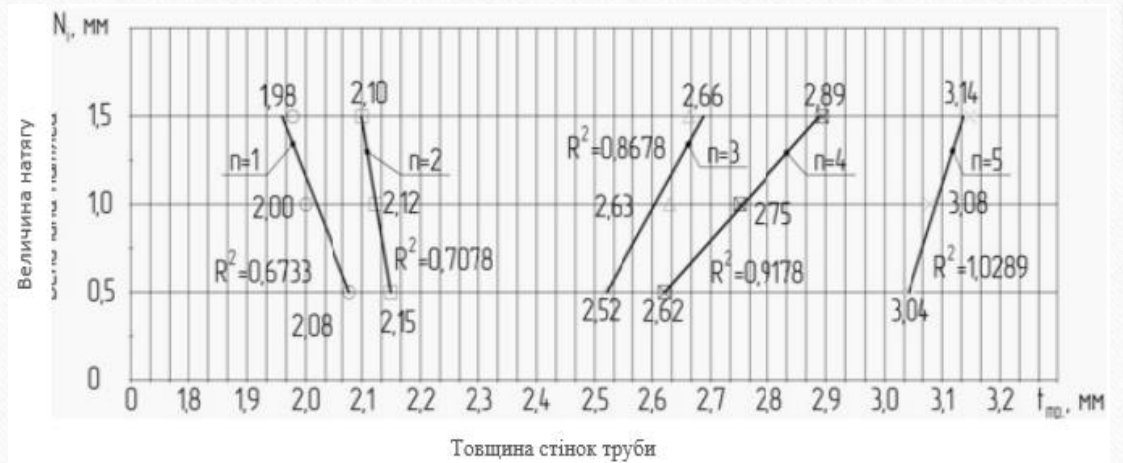


# Результати досліджень

Графік зміни довжини інтервалів (точка 5)



Зміна товщини стінок труби



# Результати дослідження показали

---

- Відбувається спотворення форми;
- На меншому радіусі відбувається потовщення стінки труби;
- На більшому радіусі відбувається потоншення;
- На краях від радіусу згинання є два прямі відрізки – це нейтральні сторони, з ними не відбувається жодного спотворення.

# Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Мінімізуються зазначені небезпеки:

- Ураження електричним струмом
- Термічні та механічні опіки
- Негативний вплив теплового випромінення.

# Висновок

---

У проекті представлено експериментальне дослідження процесу згинання колін в холодному стані і визначення мінімально можливого  $R_{3T}$  розроблено технологічний процес з мінімальними витратами енергоресурсів. Отримано крутозігнуті коліна на базі лабораторії кафедри «Обробки металів тиском» та в заводських умовах. Сконструйоване штампове оснащення, розглянуте обладнання на якому проводилися дослідження, проведений перевірочний розрахунок гідравлічного преса П481А та проведене комп'ютерне моделювання штампу. Розроблені заходи по безпеці життєдіяльності при реалізації спроектованої технології, а також санітарно – гігієнічні заходи.

Дякую за увагу!!!