

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.ПМ-93.00.00.000.ПЗ

Група ПМ-20-1К

ПАСТУХ АНАТОЛІЙ

АНАТОЛІЙОВИЧ

2022

Дніпровський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інженерної механіки
Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Пастух Анатолій Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.91
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка технологічного процесу точіння конічних замкових нарізей, за допомогою багатониткових нарізових різців
(назва роботи)

Комп'ютеризовані та роботизовані технології машинобудування
(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

А.А. Пастух
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Онисько О.Р., професор кафедри КМВ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор Панчук В. Г.
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

м. Івано-Франківськ — 2022 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Пастуху Анатолію Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технологічного процесу точіння конічних замкових нарізей, за допомогою багатониткових нарізевих різців

керівник роботи Онисько О.Р., професор кафедри КМВ

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від "18" травня 2022 року № 224/7

2. Строки подання студентом роботи 18 травня 2022р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний кресленик деталі «Ніпель»; середовище програм SolidWorks

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Проектування технологічного процесу та основних технологічних систем. 2.

Розробка та розрахунок пристроїв. 3. Аналіз та удосконалення конструкції пристрою для обробки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Креслення деталі ніпель та таблиця – 1 лист А1. 2. Креслення інструментів та деталей – 1 лист А1. 3. Креслення параметри різця – 1 лист А1. 4. Підпрограма розрахунку – 1 лист А1. 5. Процес обробки деталі – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	<u>Онисько О.Р., професор кафедри КМВ</u>		
2	<u>Онисько О.Р., професор кафедри КМВ</u>		
3	<u>Онисько О.Р., професор кафедри КМВ</u>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Загальна характеристика	01.03.2022	
2	Опис і конструкція навчального проєкту	03.03.2022	
3	Проектна частина	05.04.2022	
4	Конструкторська частина	01.05.2022	
5	Дослідницька частина	24.05.2022	
6	Захист магістерської роботи	21.06.2022	

Студент _____ Пастух А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Онисько О.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

“ ___ ” _____ 2022_p.

Зміст

Вступ.....	6
1. Аналіз положень сучасної теорії проектування різців для точіння замкових нарізевих з'єднань і сучасних методів визначення та підвищення їхніх експлуатаційних характеристик.....	7
1.1. Призначення, типорозміри, форми профілю та вимоги до точності і якості поверхні конічних замкових нарізей.....	8
1.1.1. Типорозміри існуючих замкових нарізей за стандартами ГОСТ 28487-90, ГОСТ Р 50864-96 та API SPEC 7-2.....	10
1.1.2. Граничні відхили параметрів замкових конічних нарізей та вимоги до якості їх поверхні.....	14
1.2. Перспективні матеріали для забезпечення механічної міцності бурильних замків.....	16
1.2.1. Вимоги до механічних властивостей тіла бурильної труби в цілому і бурильного замка, як її частини.....	16
1.2.2. Сталі, які використовують для виготовлення сучасних бурильних труб і бурильних замків.....	18
1.3. Проблеми і перспективи процесу точіння конічних замкових нарізей.....	19
1.3.1. Поділ сталей для виготовлення бурильних труб і замків за їх механічною оброблюваністю.....	19
1.3.2. Проблема утворення відкритої конволютної гвинтової поверхні замість закритої архімедової гвинтової поверхні.....	21
1.3.3. Аналіз формування конічної замкової нарізі за допомогою різців.....	23
1.3.4. Геометричне дослідження схем розміщення різальних крайок щодо поверхні нарізі.....	26
1.3.5. Рекомендації щодо вибору кута нахилу різальної кромки нарізевих різців.....	30

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пастух А.А			Пояснювальна записка		Літ.	Арк.
Перевір.		Ониська О.Р.						4
							ІФНТУНГ ПМ-20-1К	
Затверд.								

1.3.6. Аналіз формування замкової нарізі за допомогою гребінок.....	32
2. Розвиток математичної моделі профілю різальної крайки нарізевого різця у функціональній залежності від значень статичних геометричних параметрів у вершині леза	34
3. теоретичні дослідження впливу статичних геометричних параметрів різця та відхилів його установлення відносно осі деталі на точність виточеної конічної замкової нарізі	36
3.1. Вплив величини статичного переднього кута у вершині леза різця на профіль отриманої за його допомогою конічної замкової нарізі.....	39
3.2. Вплив величини кута нахилу різальної крайки нарізевого різця на профіль отриманої з його допомогою гвинтової конволютної поверхні.....	43
4. Вплив кута підйому нарізі на технологію виготовлення конічної замкової нарізі.....	46
4.1. Визначення кута підйому конічної замкової нарізі.....	46
4.2. Визначення впливу кута нахилу різальної крайки багатониткового різця на точність профілю конічної замкової нарізі.....	49
4.2.1 Геометричний аналіз впливу кута нахилу різальної крайки багатониткового різця на точність профілю конічної замкової нарізі.....	49
4.3. Автоматизований розрахунок впливу кута нахилу різальної крайки багатониткового різця на точність профілю конічної замкової нарізі.....	52
5. Конструювання двониткових різальних пластин для забезпечення технологічного процесу точіння замкових нарізей	56
5.1. Токарний верстат з ЧПК.....	56
5.2. Вибір нарізевого інструмента.....	57
5.3. Вибір одониткової та двониткової пластини.....	59
5.4. Методи різьбонарізання.....	68
5.5. Методика вибору опорної пластини.....	70
5.6. Закріплення опорної пластини в державці.....	71
5.7. Рекомендації по вибору швидкостей виміру при обробці різьби точенням, метричної системи вимірювань.....	72
5.8. Вибір Сплава.....	73
5.9. Рекомендована глибина різання при обробці різьби точінням.....	74
Висновок.....	75
Використані джерела.....	76

Вступ

Запірні різьбові з'єднання (замки бура) використовуються в герметизації з'єднань компонентів бурильної колони, а внутрішній тиск промивної рідини досягає 20 МПа. Значний кут конічної стопорної різьби допомагає ефективно центрувати зовнішню різьбу ніпеля всередині внутрішньої різьби фіксуючої муфти, що необхідно для багаторазового застосування операцій затягування та послаблення під час свердління. По-перше, точність різьби залежить від точності його кроку, середнього діаметра і профілю. Забезпечується під час різання на верстатах з ЧПК та різьбонарізних інструментах.

Сучасні виробники інструментів пропонують ножі спеціально для виготовлення замкових отворів різних розмірів. У цьому випадку передбачають інструменти з різними значеннями нахилу ріжучої кромки λ , але статичний передній кут на вершині завжди дорівнює нулю. Це спрощує профілювання ріжучої частини різьбонарізного інструменту, але не відповідає загальноприйнятим рекомендаціям щодо вибору геометрії ріжучої частини інструменту при точінні твердосплавної сталі, значно знижує ефективність обробки. На даний момент не існує наукової та обґрунтованої теоретичної основи для опису функціональної залежності профілю ріжучої кромки інструменту та точності конічної різьби від геометричних параметрів ріжучої частини ріжучого інструменту. Точність замикання різьблення, отриманої точенням, в кінцевому підсумку впливає на продуктивність конічних замкових з'єднань, особливо на їх герметичність і затягування.

Проте в даний час немає наукового і практичного рішення, яке б забезпечило герметичність і затягування замкового з'єднання шляхом покращення геометрії ріжучої частини різьбового інструменту. Тому теоретичні основи розробки високопродуктивних токарних конусно-замкових різьбових інструментів є актуальним питанням, що має важливе наукове і практичне значення.

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІЗ ПОЛОЖЕНЬ СУЧАСНОЇ ТЕОРІЇ ПРОЕКТУВАННЯ РІЗЦІВ ДЛЯ ТОЧІННЯ ЗАМКОВИХ НАРІЗЕВИХ З'ЄДНАНЬ І СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЇХНІХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Відомо, що конічні різбові фітинги більше підходять для швидкого затягування-відгвинчування, ніж фітинги з циліндричною різбою, оскільки їх легко центрувати, затягувати всього за кілька обертів і мають певні переваги для забезпечення герметичності. Однак конічні різблення є більш складними у виготовленні, ніж циліндричні, оскільки вони мають змінні діаметри і, отже, змінні значення для спіралі. Крім того, власне конічне різблення має значну конусність, що створює асиметрію профілю, тому виникає проблема з різними кроками між довгою та короткою сторонами профілю.

Над проблемою забезпечення експлуатаційних характеристик конічних насічок працює велика кількість провідних вчених. Виходячи з їхньої роботи та світової практики свердління, основні експлуатаційні характеристики замкових різбових з'єднань включають:

- Зносостійкість при багаторазовому загвинчуванні;
- ефективне затягування та послаблення;
- висока стійкість до навантажень на розтяг, вигин і кручення;
- герметичність.

Однак у цих наукових дослідженнях вплив нарізки та конструювання різбового інструменту на ці характеристики не аналізувався, щоб забезпечити їх на основі їх удосконалення. Через те для вивчення експлуатаційних властивостей замкових різбових з'єднань та установлення проблем із теорією проектування різбових різців, які пов'язані з ними потрібно насамперед розглянути:

- класифікацію замкових конічних різб і умови їх точності, якість механічної міцності і поверхні;

- питання утворення конічної різьби точінням;
- нові принципи у теорії розробки різців які будуть точити конічну різьбу;
- теоретичні та практичні схвалення які визначатимуть характеристики різьбових замкових з'єднань.

1.1. Призначення, типорозміри, форми профілю та вимоги до точності і якості поверхні конічних замкових нарізей

Конічні замкові різьби складаються з двох частин – ніпеля (рис. 1.1.а) і муфти (рис.1.1.б), вони є частиною замкових нарізевих з'єднань.

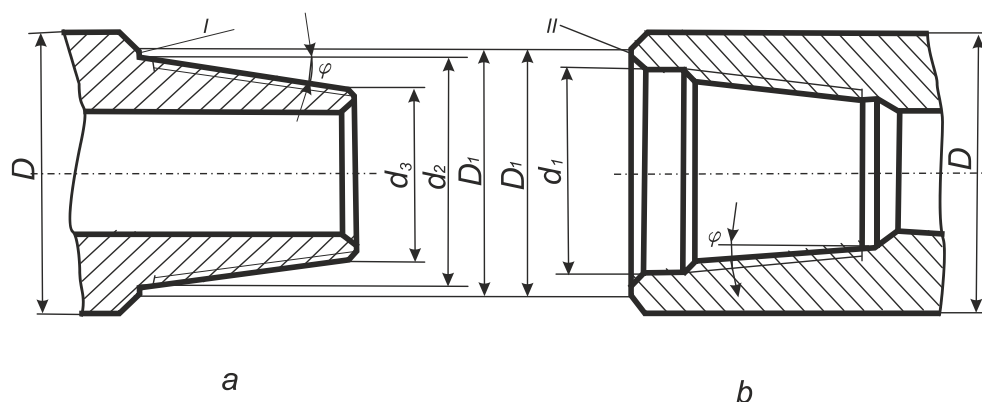


Рис. 1.1 Кресленик замкових частин ніпеля а і муфти б:

I – упорний уступ, II –упорний торець, φ – кут конусності, D – зовнішній діаметр замка, D_1 – діаметр замка на торцевому перерізі, d – внутрішній діаметр замка, d_1 –діаметр циліндричної виточки, d_2 – діаметр більшої основи конуса, d_3 – діаметр меншої основи конуса

Муфта та ніпель є тілами обертання. Відповідно до стандартів на схемі (рис.1.1.) продемонстровано ряд діаметральних розмірів, які відносяться до поверхонь різьби замкових з'єднань ніпеля і муфти. Точіння їхніх циліндричних поверхонь і різьб у одній операції на токарних верстатах з ЧПК, є однією з причин об'єднання процесів точіння.

Схематично показано на (рис.1.2.) класифікацію конічних замкових різьб на якому зображено призначення, механічні властивості, розміри, висота вихідного трикутника і форма профілю різьби.



Рис. 1.2 Класифікація конічних замкових нарізей.

Конічні замкові різьби за призначенням застосовують для буріння нафтових та газових свердловин, а також для свердловин геологічної розвідки.

Межі міцності за механічними властивостями починаються від 655 МПа до 1200 МПа, а за межою плинності 379 – 1177 МПа, твердості від 250 НВ - 340 НВ.

Визначальними для типорозмірів конічних замкових різьб є форма профілю трикутна (I, II, III, IV, V) або трикутна заокруглена (VI), розміри (діаметр, конусність, крок) та висота вихідного трикутника (3.66, 4.376, 5.471, 5.487 (мм))

1.1.1. Типорозміри існуючих замкових нарізей за стандартами ГОСТ 28487-90 [30], ГОСТ Р 50864–96 [34] та API SPEC 7-2 [173]

Згідно за стандартом типорозміри замкових конічних нарізей виробляють за п'ятьма формами профілю різьби (від I до V) і 27-ма (табл. 1.1). Отже за стандартом SPEC 7-2 [173] використовують типорозміри з однаковими формами профілю. Отож у таблиці 1.1 показано:

- зарубіжні аналоги та назви типорозміру;
- форма профілю і їх зарубіжні аналоги
- максимальний розмір нарізі який асоційований до назви типорозміру КЗН за стандартом є діаметр більшої основи конуса d_2 (рис. 1.1);

Стандартами вважається для кожного із типорозмірів належно значення діаметрів D, d, d_1, d_3 , які поставлено на кресленні (рис.1.1).

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1

Типорозміри конічних замкових нарізей за ГОСТ 28487-90 [30] та API
SPEC 7-2 [173]

Позначення Типорозміру замкової нарізі за [30]	Зарубіжний аналог за [173]	Форма профілю за [30]	Форма профілю за [173]	Діаметр більшої основи конуса d_2 , мм
1	2	3	4	5
3-65	NC23	IV	V-0,038 R	65,1
3-66	2 3/8 Reg	I	V-0,040	66,68
3-73	NC26	IV	V-0,038 R	73,05
3-76	2 7/8 Reg	I	V-0,040	76,20
3-86	NC31	IV	V-0,038 R	86,13
3-88	3 1/2 Reg	I	V-0,040	88,89
3-94	NC35	IV	V-0,038 R	94,97
3-101	3 1/2 FH	I	V-0,040	101,44
3-102	NC38	IV	V-0,038 R	102,00
3-108	NC40	IV	V-0,038 R	108,71
3-117	4 1/2 Reg	I	V-0,040	117,46
3-118	NC44	IV	V-0,038 R	117,47
3-121	4 1/2 FH	I	V-0,040	121,71
3-122	NC46	IV	V-0,038 R	122,78
3-133	NC50	IV	V-0,038 R	133,34
3-140	5 1/2 Reg	II	V-0,050	140,20
3-147	5 1/2 FH	III	V-0,050	147,95
3-149	NC56	V	V-0,038 R	149,24
3-152	6 5/8 Reg	III	V-0,050	152,19

3-161	–	III	V-0,050	161,92
3-163	NC61	V	V-0,038 R	163,52
3-171	6 5/8 FH	III	V-0,050	171,54
3-177	7 5/8 Reg	II	V-0,050	177,80
3-185	NC70	V	V-0,038 R	185,74
3-189	–	III	V-0,050	189,43
3-201	8 5/8 Reg	II	V-0,050	201,98
3-203	NC77	V	V-0,038 R	203,22

За стандартом профіль зовнішньої (ніпель) та внутрішньої (муфта) різьби мають відповідати кресленню, який показано на рис.1.3. Буквами позначено параметри на рисунку: P – крок нарізі, ϕ – кут нахилу нарізі, H – висота вихідного трикутника нарізі, h – робоча висота профіля, h_1 – висота профіля, b – зріз вершини, f – зріз впадини, r – радіус заокруглення впадини, r_1 – радіус заокруглення вершин, a – ширина площадки.

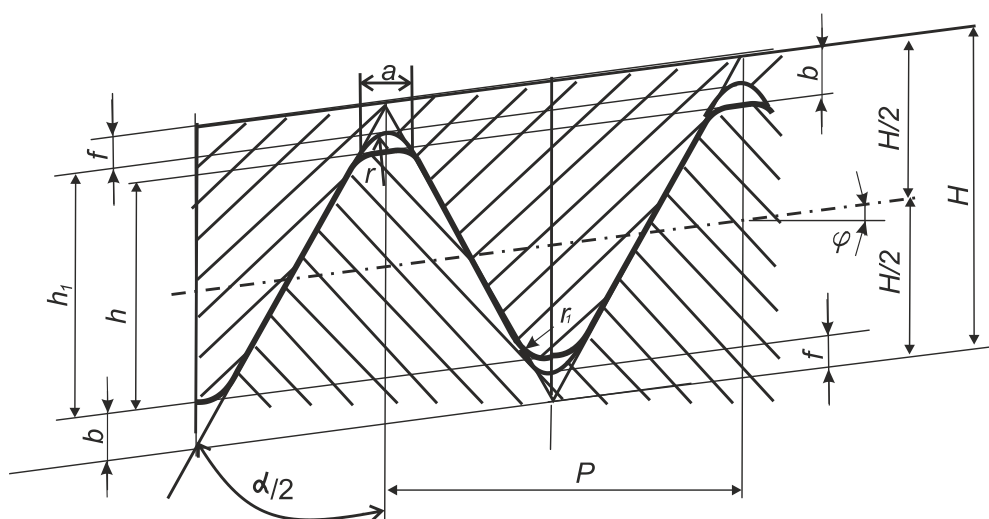


Рис. 1.3 Профіль конічної замкової нарізі за ГОСТ 28487-90 [30] та API SPEC 7-2 [173]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ

Арк.

12

Згідно до стандартів, розміри параметрів на кресленні повинні відповідати таблиці 1.2. У таблиці записано залежність значень параметрів від форми профілю: від I до V.

Таблиця 1.2

Параметри конічних замкових нарізей ГОСТ 28487-90, ГОСТ Р 50864-96 [34] та API SPEC 7-2 [171] з формою профіля: від I до V.

Параметри нарізі	Форма профілю				
	I	II	III	IV	V
Кількість кроків на дюйм	5	4			
$K(tg\varphi)$	1:4		1:6		1:4
φ	7° 7' 30"		4° 45' 48'		7° 7' 30"
$H, мм$	4,376	5,471	5,487		5,471
$h_1, мм$	2,993	3,742	3,755	3,095	3,083
$h, мм$	2,626	3,283	3,293	2,633	2,625
$b, мм$	0,875	1,094	1,097	1,427	1,423
$f, мм$	0,508	0,635		0,965	
$a, мм^*$	1,016	1,270		1,651	
$r, мм$	0,508	0,635		0,965	
$r_1, мм$	0,38				

* - довідковий розмір

1.1.2. Граничні відхили параметрів замкових конічних нарізей та вимоги до якості їх поверхні

Робоча висота h та граничні відхили висоти профілю нарізі h_1 стосовно форм I–V має відповідати вказаним на рисунку 1.4 і у таблиці 1.3

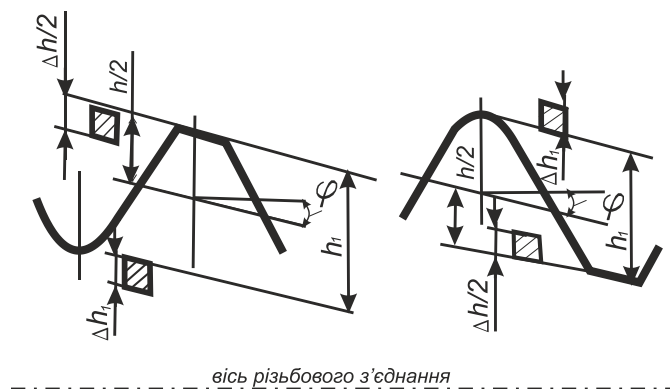


Рис. 1.4 Граничні відхили висоти профілю нарізі h_1 і робочої висоти h за стандартами ГОСТ 28487-90, ГОСТ Р 50864–96 та API SPEC 7-2 для форм профілю I, II, III, IV, V

Для проектування нарізеутворюючого інструмента і факультативним для виробів ці відхили є вихідними за стандартом.

Таблиця 1.3

Граничні відхили висоти профілю нарізі h_1 і робочої висоти h за стандартами ГОСТ 28487-90, ГОСТ Р 50864–96 та API SPEC 7-2

Крок нарізі P	Граничні відхили висоти профілю зовнішньої і внутрішньої різьби, мм.	
	$\Delta h/2$	Δh_1
5,08	- 0,120	+ 0,080
6,35	- 0,180	+ 0,120

Граничні відхилення від номінальних значень параметрів різьб не мають бути більшими ніж:

– крок різьби P з повним профілем :

на довжині 25,4 мм між будь-якими двома витками $\pm 0,04$ мм

на всій довжині $\pm 0,11$ мм

– кута нахилу бічної сторони профілю 30° $30'$

– радіуса спряження вершин профілю r_1 $+0,20$ мм

– конусності на довжині конуса з повним профілем нарізі віднесеним до 100 мм:

зовнішнього і середнього діаметра ніпеля $+0,25$ мм

внутрішнього і середнього діаметра муфти $- 0,25$ мм

Допуск перпендикулярності упорного уступу і упорного торця до осі нарізі не має бути більшим 0,1 мм, а допуск площинності на їх ширині – 0,07 мм.

Параметри шорсткості поверхні нарізі Ra повинні бути не більші ніж 3, 2 мкм.

Для сталі 40ХН з якої зроблено замкове з'єднання, стандартом передбачено використання термообробки. Межа міцності замків бурильних труб (σ_B), після термічної обробки має бути не меншою 900 МПа, а межа плинності – 750 МПа, твердість нарізі має сягати НВ 285...341.

На сьогоднішній день виробники які рекомендують застосовувати для бурильних замків такі сталі, які належать до наступної групи міцності у порівнянні із групою міцності тіла бурильної труби, дотримуються науково-практичних напрацювань.

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Перспективні матеріали для забезпечення механічної міцності бурильних замків

Загальна кількість поломок бурильних колон спричинено через вплив навантажень вібраційного характеру 52%, викликані послабленням або руйнуванням різбових кінців бурильних труб. З показів багатьох досліджень, замкові нарізеви з'єднання під дією згинальних та осьових навантажень постійно ламаються або через викришування витків різьби або через поломку конуса. Вирішенням цієї проблеми є використання сировини із високими механічними властивостями, які можуть ефектно чинити опір. Потрібно для цього розглянути вимоги механічних властивостей матеріалів і так само розібрати поради стосовно перспективних матеріалів для виготовлення конічних замкових нарізей.

1.2.1. Вимоги до механічних властивостей тіла бурильної труби в цілому і бурильного замка, як її частини

До тіла бурильної труби приварюються бурильні замки. За стандартом вважається здійснення нафтогазових труб та бурильних замків зі різних за міцністю груп матеріалів належно до вимог їх використання та способу буріння:

роторного чи турбінного. У таблицю 1.4 занесено дані, які вказують значення механічних властивостей бурильних труб які залежать від групи міцності сталі.

Таблиця 1. 4

Механічні властивості тіла бурильної труби після термообробки згідно зі стандартом [32]

Назва показника, розмірність	позначення	Норма механічних властивостей за групами міцності сталі						
		Д	Е	Л	М	Р	Т*	У*
Межа міцності, МПа	σ_B	655	689	724	792	999	1104	1241
Межа плинності, МПа: min	σ_T	379	517	655	724	930	1035	1170
max		-	724	862	930	1138	1241	1379

Відносне видовження, % min	δ_5	16	14	14	12	12	11,5	10,5
Відносне звуження після розриву, % min	ψ	50	50	50	45	45	40	40
ударна в'язкість, Дж/см ²	KSV	690	690	690	690	690	-	-

Сегмент високоміцних труб, що займає понад 70% ринку, зараз користується найбільшим попитом. Цьому сприяє кожен раз більші потреби у використанні похило-скерованого та горизонтального методів буріння. Зірочкою помічено ті групи сталей, котрі вважаються перспективними.

За стандартом американського нафтового інституту API механічні властивості бурильних труб за групами міцності показано у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Механічні властивості груп сталей за Specification for Drill Pipe ANSI/API
SPECIFICATION 5DP 2009

Назва показника, розмірність	позначення	Норма механічних властивостей за групами міцності сталі				
		D	E	X	G	S
Межа міцності, МПа	σ_B	655	689	724	793	1000
Межа плинності, МПа: min	σ_T	379	517	655	724	931
max		-	724	862	931	1138

Групи міцності D, E, X, G, S за специфікацією API 5DP 2009 і стандарту дійсно відповідає групам міцності D, E, L, M, P зі стандарту, однак показана специфікація і стандарт ISO не мають схожості до груп міцності T і Y.

1.2.2. Сталі, які використовують для виготовлення сучасних бурильних труб і бурильних замків

У таблиці 1.6 вказано варіанти сталей які використовують для реалізації бурильних труб, обважнених бурильних труб та бурильних замків на підприємствах в Україні, Німеччині, США та Японії, які спеціалізуються на цьому.

Таблиця 1.6

Приклади застосування марок сталі для виготовлення виробів із
конічними замковими нарізками

1	2	3	4	5
Призначення виробу	Марка сталі	Межа міцності	Твердість	Виробник замкової нарізі
Труба ведуча бурильна	45ХГМА	966	285-341 НВ	Сумський завод обважнених труб
Замок до загвинчування на бурильну трубу	40ХН	645 – 882		
Замок для приварювання		981	255-321 НВ	
Труби обважені бурильні		40ХН2МА	637	
	38ХН3МФА	735	285-341 НВ	
	AISI 4145H	970 -1150	290– 340 НВ	
Замок для приварювання	40ХН	981	255-321 НВ	ДЗБО Україна

Замки для роботи у вологому CO ₂ середовищі	JFE-UHP™- 15CR-125	931	35HRC	JFE Steel Corporation Японія
--	-----------------------	-----	-------	------------------------------------

Сталь JFE-UHP™-15CR-125 має великий рівень антикорозійної стійкості при високій температурі. Мартенситна структура має високу міцність при підвищеній температурі і корозії через достатню кількість легуючих елементів: хрому 14-16%, нікелю 6-7%, молібдену 1,8-2,5%, міді до 1,5%. Показана марка сталі приближена до вітчизняної марки Х18Н10, яку враховують до жароміцних сталей.

1.3. Проблеми і перспективи процесу точіння конічних замкових нарізей

Зі стандарту в якому показано умови до якості поверхні і точності конічних замкових нарізей, враховують, що ніпель та муфта це тіла обертання для яких найефективнішим варіантом виготовлення є процес точіння.

1.3.1. Поділ сталей для виготовлення бурильних труб і замків за їх механічною оброблюваністю

Відповідність сталей до процесу механічної обробки призначається групами I, II, III та VIII. Окрема частина марок сталі за характеристиками міцності може бути віднесена до групи I важкооброблюваних матеріалів з яких роблять замки для бурильних, ведучих та обважнених труб.

Марка сталі 40ХН2МА – хромонікельмолібденова сталь, яка підходить до групи найбільш якісних сталей, які використовують для реалізації замків обважнених бурильних труб Хромонікельмолібденова сталь при використанні гартування і низького відпуску 200°C заданий матеріал приєднується у групу високоміцних сталей, можна відносити до VIII групи (табл. 1.7).

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.7

Механічні характеристики сталі 40ХН2МА при різних режимах термообробки.

Температура відпускання °С	Межа плинності $\sigma_{0,2}$ МПа	Межа міцності σ_B МПа	Ударна в'язкість КСУ (J/sm ²)	Твердість HRCa
200	1600	1750	39	53
300	1470	1600	49	49
400	1240	1370	59	44
500	1080	1170	88	38
600	860	960	147	28

За каталогом компанії Walter Tools низьколегованими приймають сталі із Головним вмістом легуючих елементів до 5%, а високолегованими – більше 5%. Отож за табл.1.8 низьколеговані сталі їхньою оброблюваністю припадає до груп Р7–Р10, а високолеговані – до груп Р11–Р13.

Таблиця 1.8

Рекомендовані швидкості різання для нарізеточіння за групами сталей згідно з Walter Tools

Поділ за легуваністю	Твердість За Брінелем, НВ	Межа міцності σ_B , МПа	Група обробності	Швидкість різання, v мм/хв.	
				пластинка VHM з покриттям	HSS –E(-PM) без покриття
1	2	3	4	5	6
Низьколегована відпалена	170	591	P7		15
Низьколегована покращена	300	1013	P8	50	7,5
	380	1282	P9	35	4

	430	1477	P10	20	2
Високолегована відпалена	200	675	P11		15
Високолегована покращена	300	1013	P12	50	7,5
	400	1361	P13	30	3

Відповідно до таблиці 1.6 і 1.9 сталь AISI 4145H можна відносити до низьколегованих покращених сталей, котрі припадають до груп оброблюваності P8 – P9. Низьколегована сталь 40XH2MA (< 5% легуючих елементів) відповідно із таблицею 1.4 припадає до групи P9–P10. Високолегована сталь 38XH3МФА (> 5% легуючих елементів) є віднесеною до групи P12.

Нержавіюча сталь JFE-UHP™ -15CR-125 із таблиці 1.6 відповідно із таблицею 1.8 віднесена до груп M2–M3.

Групи сталей: P9, P10, поступаються групі P7 за швидкістю різання згідно у 3,75, і 7,5, група P12 у 2 рази, а групи M2, M3 у 5 та 3,75 разів. Отож групи сталей із таблиці 1.8 крім P7 і частково P12 підходять до важкооброблюваних.

Матеріали і сталі, з яких виробляють замки обважнених бурильних труб відносяться до важкооброблюваних матеріалів.

1.3.2. Проблема утворення відкритої конв'юютної гвинтової поверхні замість закритої архімедової гвинтової поверхні

За креслення профіль замкової нарізи розташовано у осьовій площині труби. Подивимось на різальну крайку різця як комплекс твірних – два прямолінійних відрізки і радіусна крива між ними (рис.1.5).

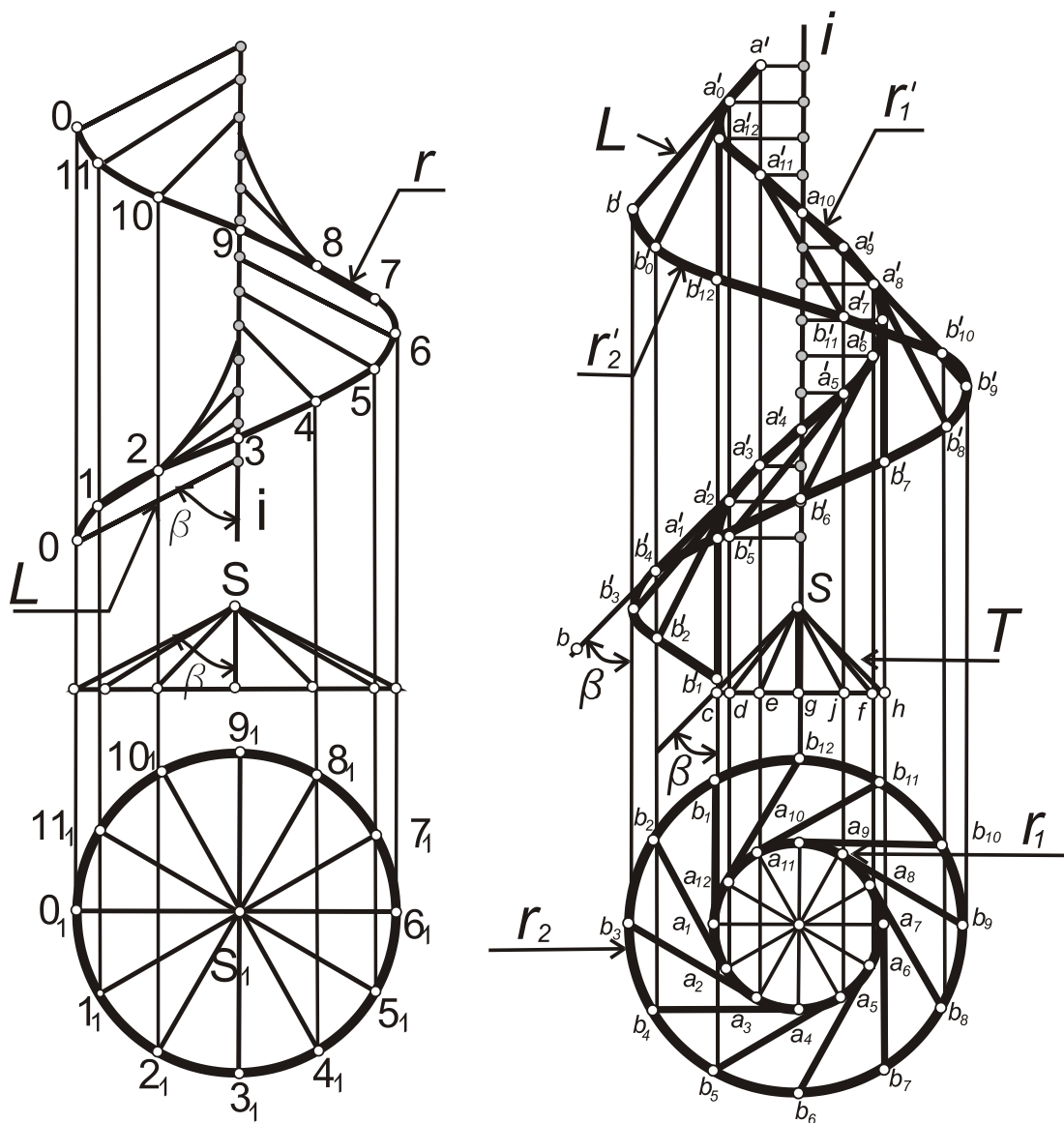


Рис. 1.5. Комплексні кресленики косого закритого гелікоїда (а), та косовго відкритого конволютного гелікоїда (б).

Кожна з пар відрізків є твірна окремого закритого гелікоїда. Якщо застосування нарізевих токарних різців з прямолінійними різальними крайками, у котрих передня поверхня розташована добре до напрямку витка (рис. 1.5.б), не у осьовій площині нарізевої поверхні то утвориться не архімедова гвинтова поверхня (рис. 1.5.а), а – конволютна гвинтова поверхня.

Отож теоретична поверхня різьби формулюється косим закритим гелікоїдом, інакше кажучи є лінійчатою поверхнею, котра формується через

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ

Арк.

22

рівномірне обертання навколо своєї осі i прямого конуса T із вершиною S і одночасного його рівномірного поступального руху уздовж цієї осі (Рис. 1.5.а). На сьогоднішній день тільки такий підхід застосовується при проектуванні різальних інструментів.

Твірна відкритого конволютного гелікоїда не перетинає вісь гвинта i , вони є дотичними до основного циліндра на якому лежить напрямна — геліса r_1 (рис.1.5.б). Конволютний гелікоїд ззовні обмежений гвинтовою лінією r_2 . Напрямний конус виконаний для побудови всіх необхідних положень твірної L у точках $a_1...a_{12}$ під кутом нахилу бічної сторони прямого конуса β з вершиною S . Одержані у результаті побудови точки $b_1...b_{12}$ є точками зовнішньої геліси r_2 . (рис. 1.5.б).

Якщо прийняти різальну кромку різця, як прямолінійну і ту котра є мимобіжною до осі нарізаної поверхні i , положення задається кутом γ у горизонтальній площині проєкцій і кутом β у вертикальній то в підсумку її гвинтового руху буде получено конволютну нарізаною поверхню, обмежену гелісами r_2 і r_1 .

1.3.3 Аналіз формування кінцевої замкової нарізи за допомогою різців

Точіння різьби здійснюється за допомогою повнопрофільних або неповнопрофільних різців.

Сучасні виробники використовують однопрофільні поворотні пластини з трьома робочими поверхнями. Каталоги фірм ZCC-CT, SANDVIC Coromant, SECO, Kennametal, Mitsubishi, Iscar, Walter у котрих показаний профільний кут різальної частини інструмента (60°), вказані загальні розміри пластини (рис 1.6). Розмір переднього кута γ різальної пластини у вершині леза не врегульовано.

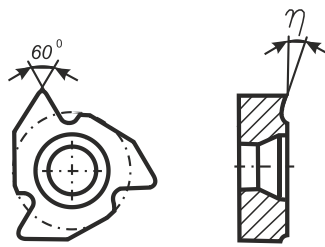


Рис. 1.6. Загальний вигляд нарізевої правої твердосплавної пластини фірми ZCC-СТ для виготовлення нарізи за стандартом API 7

Внаслідок встановлення пластини на робочій частині різця під кутом η передній кут у вершинній точці A дорівнює нулю (рис. 1.7).

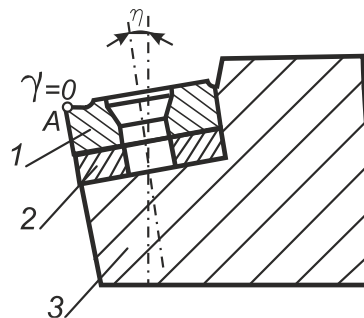


Рис. 1.7. Схема установки пластини на робочій частині різця при якій передній кут у вершинній точці A дорівнює нулю:

1 – різальна пластина, 2 – підкладна пластина, 3 – тіло різця.

Вибір повнопрофільного різця у тому, що різальна пластина утворюючи впадину і гребінь одночасно (рис. 1.8) повинні виконати при цьому радіусну поверхню заданих r_1 за стандартами.

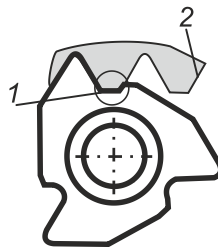


Рисунок 1.8. Схема утворення нарізи повнопрофільним різцем: 1 – частина леза, яка формує гребінь нарізи, 2 – нарізь

При обробці нарізі різцями які застосовують при зрізанні припуску забраженні на рис.1.9. Їх відносять до обробки нарізей зі симетричним профілем, у цьому випадку трикутним, котрі відповідають стандартам замкових нарізей.

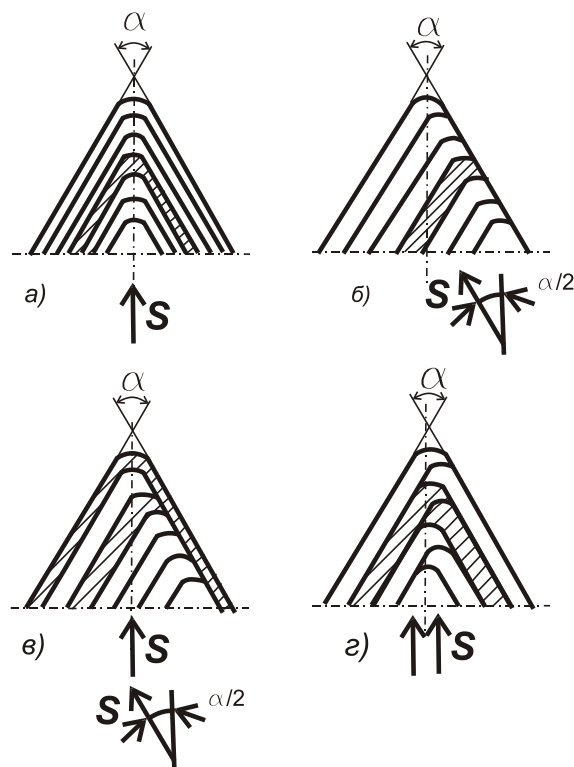


Рис. 1.9 Схеми зрізу припуску реалізація нарізі при обробці нарізі різцями (S — подача різання).

На якість поверхні різьби, стійкість інструменту і на форму стружки впливає багатопрохідне різання. Бувають такі основні схеми: радіальне врізання (рис. 1.9,а), врізання вздовж бокової сторони профілю нарізі (рис. 1.9,б), різання вздовж бокової сторони профілю нарізі з переходом напрямку на радіальне (рис. 1.9,в), різання з послідовним чергуванням бічних сторін профілю різьби (рис. 1.9,г). Радіальна схема є поширеною серед всіх інших. Коли її здійснюють дві різальні крайки інструмента є головні, вони різють матеріал, а кінцевий контур

нарізі реалізується на послідньому проході. Для стружки потрібні суттєве зусилля різання так як вона має коробчастку форму. Оскільки інша різальна крайка зрізає невеликий припуск, схема різання врізанням вздовж бокової сторони профіля нарізі передбачає одну різальну крайку. Силове навантаження на різальну крайку є меншою ніж при радіальній схемі різання це викликано внаслідок більш вільного різання і некоробчатої форми стружки. За схемою різання врізанням послідовно чергується бокові сторони профілю різьби вершинна крайка завжди, і кожен із бічних кромок по черзі від проходу до проходу стає головним. На відмінну від попередньої схеми, вона забезпечує почергове навантаження різальних крайок та рівномірний розподіл діяння між ними. Але це вимагає належної налаштованої програми на верстаті з ЧПК.

1.3.4. Геометричне дослідження схем розміщення різальних крайок щодо поверхні нарізі

На рис. 1.10 показано розміщення твердосплавної пластини нарізного інструменту, нахил передньої площини тільки при передньому куті γ , що не дорівнює нулю (1.10 а), і при ненульових кутах γ . і λ (1.10 б). Ці числа відповідають схемі нарізання припусків уздовж сторін профілю різьблення CD (ця схема має іншу назву – схема генератора припусків на нарізку). На рисунку 1.10 ліва ріжуча крайка АВ відноситься прямій, яка перетинає вісь, а права ріжуча крайка CD — прямій, яка не перетинає вісь. На малюнку 1.10б ні ліва, ні права ріжучі крайка не лежать на лінії, яка перетинає гвинтову вісь.

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

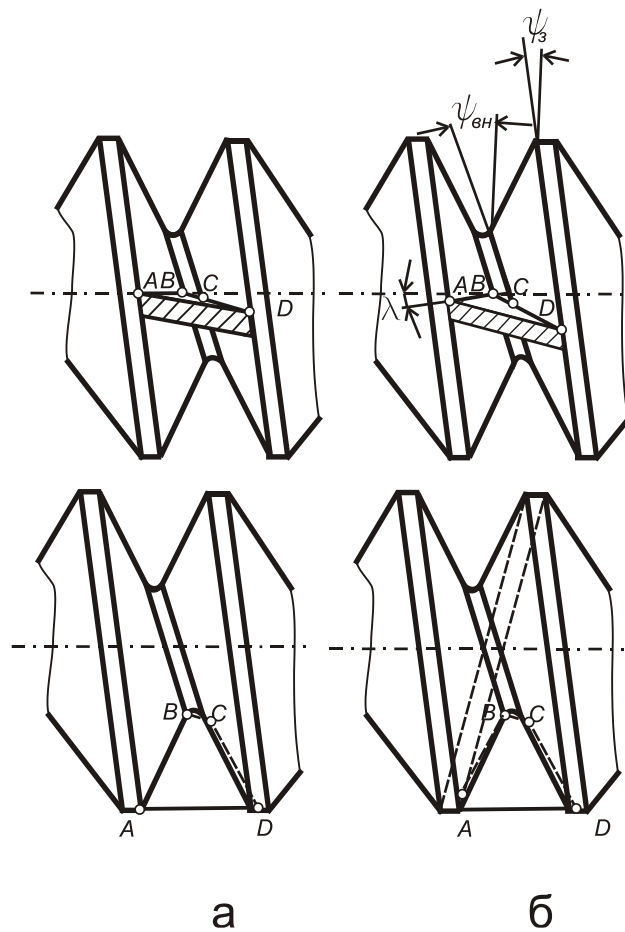


Рис. 1.10. Схема розміщення нарізевої поверхні і різальної пластини, з розміщеною під кутом γ виконаною з кутом нахилу головної різальної крайки AB , які дорівнює 0 (а), що не дорівнює 0 (б)

На рис. 1.11, б показано місце пластини нарізного інструменту з передньою площиною, нахиленою під кутом λ . Схема відповідає радіальним розрізам, тобто контурним схемам для розрізів заготовок, і розрізам уздовж сторін профілю CD ,

The figure consists of two vertically aligned diagrams of a crystal lattice cross-section. The top diagram shows a zigzag lattice structure with points A, B, C, and D marked on a horizontal dashed line. A shaded rectangular region is located between points B and C. Angles are labeled: ψ_3 at the top right and ψ_{3H} in the center. A distance λ is indicated on the left. The bottom diagram shows a similar lattice structure with points A, B, C, and D. Dashed lines connect A to C and B to D, intersecting in the center.

На рисунку 1.12 показано положення твердосплавної пластини інструменту з кутом нахилу $\lambda = 0$ передньої площини. На малюнках 1.12, а і 1.12, б показані припуски на позиційне різання, тобто радіальні зрізи, для ріжучої кромки схеми профілю. На малюнку 1.12 обидві ріжучі кромки належать лінії, яка перетинає гвинтову вісь. На малюнку 1.12 жодна ріжуча кромка не перетинає вісь ріжучої поверхні.

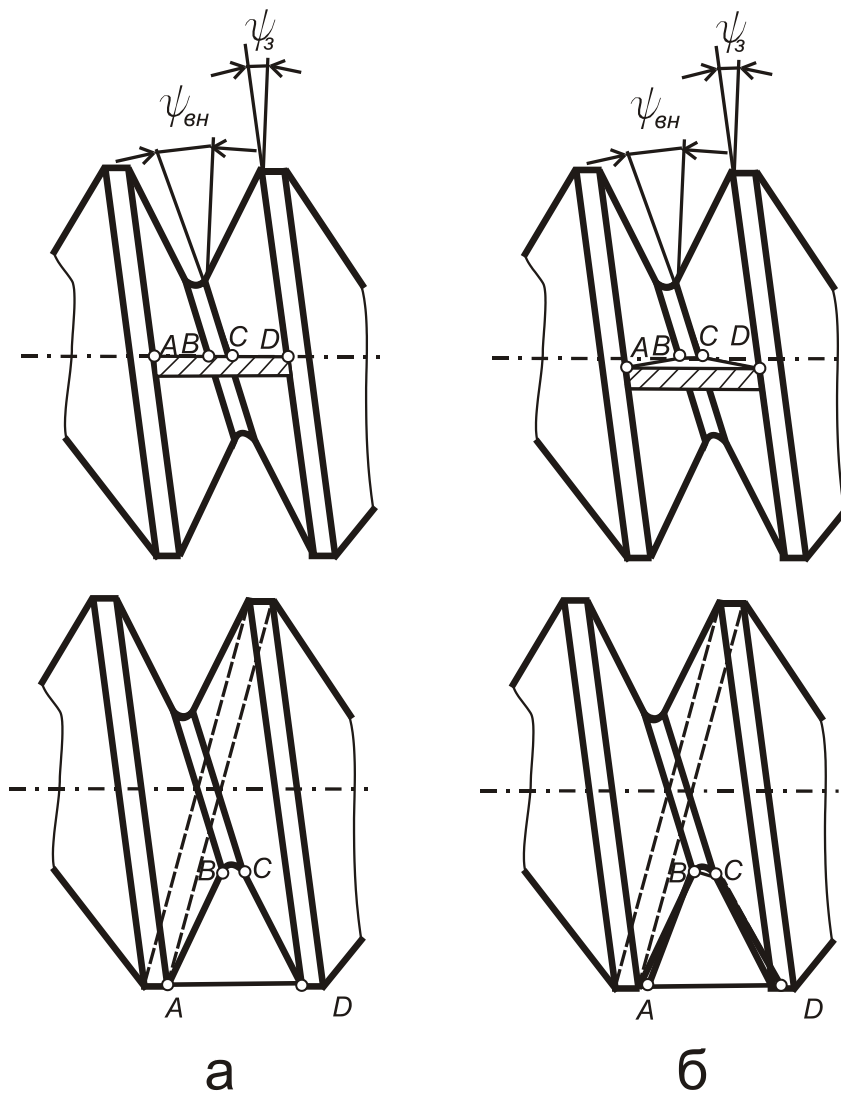


Рис. 1.12. Схема взаємного розміщення різьбової поверхні і різальної пластинки, з розміщеною під кутом $\lambda = 0$ передньою поверхнею, з кутом $\gamma = 0$ (а), з кутом γ , що не дорівнює нулю (б)

У всіх випадках, крім схеми на малюнку. 1.12 площина передньої поверхні не лежить в осьовій площині виїмки, а це означає, що інструмент не утворює спіраль Архімеда, але не згортку різби.

1.3.5. Рекомендації щодо вибору кута нахилу різальної кромки нарізових різців

Установка осі шліцеріза відносно осі грані шліца може бути вертикальною (рис. 1.13, а), а може бути під кутом $\square$ рівним куту піднесення виїмки $\square$ (рис. 1.13, б).

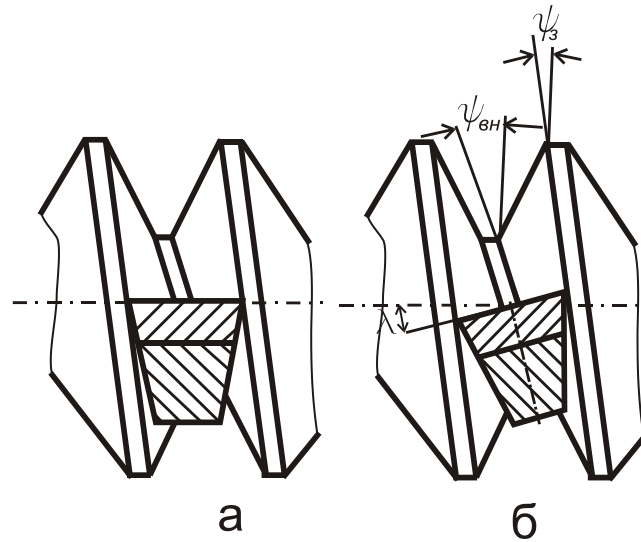


Рис. 1.13. Встановлення осі нарізового різця, щодо осі нарізової поверхні

Кут зростання різьби не є постійна величина, через те що міняється від найбільшого значення $\psi_{\text{вн}}$ в западині поверхні різьби до найменшого значення ψ_z на опуклості (рис. 1.13, б). У точці на середньому діаметрі нитки кут підйому матиме своє значення $\psi_{\text{серед}}$. Отже, значення кута λ має дорівнювати значенню кута $\psi_{\text{серед}}$ (рис. 1.14, б). Якщо значення λ дорівнює нулю, то значення інших геометричних параметрів інструменту для нарізання різьби залежатиме від значення кута підйому. У внутрішніх точках а і б що належать до виїмки, в виїмці, передні кути а і б за модулем дорівнюють значенню $\psi_{\text{вн}}$ (рис. 1.14, а). Для точок - с, d, що належать зовнішній поверхні виїмки, абсолютне значення їх переднього кута відповідає значенню ψ_z (рис. 1.14, а). При абсолютному значенні на лівій ріжучій кромці інструменту (точка с) отримуємо додатне значення

переднього кута, а на правій (точка d), протилежне – від’ємне значення. Відомо, що зменшення значення кута γ збільшує зусилля різання та погіршує утворення стружки. При цьому не можна ігнорувати зменшення ріжучого клина біля ріжучої кромки та можливе збільшення інтенсивності тепловіддачі зони різання.

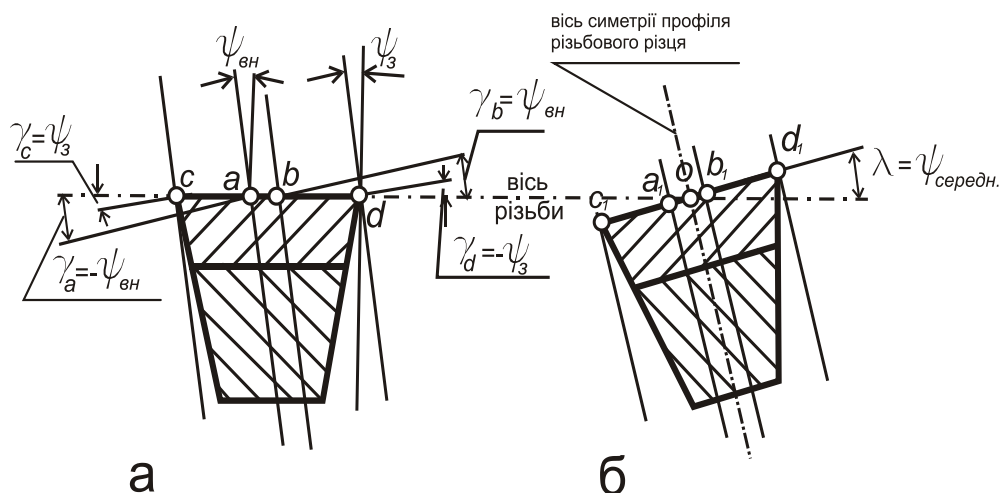


Рис. 1.14. Кути γ і λ інструмента в процесі нарізання різьби і залежність його встановлення: *a* — вісь симетрії профілю різця перпендикулярна до осі різьбової поверхні, *б* — вісь симетрії профілю різця нахилена до осі різьбової поверхні під кутом λ , яка дорівнює куту підйому нарізі по середньому діаметрі

$\psi_{\text{серед}}$

Сучасна техніка шліфування в основному базується на озброєних інструментах, в яких робочою частиною є твердосплавна ріжуча пластина, механічно прикріплена до корпусу інструменту. У більшості виробників різьбового інструменту затягування твердосплавних пластин забезпечує так звану базову пластину (рис. 1.15).



Рис. 1.15. Встановлення робочої різальної пластини на підкладну пластину

Основна плита виконує багато покладених на неї завдань, одне з яких полягає в забезпеченні кута нахилу, необхідного для розрізання дошки. Конструктивно це пов'язано з вибором фундаментної плити.

1.3.6 Аналіз формування замкової нарізі за допомогою гребінок

У навчальних та наукових літературах для гребінки рекомендується використовувати нульове значення переднього кута. У численних наукових публікаціях наводяться дані, що досліджують силу різання при різних оборотах гребінця і при різних значеннях передніх і кутів ріжучої крайки. Ситуація з кінчними замковими нитками використання гребінця має такі недоліки: - Універсальність інструменту була заперечена, оскільки для різних розмірів різьблення замка, наприклад, у його першому повороті, виробляються різні значення кута підйому спіралі;

- всі ріжучі кромки працюють в різних умовах, кожне коло стружки має свій підйом, а гребінка має загальний кут нахилу λ , загальний для всіх кромки. На рисунку 1.17 показана схема кріплення ріжучої кромки гребінця ABC під кутом λ . З рисунка видно, що тільки на витку А проекція ріжучої кромки перпендикулярна виткам насічки, оскільки в кінчній виїмці з однаковим кроком витки В і С мають різні значення підйому;

- ріжуча кромка з переднім кутом нульового значення і заданим значенням кута нахилу λ (рис. 1.17) не проходить вісь щілини і створює розкриту згортку згідно з розділом 1.3.3 замість замкнутої спіралі Архімеда.

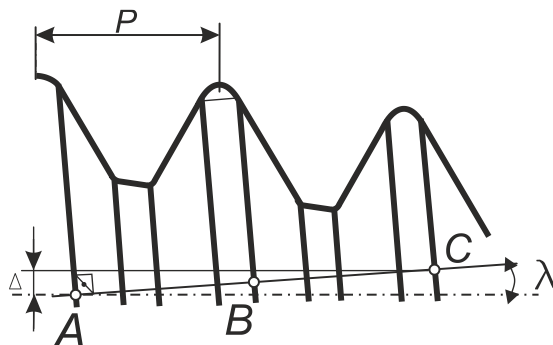


Рис. 1.17. Схема різальної частини нарізевої гребінки

Значення λ і відстані між точками ріжучих кромek величина відхилення в осьовому перерізі кінцевого гвинтового гвинта буде відрізнятися від значення, зазначеного на діаграмі Архімеда. Наприклад, точка В знаходиться на відстані P від точки А, а точка С знаходиться на відстані $2P$ від точки А. Тому похибка кута профілю різьби α , утвореного точкою С, буде більшою, ніж похибка, утвореної точкою В, де відхилення по вертикалі Δ є більш важливим.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ

Арк.

33

2 РОЗВИТОК МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОФІЛЮ РІЗАЛЬНОЇ КРАЙКИ НАРІЗЕВОГО РІЗЦЯ У ФУНКЦІОНАЛЬНІЙ ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗНАЧЕНЬ СТАТИЧНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ВЕРШИНІ ЛЕЗА

З геометричної точки зору поверхня різьби складається з двох поверхонь, що утворюються під час руху лінійного відрізка ріжучої кромки інструменту, тобто по гвинтовій направляючій (рис. 1.7, а). В ідеалі отримана площина розрізу повинна лежати в площині, що проходить через вісь деталі. на рис. 2.1 Пряма лінія породжує АВ, осьова площина ЕМВА, що належить провідному конусу, відтворює ріжучу кромку, визначену точками 1 і 2. Тому ріжуча кромка інструменту, визначена точками 3, 2, 1, розташована в косій замкнутій спіралі (нитка Архімеда), профіль якої такий же, як і у різьби DAB.

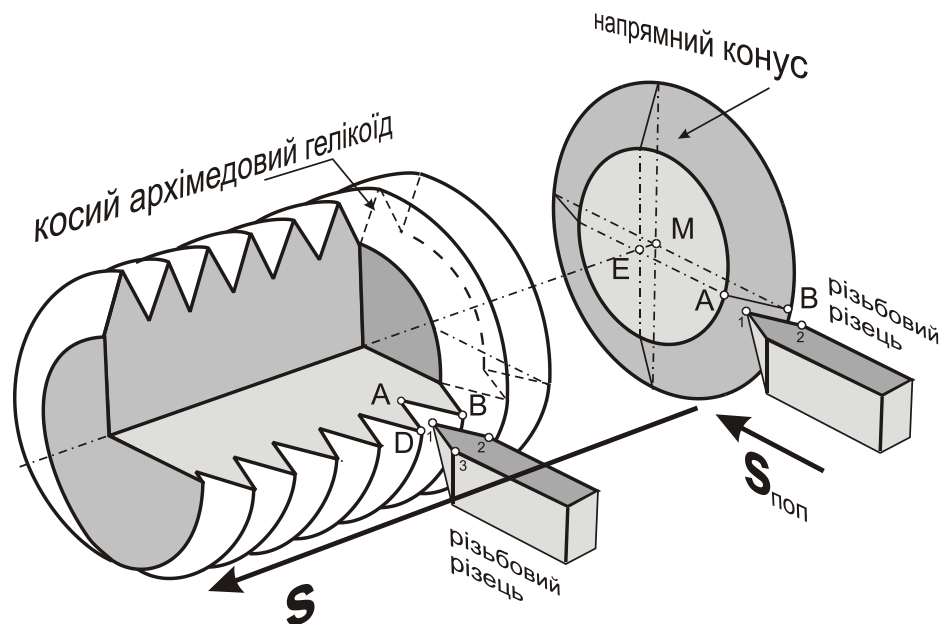


Рис. 2.1. Схема отримання косого закритого (архімедового) гелікоїд: S – повздовжня подача на оберт, $S_{\text{поп}}$ – поперечна подача врізання

У той же час нахилення передньої площини інструмента для нарізання різьби відносно осьової площини призводить до зміни форми отриманого профілю різьби. Основною причиною цього явища є зміна положення ріжучої грані, тобто якщо інструмент приймає ненульове значення кута переднього краю (рисунок 2.2), то пряма частина його ріжучої кромки визначається точкою Рисунки 1. і 3 не відтворюють пряму конусність АВ і утворюють іншу форму. Відрізок прямої лінії АС, що належить осьовій площині конуса ЕМВА і забезпечує згорнуту відкриту косу спіраль, а не стандартну закриту косу спіраль (спіраль Архімеда) (рис. 2.1).

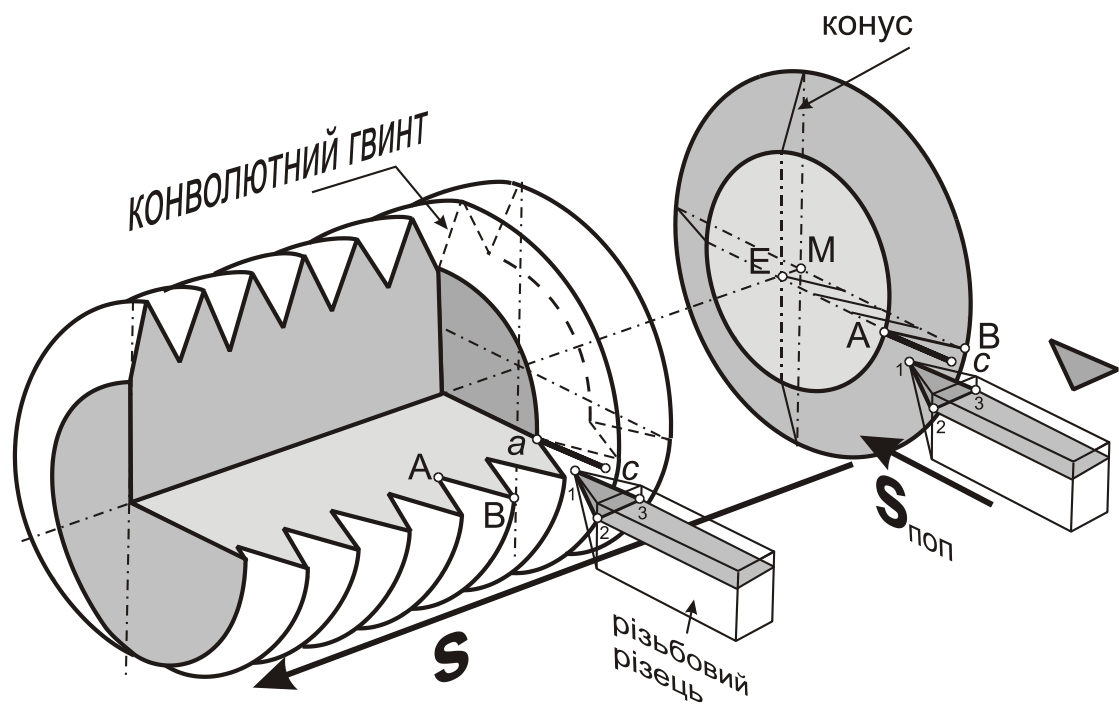


Рис. 2.2. Схема отримання відкритої конволютної гвинтової поверхні: S – повздовжня подача на оберт, $S_{\text{поп}}$ – поперечна подача врізання

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ

Арк.

35

3 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТАТИЧНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЗЦЯ ТА ВІДХИЛІВ ЙОГО УСТАНОВЛЕННЯ ВІДНОСНО ОСІ ДЕТАЛІ НА ТОЧНІСТЬ ВИТОЧЕНОЇ КОНІЧНОЇ ЗАМКОВОЇ НАРІЗИ

Точність різьби впорядковують точністю здійснення трьох основних параметрів:

- 1) кута нахилу бічної сторони профілю;
- 2) середнього діаметру;
- 3) кроку.

Точність кута бокової частини профілю залежить від точності профілю кромки інструменту та точності інструменту.

Якщо ви використовуєте некоригований профіль інструменту з відмінними від нуля значеннями для передніх і ріжучих кутів, ви отримаєте некоригований середній діаметр радіального переміщення. Точність середнього діаметра залежить також від точності інструменту щодо осі деталі і кінематики верстата.

Точність кроку різання залежить від точності ріжучої кромки повнопрофільного інструменту, якщо мова йде про різання конусного замку інструментом з ненульовим кутом ріжучої кромки, а також відносної осі інструменту та кінематики.

Як відомо, існуючі методи пошуку профілів ріжучих кромок інструменту включають наступне:

1. Визначення поверхні деталі, тобто поверхні різання.
2. Ріжуча кромка інструменту визначається як перетин ріжучої поверхні та передньої грані інструменту, а це означає, що є дані для параметрів його положення – статичного переднього кута та кута ріжучої кромки.

На малюнку 3.1 показано складний креслення спіралі Архімеда, замкнутої косої спіралі, виготовленої з різьбового інструмента з нульовим переднім кутом і кутом ріжучої кромки у верхній частині інструмента

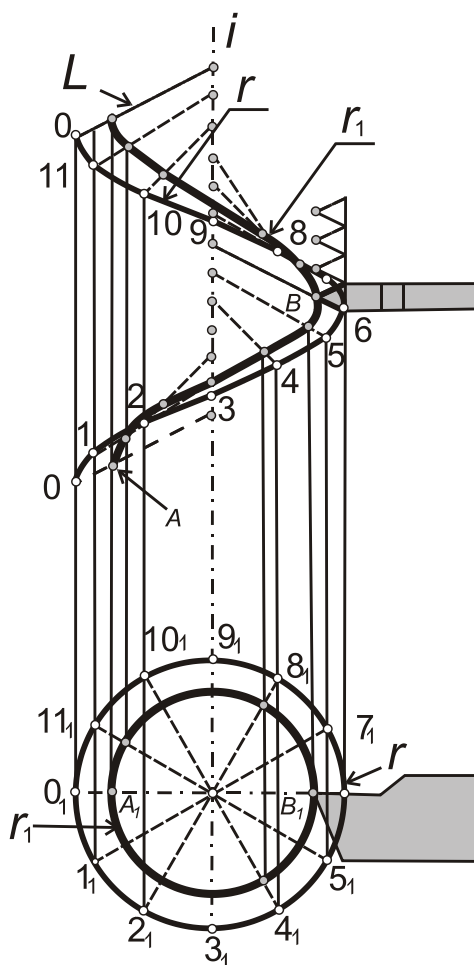


Рис. 3.1. Схема виконання різцем косою закритою гелікоїдою

На рис. 3.1 Символи позначають: r — внутрішня спіраль (направляюча торця гвинта), точка на ній розташована біля внутрішнього радіуса виїмки, r_1 — зовнішня Меліса, точка на ній розташована біля зовнішнього радіуса виїмки, L — спіральна поверхня (збігається з ріжучою кромкою).

На малюнку 3.2 зображено складну спіраль, тобто відкриту косу спіраль, виконану нарізним інструментом, де передній кут у вершині B не дорівнює нулю.

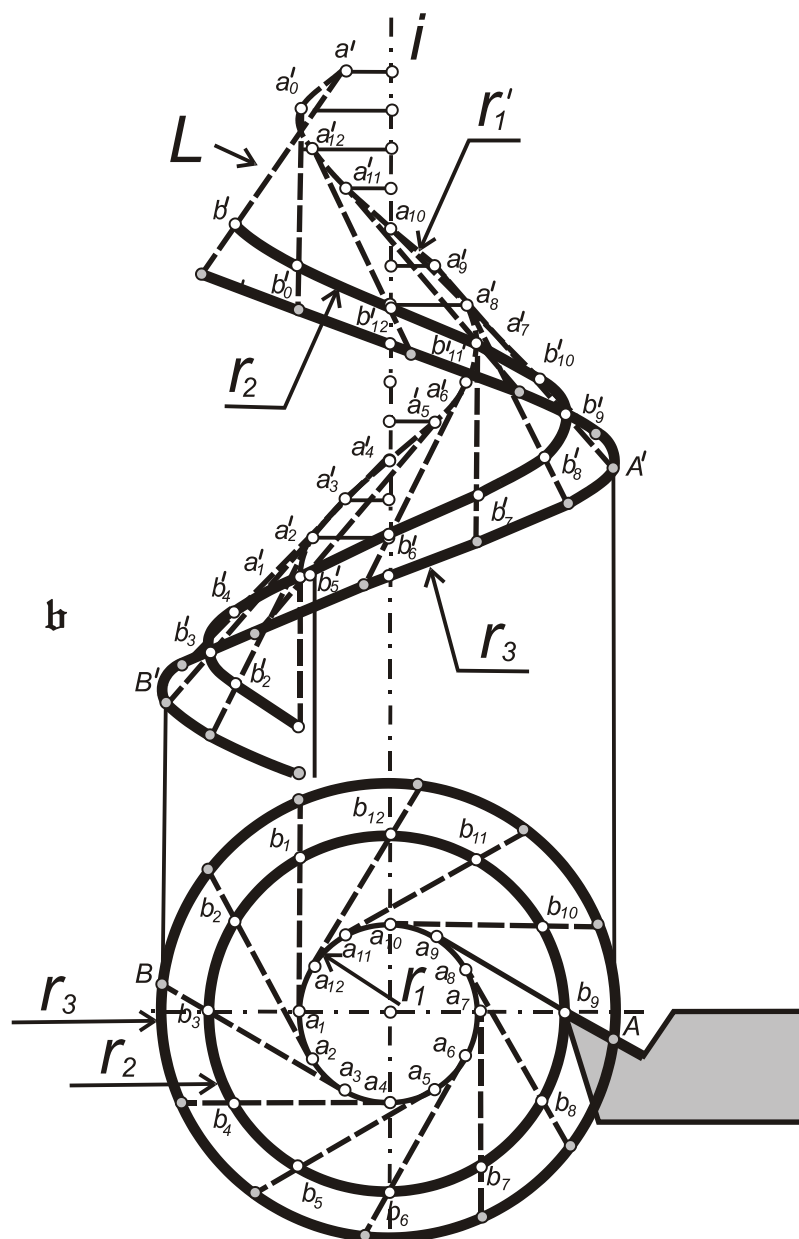


Рис. 3.2. Схема виконання різцем конволютного гелікоїда

Символи на схемі. 3.2: r_1 – радіус вихідного циліндра, r_2 – внутрішня спіраль (спіральна напрямна) з точкою, розташованою поблизу внутрішнього радіуса канавки, r_3 – зовнішня спіраль (спіральна напрямна) з точкою, розташованою поблизу зовнішнього радіуса канавки. паз, L є спіральним (збігається з ріжучою кромкою).

Згідно зі стандартом джерелом конструкції профілю фрези є спіраль Архімеда, оскільки ліва і права сторони її профілю є прямими лініями, і такі

розрізи називаються трикутниками. Отже, згідно з п.1 існуючого способу маємо оригінальну ріжучу поверхню – спіраль Архімеда. Осьовий профіль цієї поверхні описується рівнянням:

$$z = tg \frac{\alpha}{2} x$$

Кут $\alpha = 60^\circ$ – кут профілю трикутної різьби.

Згідно з пунктом 2 існуючого способу отримуємо гіперболічний профіль ріжучої кромки інструменту, але оскільки він замінюється прямою шляхом інтерполяції, цей прямий відрізок ріжучої кромки не є даною поверхнею спіралі Архімеда, але об'ємний добуток, що не відповідає пункту 1 методу.

Тому в теоретичному дослідженні вихідну поверхню деталі слід розглядати як поверхню відкритої гвинтової поверхні (обертового гвинта), а поверхню гвинта Архімеда — як єдиний випадок нульового кута: передня на верх і різання нахил кромки, а також нульове відхилення установки інструменту відносно осі ріжучої поверхні.

3.1 Вплив величини статичного переднього кута у вершині леза різця на профіль отриманої за його допомогою конічної замкової нарізі

Для визначення теоретичної невідповідності заданої різьби, яку утворює інструмент, ріжуча кромка якого не знаходиться в межах його осьового перерізу, необхідно знайти аналітичну залежність осьового перерізу спірального гвинта від величини переднього кута γ у верхній точці інструмента та діаметра нарізі і зреалізувати його аналітичне порівняння з формулою профілю заданої різьби.

Рисунок 3.3. показаний замковий профіль різьби в координатній площині ZOХ, де вісь системи координат Z збігається з віссю гвинта. Згідно з малюнком 3.2, значення r_1 представляє радіус головного циліндра, на якому розміщена

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 3.3 радіуси r_2 і r_3 позначено як r_{min} і r_{max} .

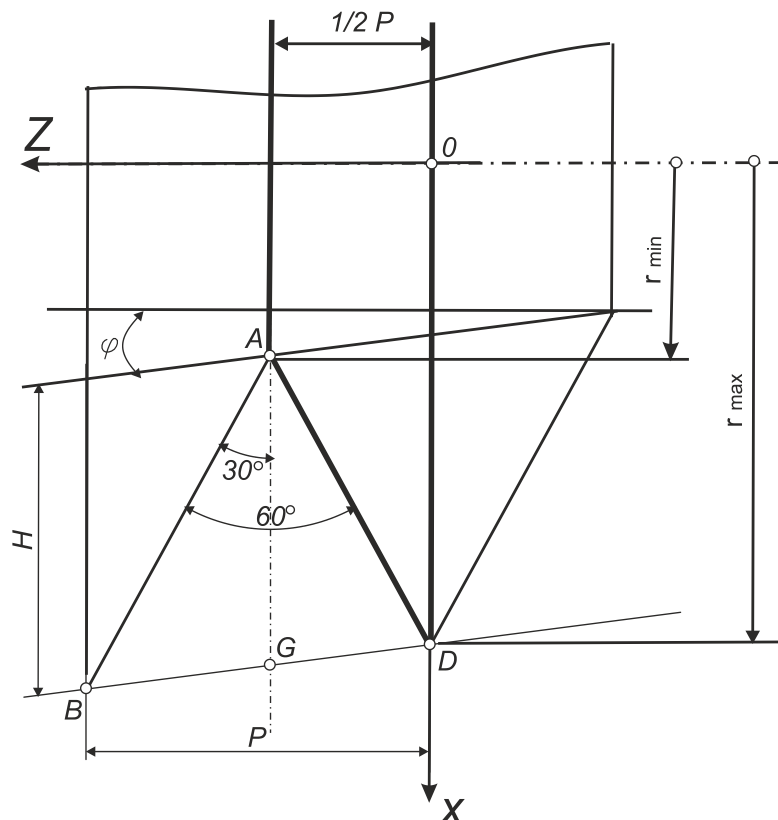


Рис. 3.3. Схема профілю замкової нарізі у координатній площині ZOX

На рис. 3.4 твірна L спіралі побудований в циліндричній системі координат. Площина XU перпендикулярна до осі Z , збігається з віссю розрізу і містить початок координат O .

Твірна L цього конволютного гвинта перетинає вісь X в точці A і нахилена до площини XU на кут $\alpha l/2$ (рисунок 3.4). Проекцією генератора L на координатну площину XU є пряма M_1M_2 . AB лежить на твірній L і є різальна кромка різця. Площина яка дана трикутником ABM_2 являється паралельним до осі Z , його довжина $|BM_2|$ визначає аплікату точки B . Відрізок AM_2 є проекція різальної кромки AB на площину XU .

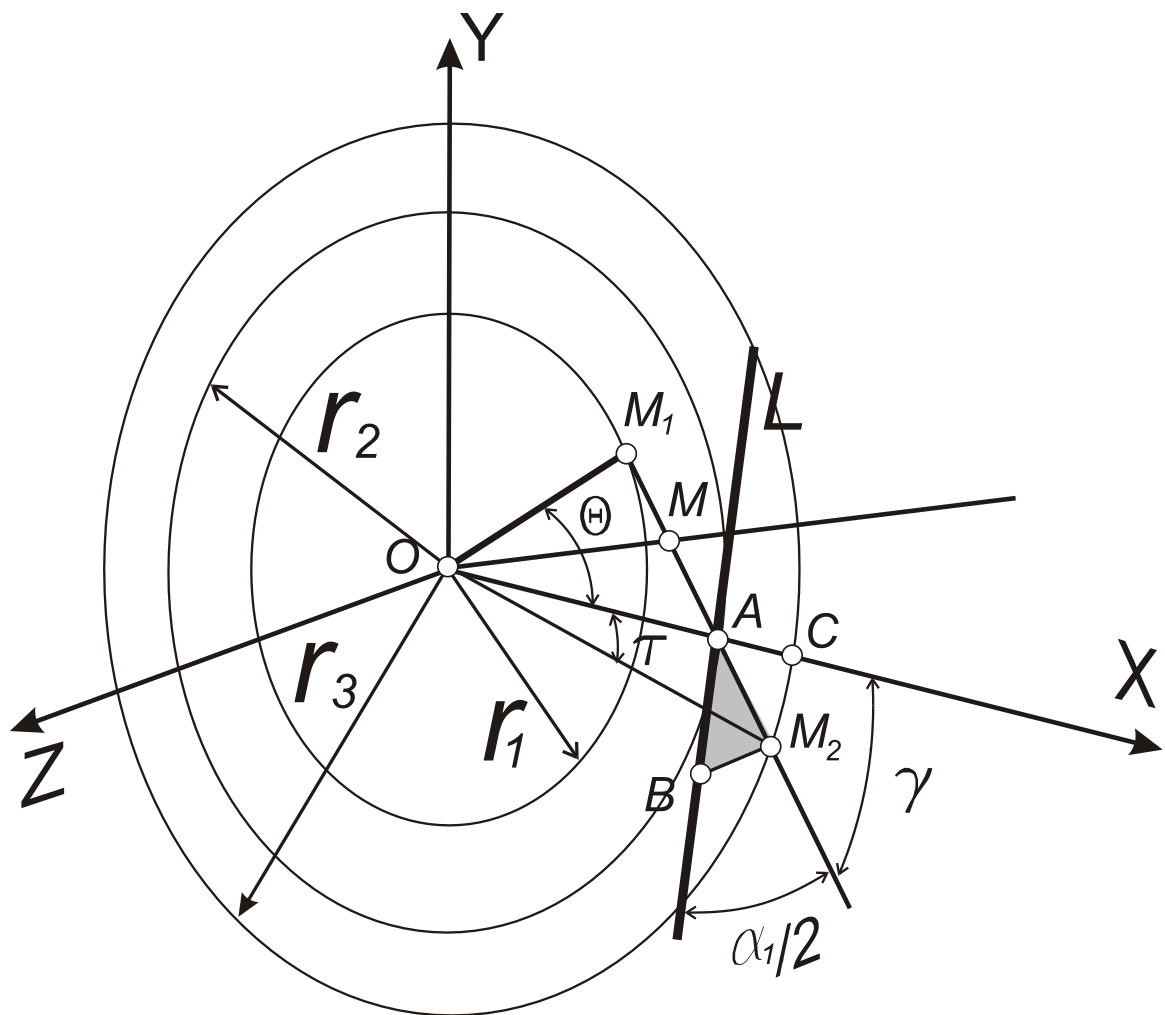


Рис. 3.4 Схема розміщення передньої поверхні нарізевого різця у
циліндричних координатах

Щоб знайти аналітичний опис гвинтової конволютної поверхні треба застосувати методику, запропоновану В. С. Люкшином

1. Твірна L задана системою рівнянь у циліндричній координаті:

$$\begin{cases} \rho = f(\tau); \\ Z = F(\tau); \end{cases}$$

рівняння осьового перерізу конволютної гвинтової поверхні:

$$Z(x) = \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)x \frac{\sin \tau}{\sin \gamma} - \frac{P}{2\pi} \tau$$

тут:

τ – одна із криволінійних координат різальної крайки, яка рішається за формулою

$$\tau = \gamma - \arcsin\left(\frac{r_2 \sin \gamma}{x}\right);$$

P – крок ;

γ – передній кут;

α_1 – кут між правою та лівою прямолінійними ділянками різальної кромки різця у площині його передньої поверхні:

$$\frac{\alpha_1}{2} = \arctg\left(\frac{P + \Delta_{\max} - \Delta_{\min}}{2H}\right),$$

тут:

H – висота вихідного профілю різьби;

$\Delta_{\max}$ – максимальне відхилення гіперболи від твірної конуса за формулою (2.6);

$\Delta_{\min}$ – мінімальне відхилення гіперболи від твірної конуса.

Получимо рівняння для визначення максимальне та мінімальне значення відхилень гіперболи від твірної конуса:

$$\Delta_{\max} = \frac{r_{\min}^2 \sin^2 \gamma}{1 + \cos \gamma};$$

$$\Delta_{\min} = \frac{r_{\min}^2 \sin^2 \gamma}{r_{\max} + \sqrt{r_{\max}^2 - (r_{\min} \sin \gamma)^2}},$$

тут: $r_{\min}$ і $r_{\max}$ внутрішній і зовнішній радіуси трикутної нарізі (рис. 3.3).

3.2 Вплив величини кута нахилу різальної крайки нарізеного різця на профіль отриманої з його допомогою гвинтової конволюотної поверхні

На малюнку 1.12 зображено принципову схему взаємного розміщення ріжучої грані та ріжучої пластини зі скошеною твердосплавною ріжучою пластиною. На рисунку показано, що ліва ріжуча кромка AB і права CD не знаходяться в площині, що проходить через вісь різьби.

Кут підйому витка в різьбі не є постійна величина, бо він змінюється від максимального значення $\psi_{\text{вн}}$ при впадині поверхні до мінімального значення ψ_z на її виступі. У точці в діаметрі різьби кут підйому матиме деяке середнє значення $\psi_{\text{середн.}}$. Отже, значення кута λ має дорівнювати значенню кута $\psi_{\text{середн.}}$.

Рисунок 3.5 показано що за величиною кута нахилу ріжучої кромки ріжучого інструменту наведено алгоритмічне формулювання величини відхилення приймального контуру конволюотної поверхні від контуру різання, заданого стандартом. Схема встановлена в циліндричній системі координат. Вісь Z системи координат збігається з віссю гвинта. Значення r_1 являє собою радіус головного циліндра, де розташована гвинтова напрямна гвинта, а r_2 і r_3 - еквівалентні значення r_{min} і r_{max} у схемі конічної різьби на малюнку 3.3. Площина XU перпендикулярна до осі Z і містить початок координати O .

Твірна AB спіралі перетинає вісь X в точці A і нахилена до площини XU на кут $\alpha_1/2$. Проекцією отриманої AB на координатну площину XU є пряма AM , яка утворює з віссю X кут. Відрізок AB належить твірній і є лівою ріжучою кромкою інструменту. Права ріжуча кромка AD разом із правою - AB утворюють плоску передню поверхню інструменту BAD , виділену сірим кольором. Площина BAD нахилена під кутом до площини XZ .

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

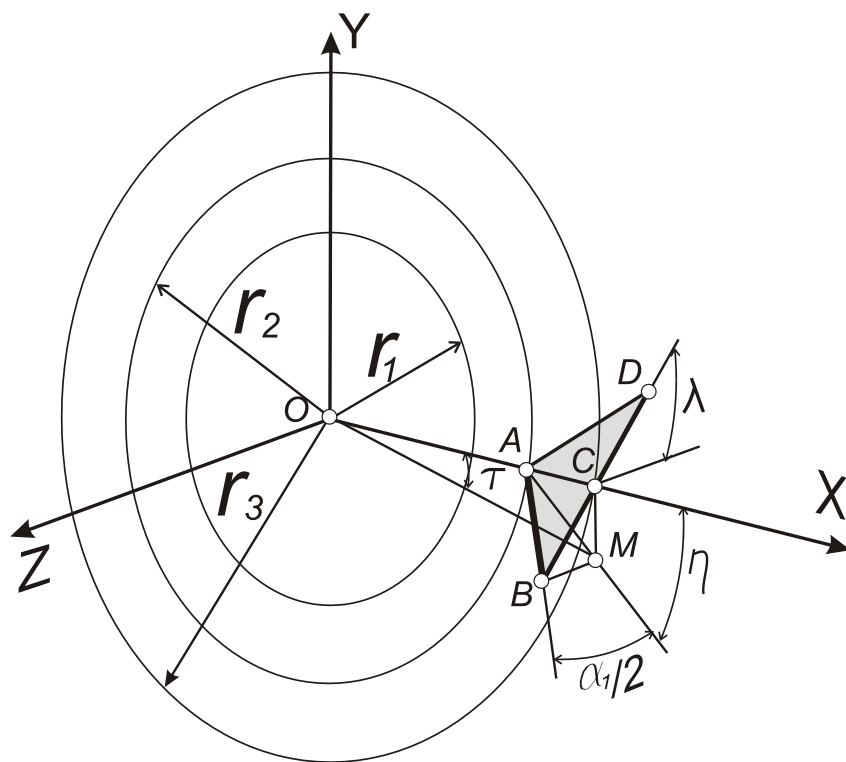


Рис. 3.5. Схема для розрахунку величини відхилення отриманого профілю конволютної поверхні від заданого профілю різьби.

В полярній координаті, котрі є частиною циліндричної системи, пряма AM дозволено задати кутом повороту τ довільної точки M , яка лежить на прямій навколо початку системи координат O , і є довжиною радіус-вектора OM .

В площині XZ так само до формули (3.16) отримаєм рівняння осового перерізу конволютної гвинтової поверхні

$$Z(x) = \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)x \frac{\sin \tau}{\sin \eta} - \frac{P}{2\pi} \tau \quad (3.17)$$

тут:

τ – одна з криволінійних координат різальної кромки, яка визначається за формулою:

$$\tau = \eta - \arcsin\left(\frac{r_2 \sin \eta}{x}\right) \quad (3.18)$$

P – крок різьби;

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} = \frac{P \cos \lambda \cos \eta}{2H} = \frac{P \cos \lambda}{2H} \cos \left[\operatorname{arctg} \frac{P \sin \lambda}{2H} \right]; \quad (3.20)$$

Получені аналітичні залежності (3.17) – (3.20) показують осьовий переріз конволютної гвинової поверхні, котру отримано різцем із ненульовим значенням кута нахилу різальної кромки.

Получені залежності (3.17) – (3.20) за умовою нульового значення кута λ показує профіль архімедового гвинта за рівнянням (3.1).

В окремих випадках ненульового значення кута нахилу різальної кромки λ кут нахилу бічної сторони профілю $\alpha_1/2$ не співвідноситься номінальному значенню $\alpha/2=30^\circ$ [30, 34, 171], і може вирішитись за формулою (3.20).

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ВПЛИВ КУТА ПІДЙОМУ НАРІЗІ НА ТЕХНОЛОГІЮ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНІЧНОЇ ЗАМКОВОЇ НАРІЗІ

4.1 Визначення кута підйому конічної замкової нарізі

Кут підйому нарізі визначають як кут між проекцією дотичної до гвинтової лінії на осьову площину нарізі у певній її точці і перпендикуляром до осі нарізі у цій точці. Вказану точку вибирають із певних геометричних, кінематичних та технологічних міркувань.

З геометричних міркувань вказану точку можна вибирати як одну із нескінченної множини точок на поверхні нарізі, проте єдиним параметром, який впливатиме на значення кута підйому є її відстань від осі нарізі. Наприклад для точки М – це відстань r_M є значно меншою ніж для точки Е – r_E (рис 4.1).

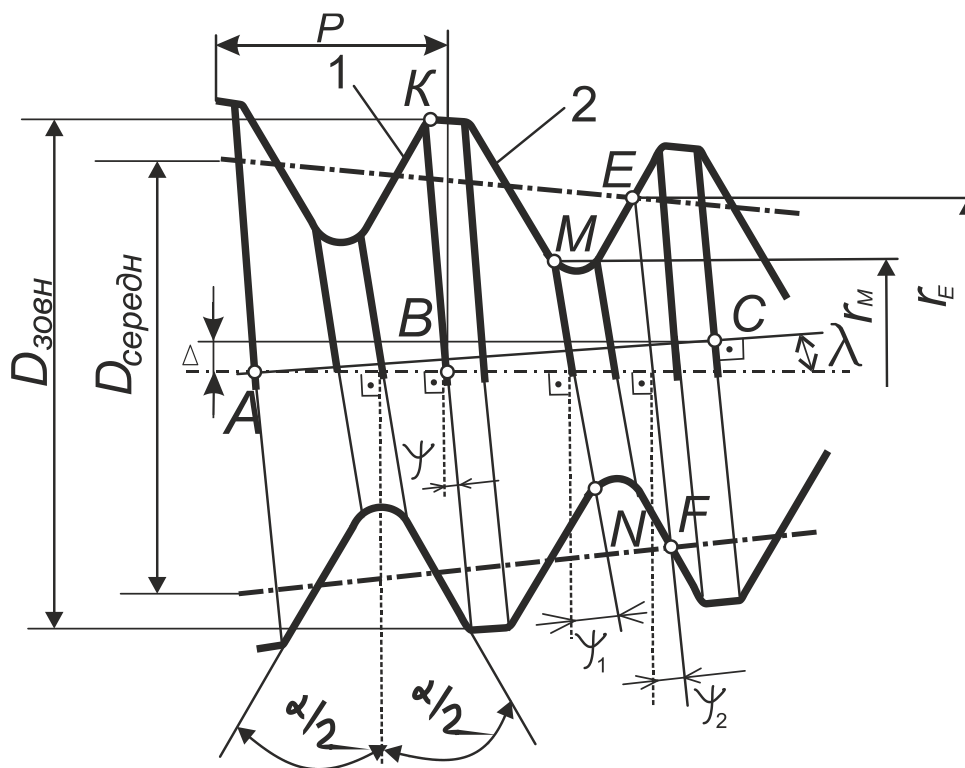


Рис. 4.1 Схема розміщення кута підйому нарізі: 1- менший бічний профіль, 2- більший бічний профіль.

Вказаний параметр є визначальним для величини кута підйому нарізі оскільки включений у формулу (4.1) []:

$$\psi = \arctg\left(\frac{P}{2D\pi}\right), \quad (4.1)$$

де P – крок є сталою величиною, D – діаметр (подвійна відстань від вибраної точки до осі).

Оскільки діаметр для конічних нарізів є змінною величиною, то опираючись на кінематику руху довільної точки M уздовж конічної гвинтової лінії із постійним кроком отримано формула розрахунку кута підйому нарізі (рис.4.2) [2]:

$$\theta = \arctg \frac{P}{\sqrt{(P \cdot \operatorname{tg}(\varphi))^2 + \pi^2 (2r(h) + 2a \cdot \operatorname{tg}(\varphi))^2}}, \quad (4.2)$$

де h - осьова відстань від проєкції точки M на вісь до більшої основи конуса, φ – кут конусності нарізі, $r(h)$ - відстань від довільної точки M до осі:

$$r(h) = R - h \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad (4.3)$$

де R - радіус більшої основи конуса.

У разі переміщення довільної точки M від меншої з радіусом r основи конуса до більшої, то формула (4.3) набуде такого вигляду:

$$r(h) = r + h \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad (4.4)$$

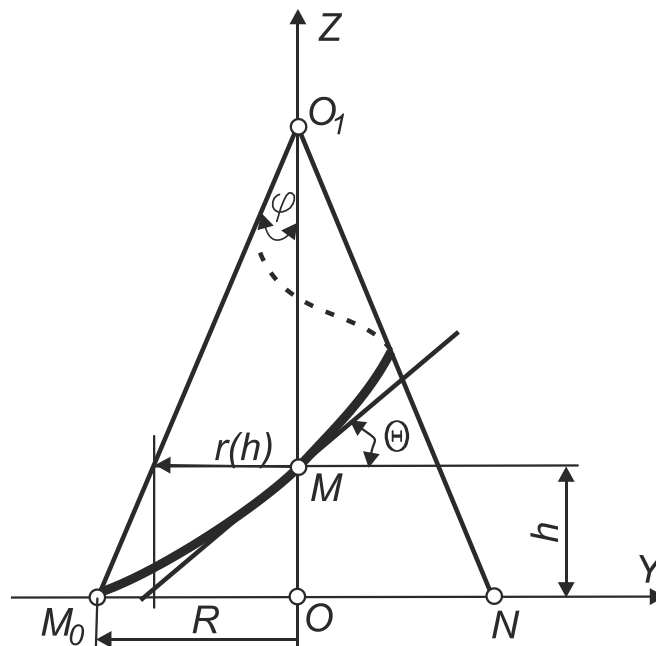
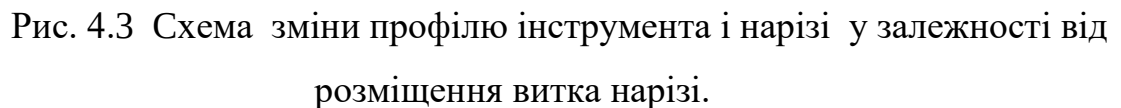


Рис. 4.2 Фронтальна проєкція конічної гвинтової лінії зі сталим кроком

$$tg \frac{\alpha_1}{2} = \frac{P \cos \lambda \cos \eta}{2H} = \frac{P \cos \lambda}{2H} \cos \left[\arctg \frac{P \sin \lambda}{2H} \right] \quad (4.5)$$


4.2 Визначення впливу кута нахилу різальної крайки багатониткового різця на точність профілю конічної замкової нарізі

В разі застосування інструментів типу гребінок чи різців із багатонитковими різальними пластинами виникає потреба геометричного та технологічного аналізу впливу кута нахилу різальної крайки на точність отриманої нарізі. Ця потреба продиктована перш за все збільшеною довжиною різальної крайки у 2 і більше разів.

4.2.1 Геометричний аналіз впливу кута нахилу різальної крайки багатониткового різця на точність профілю конічної замкової нарізі

Збільшення у двічі різальної крайки призводить до збільшеного у двічі відхилення установлення різця відносно осі нарізі Δ (рис.4.1). Величина цього відхилення залежить від кута нахилу крайки λ , кроку P і кількості витків n (кількості ниток профілю на яку призначено різальний інструмент):

$$\Delta = tg(nP) \quad (4.6)$$

Отримане значення відхилення фактично призводить до зміни профілю отриманої нарізі, оскільки створює гіперболічний характер більшої і меншої сторін отриманої нарізі [5].

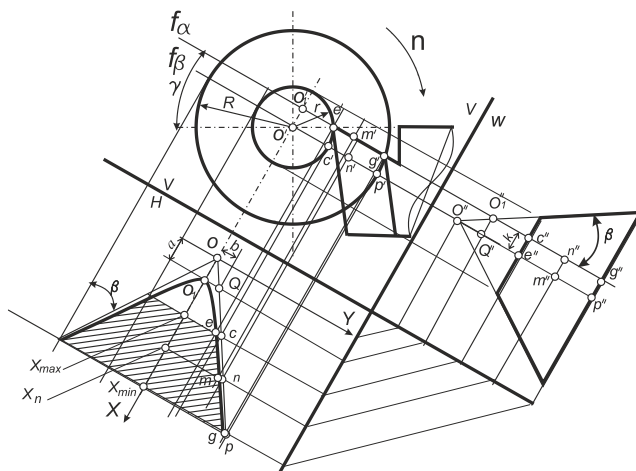


Рис. 4.4 Комплексний кресленик отримання перерізу з гіперболічним профілем при перетині конуса площиною, що не проходить через його вісь

Зі схеми 4.4 зрозуміло, що величина k є тотожною величині Δ з рисунку 4.3. Її визначено за рівнянням [5]:

$$k = r \sin \gamma \quad (4.7)$$

де γ – передній статичний кут у вершині нарізевого різця.

Вплив кута γ на точність профілю замкової нарізі описано формулою [6]:

$$Z(x) = tg\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) x \frac{\sin \tau}{\sin \gamma} - \frac{P}{2\pi} \tau \quad (4.8)$$

де:

τ – одна із криволінійних координат різальної крайки, що визначається за формулою

$$\tau = \gamma - \arcsin\left(\frac{r_2 \sin \gamma}{x}\right);$$

P – крок заданої нарізі;

γ – передній статичний кут у вершині нарізевого різця

α_1 – це кут між правою та лівою прямолінійними ділянками різальної крайки нарізевого різця у площині його передньої поверхні. Згідно із [7]:

$$\frac{\alpha_1}{2} = \arctg\left(\frac{P + \Delta_{\max} - \Delta_{\min}}{2H}\right), \quad (4.9)$$

де:

H – висота вихідного профілю нарізі згідно [8];

$\Delta_{\max}$ – найбільше відхилення гіперболи від твірної конуса за формулою

$$\Delta_{\max} = \frac{r_{\min}^2 \sin^2 \gamma}{1 + \cos \gamma}$$

$\Delta_{\min}$ – найменше відхилення гіперболи від твірної конуса за виразом

$$\Delta_{\min} = \frac{r_{\min}^2 \sin^2 \gamma}{r_{\max} + \sqrt{r_{\max}^2 - (r_{\min} \sin \gamma)^2}}$$

де $r_{\min}$ і $r_{\max}$ відповідно внутрішній (впадини нарізі) і зовнішній радіуси трикутної нарізі (гребінь нарізі).

На основі формул (4.6-4.7) можна отримати вираз для крайньої точки С на різальній крайці різального двониткового інструмента(рис.4.1):

$$tg(\lambda)nP = r \sin \gamma \quad (4.10)$$

і далі визначити величину статичного переднього кута γ у точці С (рис.4.1, рис. 4.4):

$$\gamma = \arcsin \frac{tg(\lambda)nP}{r} \quad (4.11)$$

Де r – теоретична величина, яка відноситься до мінімального радіуса нарізі. За стандартом [8] можна визначити цей радіус як відстань від осі нарізі до точок вихідного трикутника В, D і т.д (рис.4.5). Тобто r можна визначити за формулою:

$$r = \frac{D}{2} - h_1 - f \quad (4.12)$$

де:

D – зовнішній діаметр (діаметр гребеня) – змінна величина:

$$D = d_3 + l \cdot tg(\varphi)$$

де d_3 – діаметр меншої основи конуса (по зовнішньому діаметру нарізі);

l – відстань від меншої основи конуса до вказаної точки;

φ – кут конуса нарізі;

f – зріз впадини вершини;

h_1 – висота профіля нарізі.

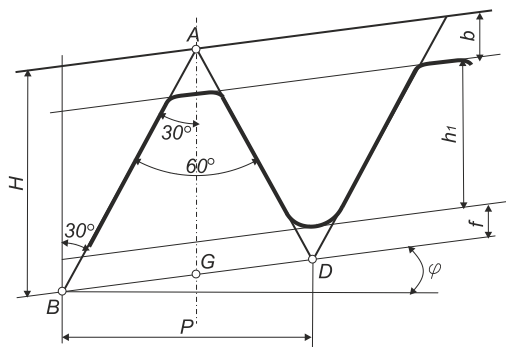


Рис. 4.5. Схема профілю замкової нарізі згідно із стандартом
ГОСТ 28487–90

4.3 Автоматизований розрахунок впливу кута нахилу різальної крайки багатониткового різця на точність профілю конічної замкової нарізі

На основі алгоритму (4.8 - 4.9) існує візуальна прикладна програма [9], що дозволяє автоматично розраховувати координати профілю отриманої замкової нарізі у залежності від кута нахилу різальної крайки λ та переднього статичного кута γ .

вибір розміру замкової нарізі

по ГОСТ по API 7

☒ 3-65 аналог NC-23
☐ 3-66 аналог 2 3/8 Reg
☐ 3-73 аналог NC-26 (2 3/8 IF)
☐ 3-76 аналог 2 7/8 Reg
☐ 3-86 аналог NC-31
☐ 3-88 аналог 3 1/2 Reg
☐ 3-94 аналог NC-35
☐ 3-101 аналог 3 1/2 FN
☐ 3-102 аналог NC-38 (3 1/2 IF)
☐ 3-108 аналог NC-40 (4FN)
☐ 3-117 аналог 4 1/2 Reg
☐ 3-118 аналог NC-44
☐ 3-121 аналог 4 1/2 FH
☐ 3-122 аналог NC-46 (4FN)
☐ 3-133 аналог NC-50 (4 1/2 IF)
☐ 3-140 аналог 5 1/2 Reg
☐ 3-147 аналог 5 1/2 FH
☐ 3-149 аналог NC-56
☐ 3-152 аналог 6 5/8 Reg
☐ 3-161
☐ 3-163 аналог NC-61
☐ 3-171 аналог 6 5/8 FH
☐ 3-177 аналог 7 5/8 Reg
☐ 3-185 аналог NC-70
☐ 3-189
☐ 3-201 аналог 8 5/8 Reg
☐ 3-203 аналог NC-77

d1
діаметр більшої основи конуса, мм
65,100

d3
діаметр меншої основи конуса, мм
52,430

ln-15,875
довжина нарізі конуса, мм
60,125

параметри профілю нарізі за ГОСТ 28467-90

форма профілю конусність замкової нарізі
☐ I ☐ 1:4
☐ II ☒ 1:6
☐ III
☐ IV
☐ V

кількість кроків на дюйм 4

P крок, мм 6,350

φ кут нахилу нарізі, град 4,763

H висота вихідного трикутника, мм 5,487

h1 висота профілю нарізі, мм 3,095

h робоча висота профілю нарізі, мм 2,633

b зріз вершини нарізі, мм 1,427

f зріз впадини нарізі, мм 0,965

a ширина площадки нарізі, мм 1,651

Рис. 4.6. Фрагмент прикладної програми із автоматичним вибором параметрів замкової нарізі 3-65 (NC-23).

Вказана прикладна програма містить опцію автоматичного розрахунку кута підйому гвинтової лінії (рис.4.7).

внесення даних до розрахунку профілю

передній кут у точці A 0,1 град

кут підйому в робочій площині 2,610 град

відстань від торця до даного витка 0 мм

розрахунок кута підйому

Рис. 4.7. Фрагмент прикладної програми із автоматичним розрахунком кута підйому гвинтової лінії на першому витку замкової нарізі 3-65 (NC-23) (відстань від торця 1=0 (мм)).

За отриманого значення кута $\lambda=2,61^\circ$, який є максимальним для даного розміру нарізі і одночасно є максимальним для усіх замкових нарізей згідно до стандарту [8].

Таким чином параметр $n=2$, крок $P=6,35$ (мм), діаметр меншої основи конуса нарізі $d_3= 52,43$ (мм), кут нахилу (конусності) $\varphi=4,763^\circ$, відстань від меншої основи $l=0$ (мм), зріз впадини вершини $f= 0,965$ (мм), висота профіля нарізі $h_1=3,095$ (мм) (рис. 4.6).

Отже використовуючи вирази (4.11, 4.12) отримуємо значення переднього статичного кута γ у точці С, яка розміщена на два витки нарізі правіше від початкової точки А, що перебуває у осьовій площині нарізі: $\gamma=1,5^\circ$.

Рис. 4.8 Фрагмент прикладної програми із автоматичним розрахунком кута підйому гвинтової лінії на першому витку замкової нарізі 3-65 (NC-23) і відповідного йому встановленого переднього кута $\gamma=1,5^\circ$.

За таких значень автоматично отримано координати X , Z_2 точок прогнозованого профілю нарізі у околі точки С, а також стандартного профілю X , Z в околі точки А ($\gamma=0^\circ$, $\lambda=0^\circ$).

Z2 - нарізь отримано невідкоригованим різцем, виставленим під кутом підняття нарізі

Z3 - нарізь отримано невідкоригованим різцем, виставленим під кутом підняття нарізі і переднім кутом

передній кут = 1,5 град.

розрахований кут підняття нарізі = 2,610 град.

розрахований кут некоригованого профілю AD = град.

розрахований кут коригованого профілю AD = град.

кут профілю AD різальної кромки у площині передньої поверхні = 30,03395652771 град.

X	Z	Z1	Z2	Z-Z1	Z-Z1	Z-Z1	Z-Z1
22,160	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22,660	0,288	0,289	0,288	-0,001	-0,001	0,288	-
0,001							
23,160	0,576	0,577	0,575	-0,001	-0,002	0,576	-
0,002							
23,660	0,864	0,866	0,863	-0,002	-0,003	0,863	-
0,003							
24,160	1,150	1,150	1,150	-0,002	-0,004	1,150	-
0,004							
24,660	1,440	1,440	1,440	-0,003	-0,005	1,440	-
0,004							
25,160	1,730	1,730	1,730	-0,003	-0,005	1,730	-
0,005							
25,660	2,020	2,020	2,010	-0,003	-0,006	2,010	-
0,006							
26,160	2,310	2,310	2,300	-0,004	-0,007	2,300	-
0,007							
26,660	2,590	2,600	2,590	-0,004	-0,008	2,590	-
0,008							
27,160	2,880	2,890	2,880	-0,005	-0,009	2,880	-
0,008							
27,660	3,170	3,180	3,170	-0,005	-0,009	3,170	-
0,009							

крок ітерації по X

0,5

ОЧИСТИТИ ТАБЛИЦЮ

Рис. 4.9 Фрагмент прикладної програми із автоматичним розрахунком координат X , Z_2 точок профілю на першому витку замкової нарізі 3-65 (NC-23) за таких значень кута нахилу різальної крайки $\lambda=2,61^\circ$, і відповідного йому встановленого переднього кута $\gamma=1,5^\circ$.

Задля уточнення результатів розрахунку не має потреби застосувати дрібніший крок ітерації, оскільки при кроці 0,5 мм (рис.4.9) різниця між крайніми значеннями координати X , а саме $\Delta X=27,66-22,16=5,5$ (мм) фактично відповідає величині $H=5,487$ (мм) (рис. 4.8, рис. 4.9).

Отже отримано крайні значення по осі z : $Z_1=3,18$ мм, $Z_2=3,17$ мм, тож зміщення уздовж осі $\Delta z=0,1$ мм. Половинний кут прогнозованого і стандартного профілю $\alpha/2=30^\circ$ і α_s можна визначити користуючись схемою за рис. 4.10.

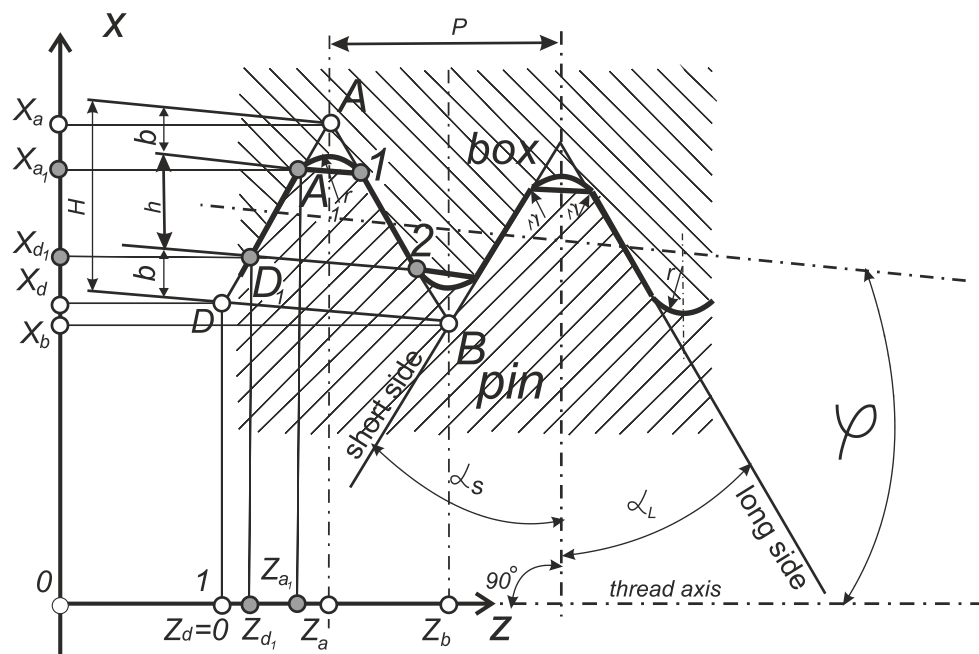


Рис. 4.10 Схема до розрахунку отриманого профілю замкової нарізі

$$\alpha_s = \arctg \frac{(z_a - z_d)}{(x_a - x_d)} = \arctg \frac{3,17 - 0}{5,487} = \arctg \frac{3,17}{5,487} = 30,016^\circ \quad (4.12)$$

Отже вказаний розрахунок свідчить про те що максимальний відхил від номіналу 30° піпрофільного кута прогнозованої нарізі становить $0,016^\circ$, що становить 3,2 відсотка віж допуску $0,5^\circ$. Отже двонитковий інструмент цілком відповідає задачі виготовлення замкових нарізей з точки зору точності нарізі [].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ

Арк.

55

5 КОНСТРУЮВАННЯ ДВОНІТКОВИХ РІЗАЛЬНИХ ПЛАСТИН ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ ЗАМКОВИХ НАРІЗЕЙ

5.1 Токарний верстат з ЧПК

Токарний верстат з ЧПК TL 1 вироблений фірмою HAAS із системою управління HAAS у 2006 році, укомплектований горизонтально розташованим шпинделем з максимальною частотою обертання 1800 об/хв та потужністю приводу 7,5 кВт. Особливості конструкції: чавунна станина повністю лита, герметична захисна огорожа повністю закрита, серводвигуни переходів по осях з прямою передачею моменту, сталеві загартовані підшипникові блоки напрямних, система автоматичного змащення направляючих та ШВП, ШВП з подвійним кріпленням та попередньо натягнутою гайкою. Обладнання повністю справне, у хорошому технічному стані. Повний пакет документів, включаючи інструкцію з експлуатації, надається. Максимальний діаметр точіння над супортом – 279 мм а над станиною – 508 мм.



Рис.5.1 - Універсальний токарний верстат з ЧПК

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Haas Automation є найбільшою в Америці верстатобудівною компанією, що випускає всю номенклатуру вертикальних та горизонтальних обробних центрів із ЧПК, токарних верстатів із ЧПК, поворотних продуктів. Сьогодні Haas виробляє чотири основні лінії продуктів: вертикальні обробні центри (VMC), горизонтальні обробні центри (HMC), токарні верстати з ЧПК та поворотні столи, а також великі п'ятиосьові та спеціалізовані верстати.

Токарні верстати Toolroom серії TL доступні, прості у використанні та пропонують контроль точності та гнучкість ЧПУ системи Haas. TL-1 простий у вивченні та керуванні навіть без знання G-коду. Він ідеально підходить для щойно утворених цехів або як перший крок освоєння ЧПУ обробки. Працює від однофазного чи трифазного джерела енергії. Доступна альтернатива звичайним токарним верстатам Включає систему діалогового програмування, не вимагає знання G-коду. Ідеально підходить для щойно утворених цехів або як перший крок освоєння ЧПУ обробки.

5.2 Вибір нарізального інструмента

Для оптимального вибору інструменту необхідно враховувати такі фактори:

1. Форма деталі
 2. Розташування інструменту у верстаті
 3. Тип металорізального верстата та умови різання
 4. Вимоги до формування та відведення стружки
 5. Напрямок різьблення
- Точення зовнішньої різьби

Державки для роботи в перевернутому положенні

Найчастіше виникають проблеми з евакуацією стружки, які можна вирішити, перевернувши інструмент вниз ріжучою пластиною, що істотно полегшить сходження стружки.

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Державки для роботи в перевернутому положенні спеціально розроблені для того, щоб уникнути застосування спеціальної оснастки для прив'язки вершини пластини по осі центрів верстата.



Традиційна державка
(праве виконання)

Перевернута державка
(праве виконання)

Рис.5.2-Різні виконання різців.

Найбільш поширена операція, що не є особливою складністю і не пред'являє високих вимог до інструменту для досягнення бажаних результатів.

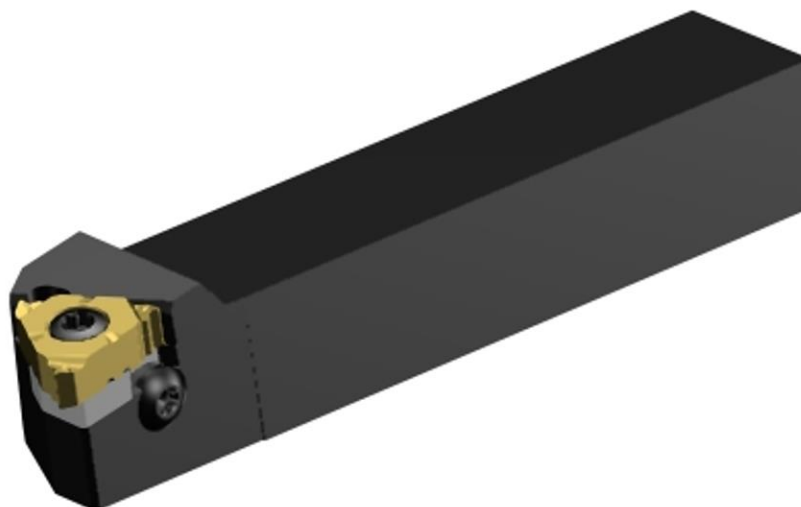


Рис.5.3-Інструмент для зовнішнього нарізання різьби

Точення внутрішньої різьби

Нарізання різьблення в отворі є набагато складнішою операцією, ніж зовнішня обробка різьблення. Це викликано переважно з характерною для таких операцій утрудненою евакуацією стружки.

Вирішити проблеми з евакуацією стружки, що часто виникають у глухих отворах, можна за рахунок застосування державки лівого виконання для нарізання правого різьблення і навпаки. Але це підвищує ризик усунення пластини в гнізді державки під впливом сил різання.



Рис.5.4-Інструмент для внутрішнього нарізання різьби

5.3 Вибір одноститкової та двониткової пластини.

Sandvik Coromant це шведська компанія яка являється виробництвом ріжучих інструментів. Визнаний світовий лідер у виробництві та постачанні високопродуктивного металорізального інструменту. По всьому світу в компанії Sandvik Coromant працюють понад 8000 осіб, з них 1800 на найбільшому заводі з виробництва твердосплавних пластин та корпусів інструменту у Гімо (Швеція). Компанія постачає широкий асортимент інструменту для точіння, фрезерування, свердління, різьбонарізання, а також сучасні системи модульного швидкозмінного оснащення. Асортимент продукції компанії Сандвік перевищує 25000 найменувань. У мережі на сайті Sandvik Coromant є безліч токарних, різьбонарізних, фрезерних, (також для обробки отворів і тд.) інструментів. В

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

нашому випадку потрібні двониткова і одностороння пластини котрі відсутні у світового постачальника інструментів. Sandvik Coromant пропонує продукти пластин для різця рис 5.5.

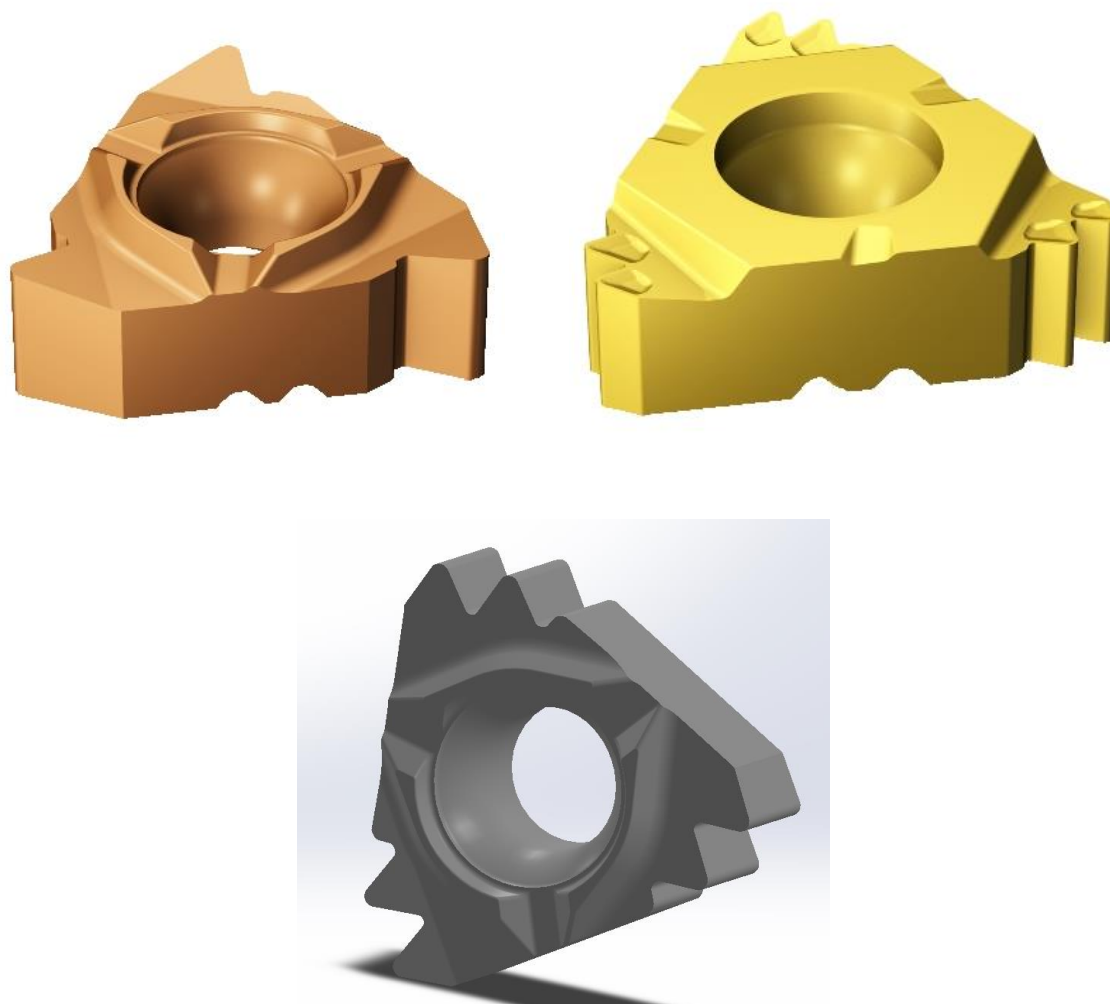


Рис.5.5 – Продукти які пропонує Sandvik Coromant
3D модель односторонньої та двониткової пластин.

На сайті доступно описано розміри і будову пластин для різця і його розміри рис.5.6.

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

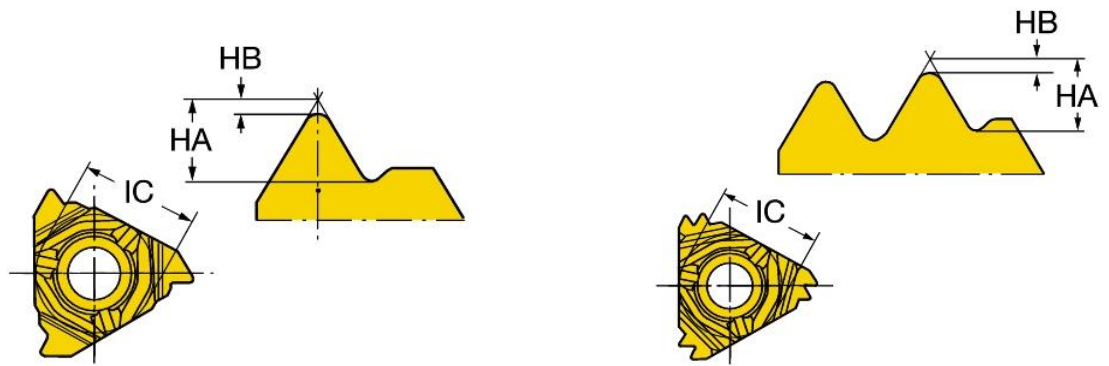


Рис 5.6 – Відмітки базових розмірів на пластинах.

Ці відмітки означають:

HB- різниця висоти різьби;

HA- теоретична висота різьби;

IC- діаметр вписаного кола

CF- довжина ефективної ріжучої кромки.

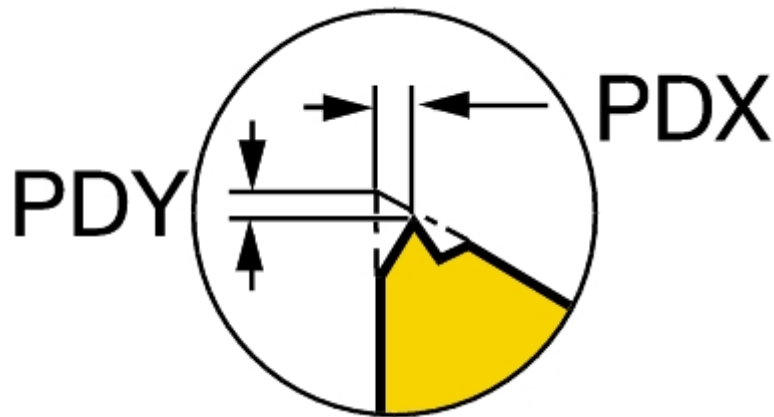


Рис5.7 – Довжина профіля по ех і еу

PDY- довжина профіля еу

PDX- довжина профіля ех

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ

Арк.

61

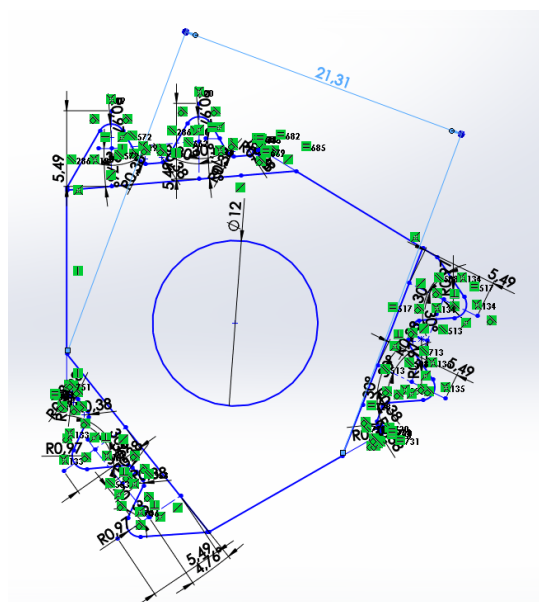
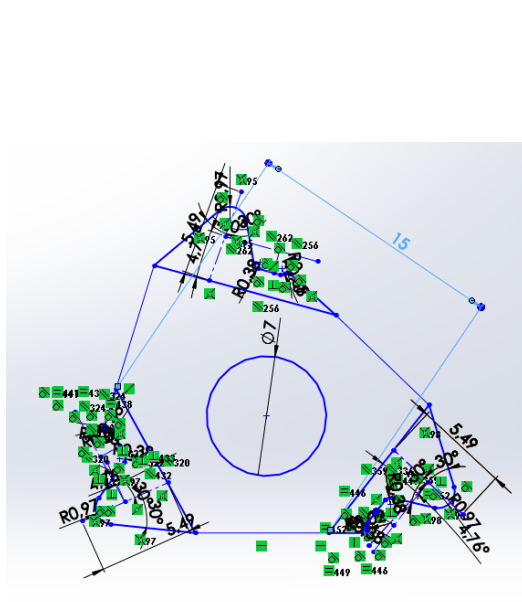
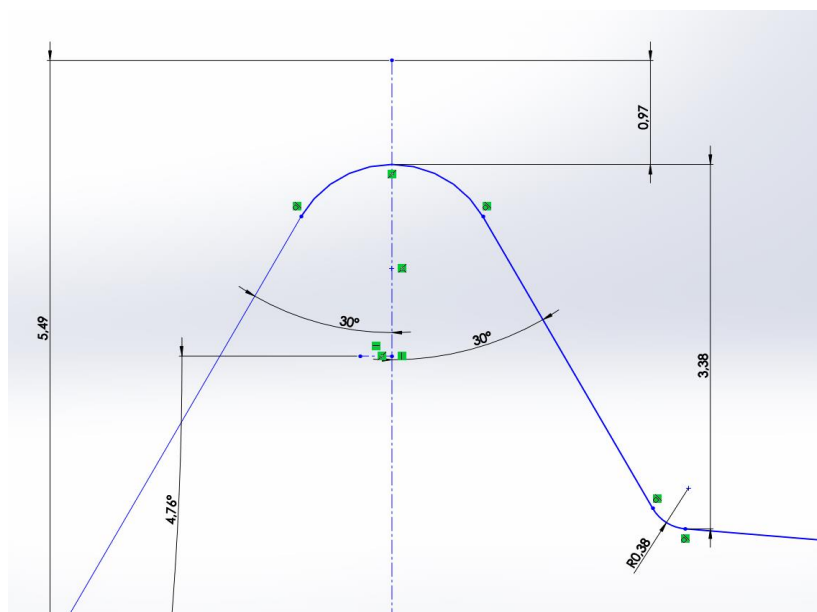
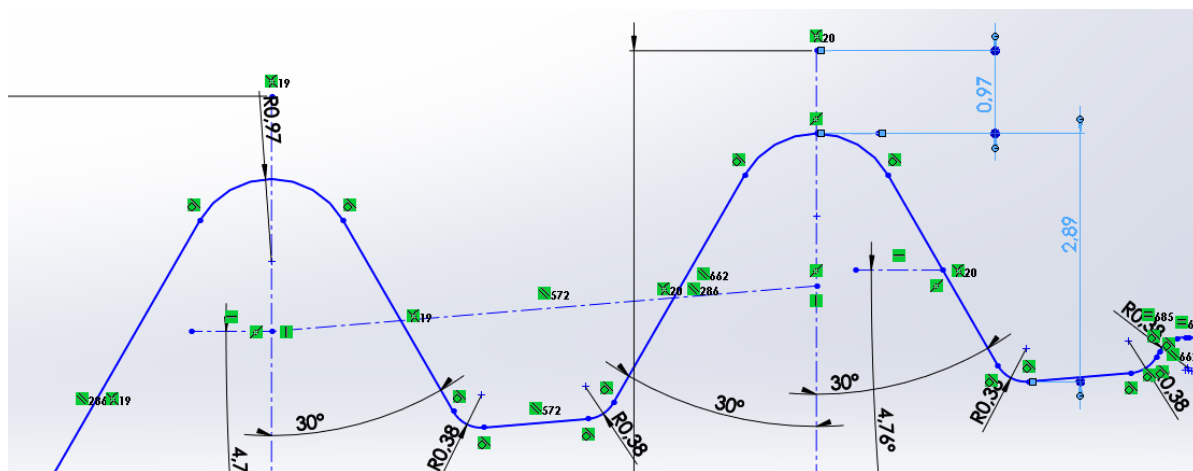


Рис 5.8 – Відмітки базових розмірів на пластинах.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ

Арк.

62

Також інструменти можна завантажити у вигляді 3D моделі. Але в нашому випадку на сайті відсутня потрібна нам двониткова і одностороння пластина для інструмента. Тому для досягнення потрібного нам профілю різьби ми спроектували 3D модель у середовищі Solidworks.

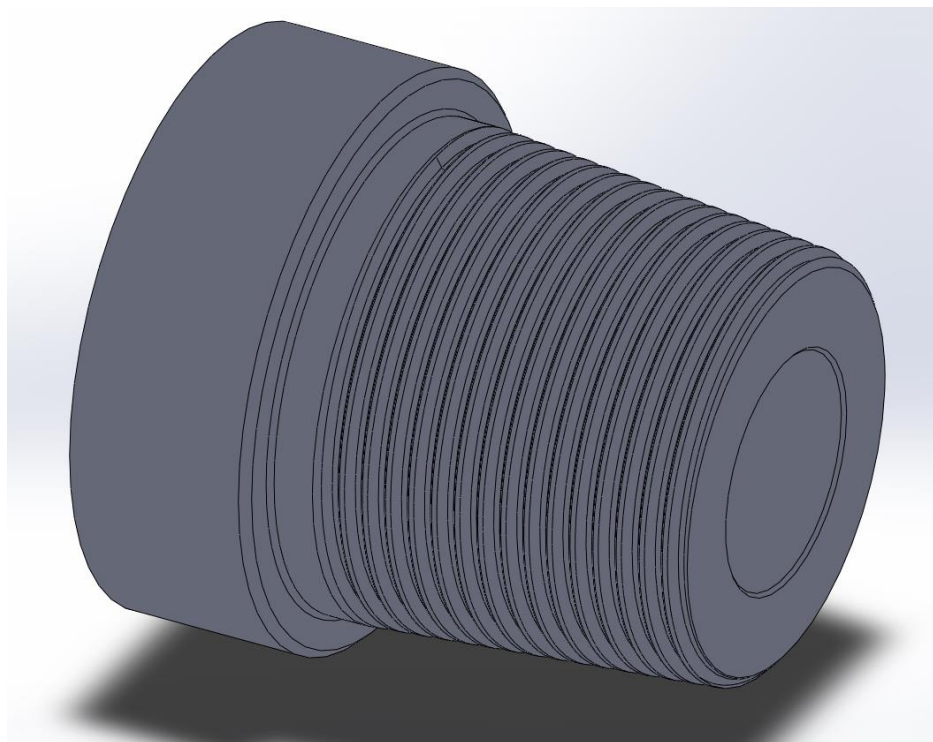


Рис.5.9 – 3D модель Ніпеля

Так як у нас на деталях (ніпель, муфта) різьба кінцева відповідно нам потрібно й пластини з кінцевим нарізевим профілем. На рисунку 5.10 зображено ніпель й пластини (двониткова й одностороння) котрі будуть виконувати нарізання потрібної нам кінцевої різьби вздовж осі деталі.

					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

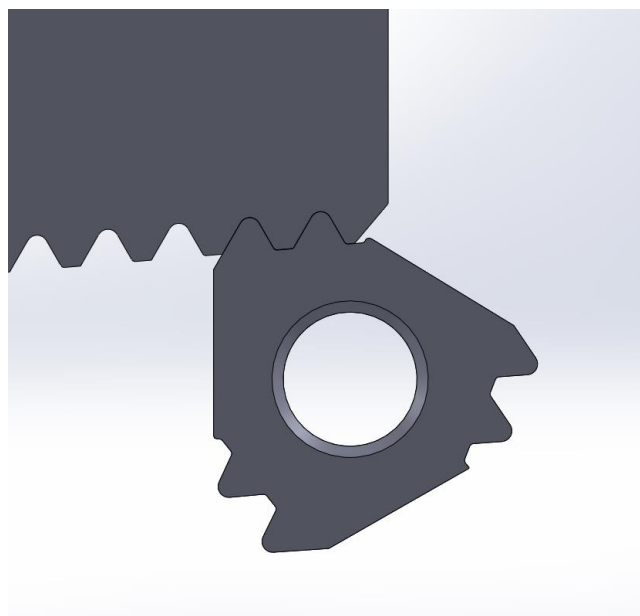
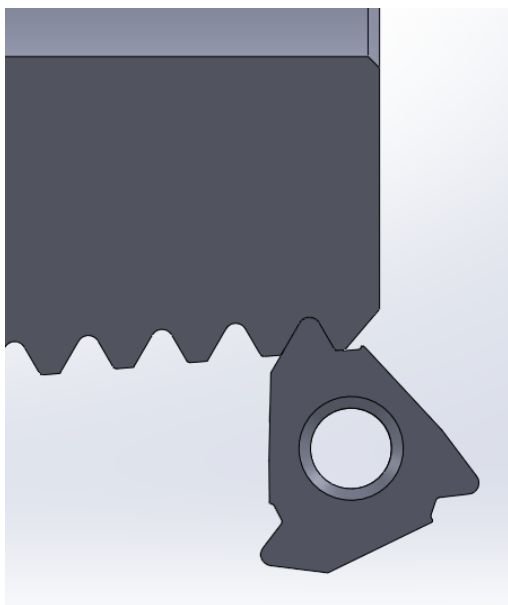


Рис 5.10 – Положення пластин на різьбі ніпеля.

Коли інструмент дійде до кінця нарізання різьби потрібно поступово зменшити швидкість обертання деталі на останні два витки нарізі для нормального виходу інструмента (рис.5.11.) але тоді треба узгодити поступове зменшення подачі і таке ж поступове зменшення частоти обертів тому що $S_{об}$ залишається той самий бо це довжина кроку (ми не маєм права змінювати крок P). Зменшуючи частоту ми уповільнюєм подачу.



Рис.5.11 – Вихід пластини

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ

Арк.

64

Детальніше рух пластини можна зобразити так: різець входить в деталь рис. 5.12 і нарізає різьбу вздовж осі деталі ці заходи пластина має зробити багато.

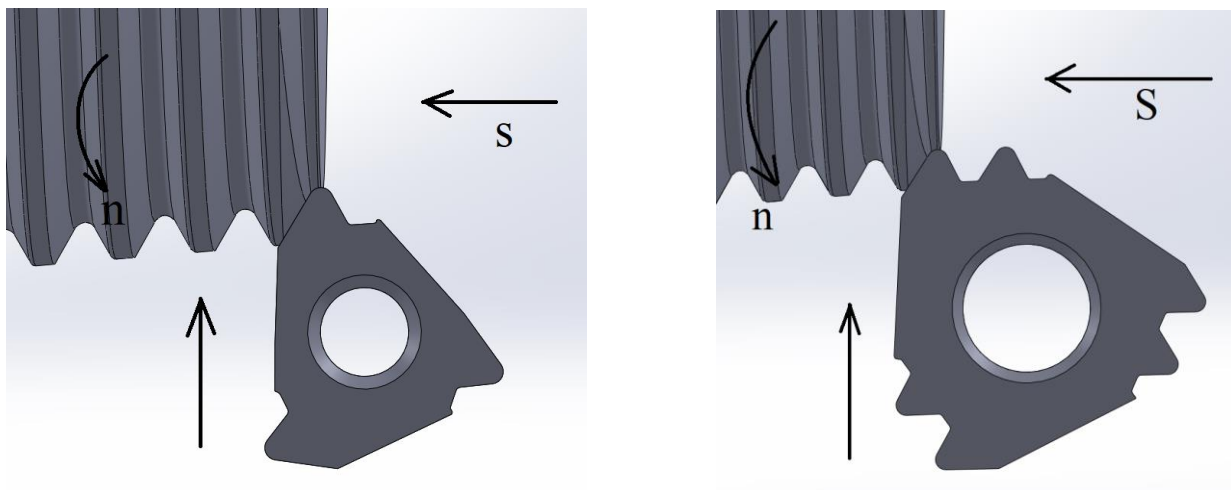


Рис. 5.12 - Вхід одностороннього і двостороннього пластин

Для повного виходу інструменту потрібно цілком зупинити деталь обертання до місця де пластина буде закінчувати заходи і після того різець відводиться із зони різання.

Більш нормально коли ми даємо можливість здійснити рух подачі одночасно з поперечною до себе і здійснюючи ще повздовжню подачу але при тому йде поперечна подача і вона така сильна що один обертний рух до себе такий що вже пів глибини глибини витка або навіть ще менше ніж половина витка рис.5.13.

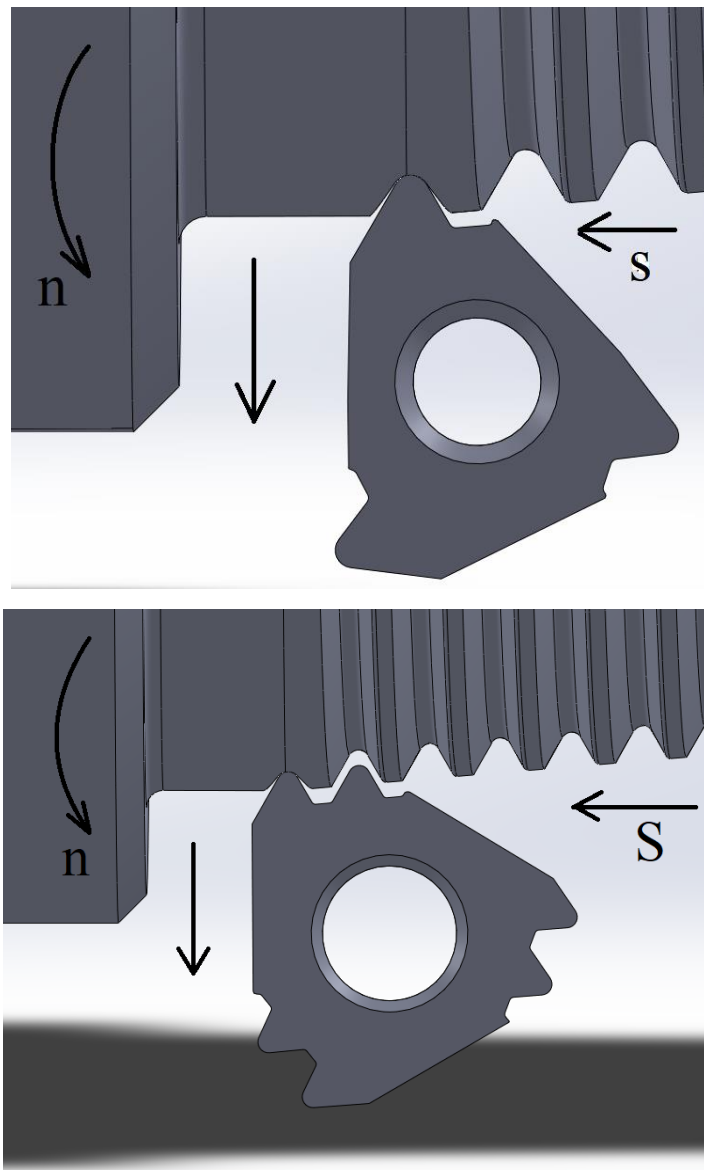


Рис. 5.13 – Вихід одониткового і двохниткового пластин.

Поки різець їде по S він здійснює прискорену поперечну подачу, ще робить невеликий виток не на повну глибину і відходить звідти щоб не зачепити уступ, після того він робить реверс і заходить на наступні заходи і ці заходи пластина має зробити багато а останній прохід буде на повну глибину але тільки до останнього повного зуба.

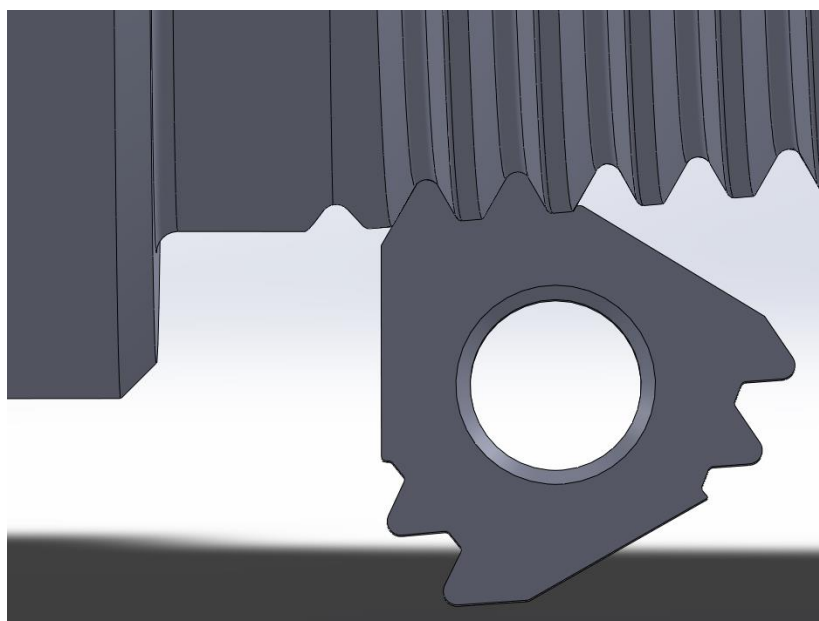
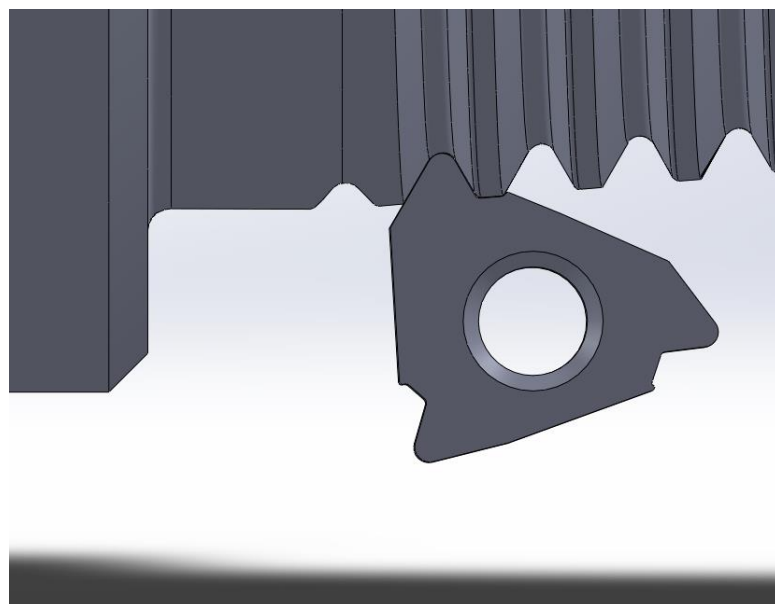
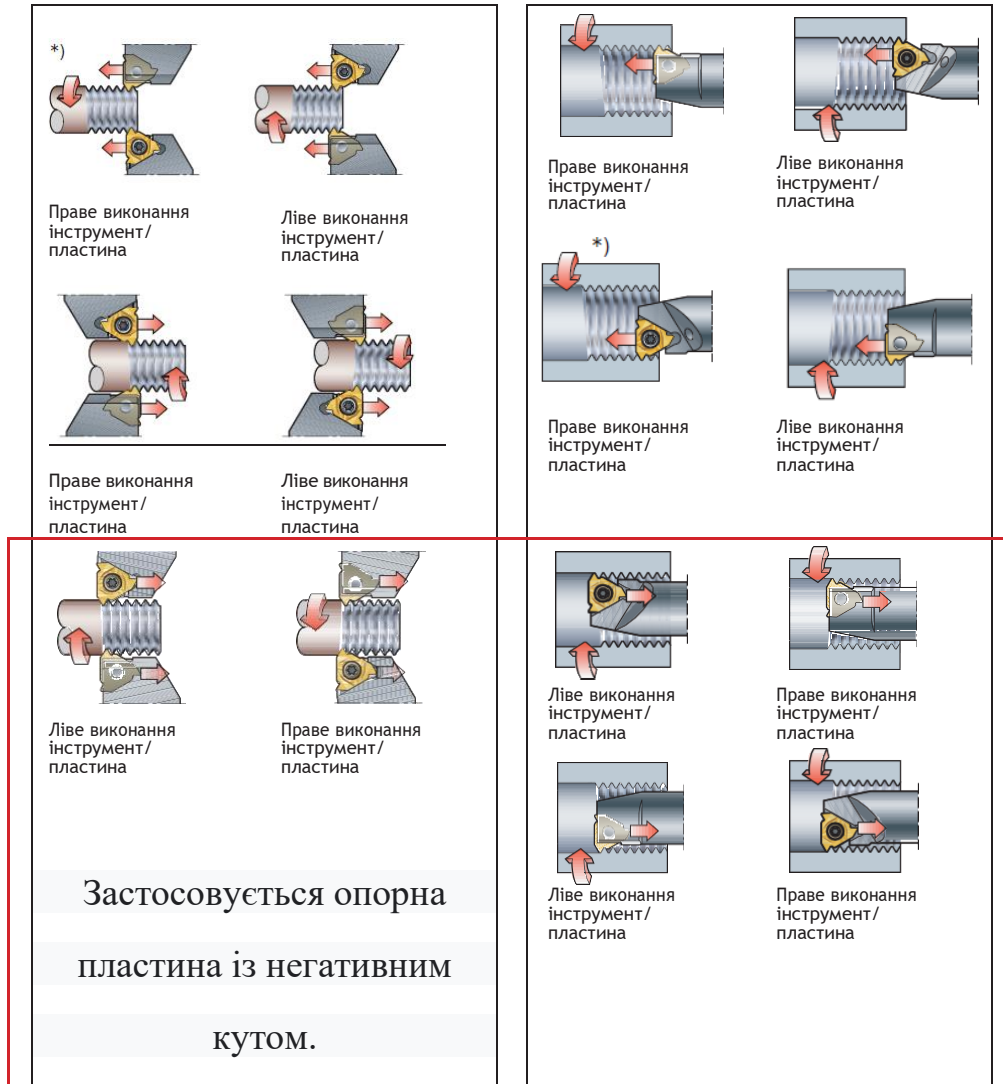


Рис.5.14 – Вигляд пластини яка дійшла до останньої повнопрофільної різьби.

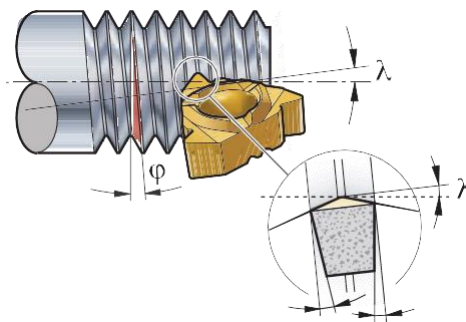
5.4 Методи різьбонарізання.



Різьблення може бути отримано декількома способами. Шпиндель може обертатися за годинниковою стрілкою або проти неї, напрямок подачі може бути від кулачкового патрона чи до нього. Інструмент також може бути встановлений або традиційно вгору пластиною, або працювати в перевернутому положенні (що сприятливо вплине на евакуацію стружки). *)– найпоширені варіанти

Точення різьблення у напрямку «від шпинделя» Застосування інструменту правого виконання для нарізування лівих різьблення (і навпаки) дозволить значно скоротити номенклатуру необхідного інструменту (необхідна опорна пластина з негативним кутом). При цьому необхідно пам'ятати про можливе зміщення пластини в гнізді державки, особливо в момент різання.

Бічний задній кут При нарізанні різьблення дуже важливо забезпечити максимально можливий зазор між бічними поверхнями ріжучої пластини і бічними поверхнями профілю різьби, що формується. За відсутності цього зазору пластина «затиратиме», що миттєво погіршить її стійкість. Так само низьким буде і якість різьблення. Необхідно також прагнути симетричності бічних задніх кутів, щоб знос пластини був рівномірним. Необхідно забезпечити рівність кута нахилу пластини та кута підйому різьблення.



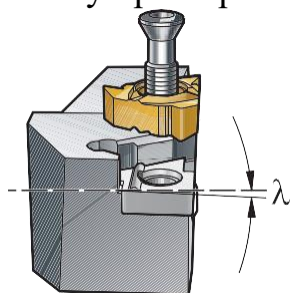
Вибір опорної пластини для забезпечення необхідного значення бокового заднього кута

Призначення опорної пластини полягає у забезпеченні ріжучої пластини нахилу, величина якого відповідає куту підйому витка різьблення. Нижче наведено графік, що допомагає підібрати значення кута опорної пластини.

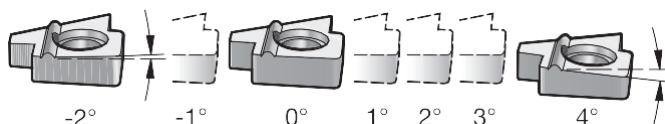
г Кут нахилу стандартної опорної пластини, що постачається в комплекті з державкою, становить 1°

г Опорні пластини можуть бути замовлені з кутами від -2° до 4° з дискретністю в один градус

г Опорні пластини з негативним кутом повинні бути встановлені в державку при нарізанні правого різьблення лівим інструментом і навпаки.



λ = кут нахилу пластини



					БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			69

Величину бічного заднього кута можна варіювати за рахунок використання опорних пластин з різними кутами нахилу. Опорна пластина, що постачається у комплекті з державкою, має кут нахилу 1° .

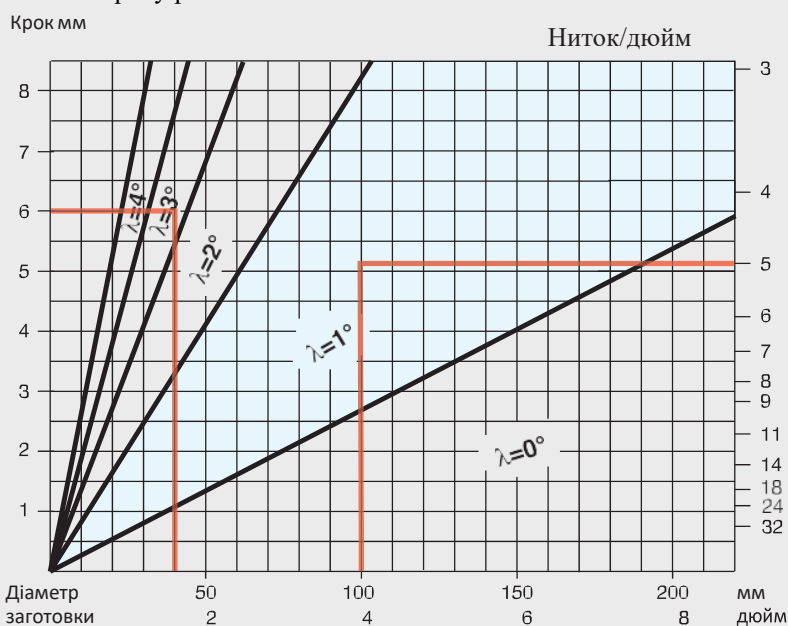
5.5 Методика вибору опорної пластини.

Два альтернативні методи вибору опорної пластини:

А. Скористайтесь діаграмою "Вибір опорної пластини".

В. Використовуйте формулу для обчислення кута нахилу опорної пластини

А. Залежність кута нахилу пластини від діаметра, що обробляється, і кроку різьби



Для отримання різьблення з кроком 6 мм на заготовці діаметром 40 мм потрібна опорна пластина 3° . Для різьблення з кроком 5 ниток/дюйм на діаметрі 4 дюйми підходить опорна пластина 1° .

В.

$$\tan \lambda = \frac{P}{d_2 \times \pi}$$

P = Крок різьби

d_2 = Середній діаметр різьби

λ = кут нахилу пластини

$$P = 6 \text{ мм}$$

$$d_2 = 40 \text{ мм}$$

$$\lambda = \arctan \left(\frac{6 \text{ мм}}{40 \text{ мм} \times \pi} \right) = 2.7^\circ \Rightarrow \text{опорна пластина } 3^\circ$$

$$P = 5 \text{ н.н.д.}$$

$$d_2 = 4''$$

$$\lambda = \arctan \left(\frac{1}{5 \text{ н.н.д.} \times \pi} \right) = 0.91^\circ \Rightarrow \text{опорна пластина } 1^\circ$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ

Арк.

70

Різьблення з невеликим кутом профілю У категорію різьблення з невеликими кутами профілю потрапляють АСМЕ, Stub АСМЕ, трапецеїдальні та круглі різьблення. Нарізання таких різьблень характеризується підвищеним тиском, що чиниться на ріжучу кромку пластини. Для того, щоб знизити навантаження, що виникає, особливо важливо правильно підібрати опорну пластину.

Профіль різьби	Внутрішній (β)	Внутрішній 15° (γ)	Зовнішній 10° (γ)
		Боковий задній кут	Боковий задній кут
Метрична, UN	60°	7.6°	5°
Whitworth	55°	7.1°	4.7°
Трапецеїдальна	30°	4°	2.6°
АСМЕ	29°	3.8°	2.5°
Buttress	10° / 3°	2.7° / 0.8°	1.8° / 0.5°

5.6 Закріплення опорної пластини в державці.

Поверхня контакту опорної пластини зі стінкою гнізда державки відзначена блакитним кольором. Опорна пластина надійно кріпиться у гнізді за допомогою гвинта.

Поверхня контакту ріжучої кромки та опорної пластини Ріжуча пластина спирається на виступ опорної пластини. При цьому ріжуча пластина контактує з державкою лише однією своєю поверхнею (показано червоним кольором).



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-93.00.00.000 ПЗ

Арк.

71

5.7 Рекомендації по вибору швидкостей виміру при обробці різьби точенням, метричної системи вимірювань.

ISO	Код MC	Код CMC	Матеріал	Твердість За Брінеллем HB	Сплави		
					GC11 25	GC11 35	H13A
					Швидкість різання (vc) м/хв		
P	P1.1. Z.A N	01.1	Сталь Нелегована C = 0.1–0.25%	125	230	205	160
	P2.1. Z.A N	02.1	Низьколегована (легуючих елементів менше 5%) Незагартована	180	155	140	115
	P3.0. Z.A N	03.21	Високолегуюча(ле гуючих елементів більше 5%) Загартована інструментальна сталь	325	115	100	70
M	P5.0. Z.A N	05.11	Нержавіюча сталь Феритна/мартенси тна Незагартована	200	160	145	90

Чим менша швидкість різання тим важче обробити деталь.

5.8 Вибір Сплава.

Широкий асортимент сплавів для різьбонарізного інструменту Sandvik Coromant дозволяє виконувати операції, досягаючи незмінно високих показників ефективності. Определяющий тип різьбової системи, просто вибираючи доступний для цієї системи сплаву, оптимально підходить для обробки матеріалу та умов обробки.

Вибір сплаву для різьбонарізного інструмента

	GC1125	GC1135	GC1020	GC4125	GC1025	H13A	GC1105	GC1620	GC1630	CB7015
CoroThread®266	•	•	•							
T-Max Twin-Lock®	•			•						
CoroCut®XS					•	•	•			
CoroCut®MB					•					•
CoroTurn®XS					•					•
CoroMill®327					•					
CoroMill®328					•					
CoroMill®Plura								•	•	

Сплави в залежності від оброблюваного матеріалу

	P	M	K	N	S	H
CB7015						•
GC1105		•			•	
H13A		•	•	•	•	
GC1125	•	•	•	•	•	•
GC1620	•					•
GC1630	•	•	•	•	•	
GC4125	•	•	•		•	•
GC1025	•	•	•	•	•	•
GC1020	•	•	•	•	•	•
GC1135	•	•	•	•	•	

Стійкість



Прочність

P ISO P = Сталі

M ISO M = Нержавіючі сталі

K ISO K = Чавун

 ISO N = Кольорові метали

 ISO S = Жаростійкі і титані

 ISO H = Матеріали високої твердості

5.9 Рекомендована глибина різання при обробці різьби точінням.

ISO Метрична (мм), зовнішня																
		Крок, мм														
		0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
Кількість проходів	Од. вимірювання	Глибина різання за прохід														
1	мм	0.10	0.16	0.16	0.17	0.20	0.17	0.20	0.20	0.20	0.24	0.24	0.27	0.29	0.27	0.30
	дюйм	.004	.006	.006	.007	.008	.007	.008	.008	.008	.009	.009	.011	.011	.011	.012
2	мм	0.09	0.15	0.15	0.15	0.19	0.17	0.19	0.19	0.19	0.23	0.22	0.25	0.28	0.26	0.29
	дюйм	.004	.006	.006	.006	.007	.007	.007	.007	.007	.009	.009	.010	.011	.010	.011
3	мм	0.08	0.12	0.14	0.14	0.18	0.16	0.18	0.18	0.19	0.22	0.22	0.24	0.27	0.26	0.29
	дюйм	.003	.005	.006	.006	.007	.006	.007	.007	.007	.009	.009	.009	.011	.010	.010
4	мм	0.07	0.07	0.12	0.13	0.16	0.15	0.17	0.17	0.18	0.21	0.21	0.23	0.26	0.25	0.28
	дюйм	.003	.003	.005	.005	.006	.006	.007	.007	.007	.008	.008	.009	.010	.010	.011
5	мм			0.08	0.12	0.14	0.14	0.16	0.17	0.17	0.21	0.21	0.23	0.25	0.25	0.27
	дюйм			.003	.005	.006	.006	.006	.007	.007	.008	.008	.009	.010	.010	.011
6	мм				0.08	0.08	0.13	0.15	0.16	0.17	0.20	0.20	0.22	0.25	0.24	0.26
	дюйм				.003	.003	.005	.006	.006	.006	.008	.008	.009	.010	.009	.010
7	мм						0.11	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.21	0.24	0.23	0.26
	дюйм						.004	.005	.006	.006	.007	.007	.008	.009	.009	.010
8	мм						0.08	0.08	0.14	0.15	0.17	0.18	0.20	0.23	0.23	0.25
	дюйм						.003	.003	.006	.006	.007	.007	.008	.009	.009	.010
9	мм								0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.22	0.22	0.24
	дюйм								.005	.006	.006	.007	.007	.009	.009	.009
10	мм								0.08	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.21	0.23
	дюйм								.003	.005	.006	.006	.007	.008	.008	.009
11	мм									0.12	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20	0.22
	дюйм									.005	.005	.006	.007	.007	.008	.009
12	мм									0.08	0.08	0.14	0.16	0.17	0.19	0.20
	дюйм									.003	.003	.006	.006	.007	.007	.008
13	мм											0.12	0.14	0.15	0.18	0.19
	дюйм											.005	.006	.006	.007	.007
14	мм											0.08	0.10	0.10	0.16	0.17
	дюйм											.003	.004	.004	.006	.007
15	мм														0.14	0.15
	дюйм														.006	.006
16	мм														0.10	0.10
	дюйм														.004	.004
Загальна глибина різання	мм	0.34	0.50	0.65	0.79	0.95	1.11	1.26	1.56	1.88	2.18	2.49	2.79	3.10	3.39	3.70
	дюйм	.013	.020	.026	.031	.037	.044	.050	.061	.072	.086	.098	.110	.122	.133	.146

Висновок

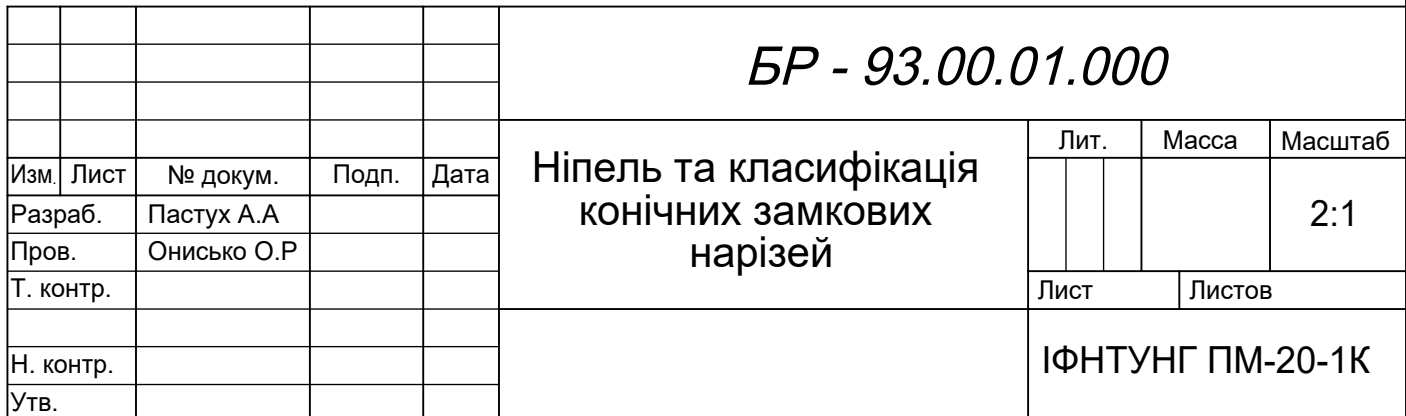
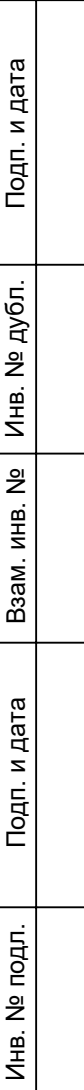
Для виготовлення конічних замкових нарізей згідно зі стандартом [ГОСТ 28487-90], запропоновано задля підвищення продуктивності технологічного процесу нарізей точіння застосувати багатонитковий різець, при цьому:

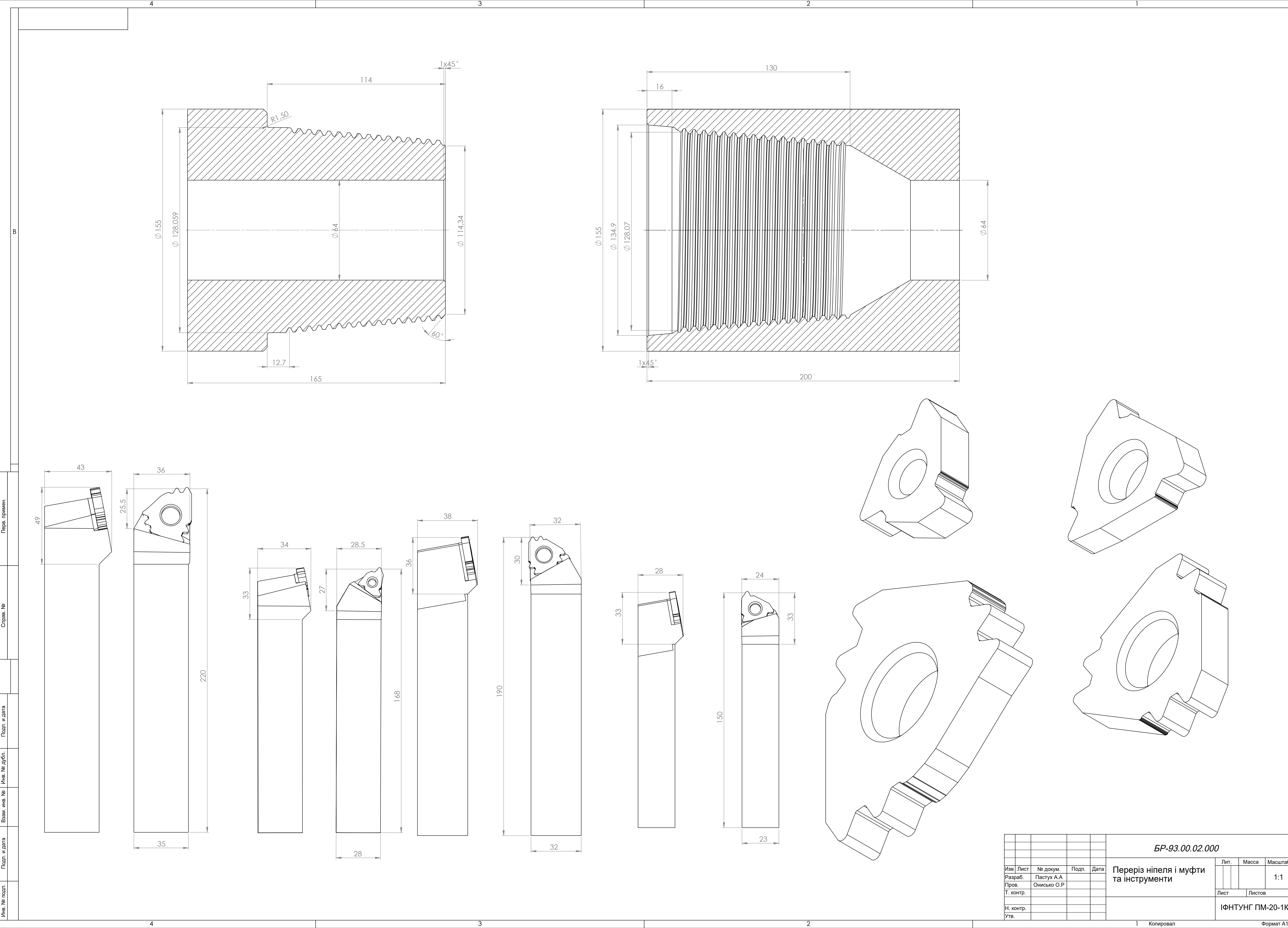
1. Оскільки, для виходу інструмента при точінні різцем від меншої основи конуса до більшої передбачено не більше як 12,7 мм неповнопрофільної нарізі що дорівнює двом крокам $P=6.35$ мм тому різальна пластина не може бути більшою ніж двохниткова.
2. При застосуванні двониткової різальної пластини максимальне відхилення площини в якій розміщена різальна крайка від осьової площини ніпеля чи муфти не перевищує $\Delta=1.06$ (мм) $= \operatorname{tg} \varphi \cdot 2p=1.05$ що створює додатковий передній кут для другого витка $\gamma=1.5^\circ$.
3. Для найменшого за діаметром замкової нарізі 3-65 (NC-23) в околі першого витка із за наявних кутів підйому $\lambda=2,61^\circ$, та гама $\gamma=1.5^\circ$, прогнозне відхилення половинного кута профілю нарізі становить $0,016^\circ$ що становить 3,2 відсотка віж допуску $0,5^\circ$. Отже двонитковий інструмент цілком відповідає задачі виготовлення замкових нарізей з точки зору точності нарізі.

Використані джерела:

- 1 Sandvic Coromant <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/tools.aspx>
- 2 Онисько О. Р. Аналітичне дослідження руху точки різальної кромки різьбового різця у процесі формоутворення конічної гвинтової нарізі на трубах нафтогазового сортаменту. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2016. № 1(40). С. 50–56.
- 3 Онисько О. Р., Войтенко П. І., Костюк Н.О. Алгоритм визначення величини відхилення профілю різьби виконаної різцем з ненульовим значенням кута нахилу різальної кромки. *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник*. 2015. Вип. 50. С. 137–144.
- 4 Онисько О. Р. Про функціональну залежність величини половинного кута профілю замкової нарізі від величин переднього кута, кута нахилу та половинного кута профілю різальної кромки різця. *Вісник національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні*. 2017. № 867. С.19–28.
- 5 Онисько О. Р. Методи забезпечення точності виготовлення різьбових кінців труб нафтогазового сортаменту. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2014. № 3(52). С. 107–115.
- 6 Онисько О. Р. Про технологічну неможливість відтворення теоретично точного профілю гвинтової різьби токарним різцем. *Вісник ЖДТУ. Процеси механічної обробки в машинобудуванні*. 2015. № 15. С.87–100. URL: <http://pmo.ztu.edu.ua/article/view/60793/57403> (дата звернення: 10.07.2019).
- 7 Онисько О. Р., Панчук В. Г., Врюкало В.В. Різьбові різці з відкоректованою за значенням переднього кута прямолінійною різальною кромкою. *Прогресивні технології і системи машинобудування*. 2014. Вип. 2(48). С. 10–14.

- 8 ГОСТ 28487-90. Межгосударственный стандарт. Резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн. Профиль. Размеры. Москва: «Стандартинформ», 2010. 75 с.
- 9 Свідोцтво про реєстрацію авторського права на твір №84791 Комп'ютерна програма «Побудова профілю замкової нарізі за значеннями геометричних параметрів різця»/ О.Р. Онисько, В.Б. Копей №84791; заявл. 09.01.2019; дата реєстрації 23.01.2019.
- 10 Онисько О.Р, Одосій З.М., Пастух А.А. Аналіз формування замкової нарізі за допомогою гребінок/ Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2022) : матеріали тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2022 р.) : у 2 т., т. 1 / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.] ; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. С. 144-145
- 11 Інформація по універсальний токарний верстат взято з інтернет джерела:
<https://www.directindustry.com.ru/prod/haas-automation/product-7235-1055861.html> , <https://www.haascnc.com/ru/machines/lathes/toolroom-lathe/models/tl-1.html>
- 12 Технічне Керівництво Sandvik Coromant Посібник коромант по різьбі «Різьбонарізання точіння і фрезерування різьби»





Інв. № подл.	Подп. і дата	Взам. инв. №	Інв. № дубл.	Подп. і дата	Справа №	Пера. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------

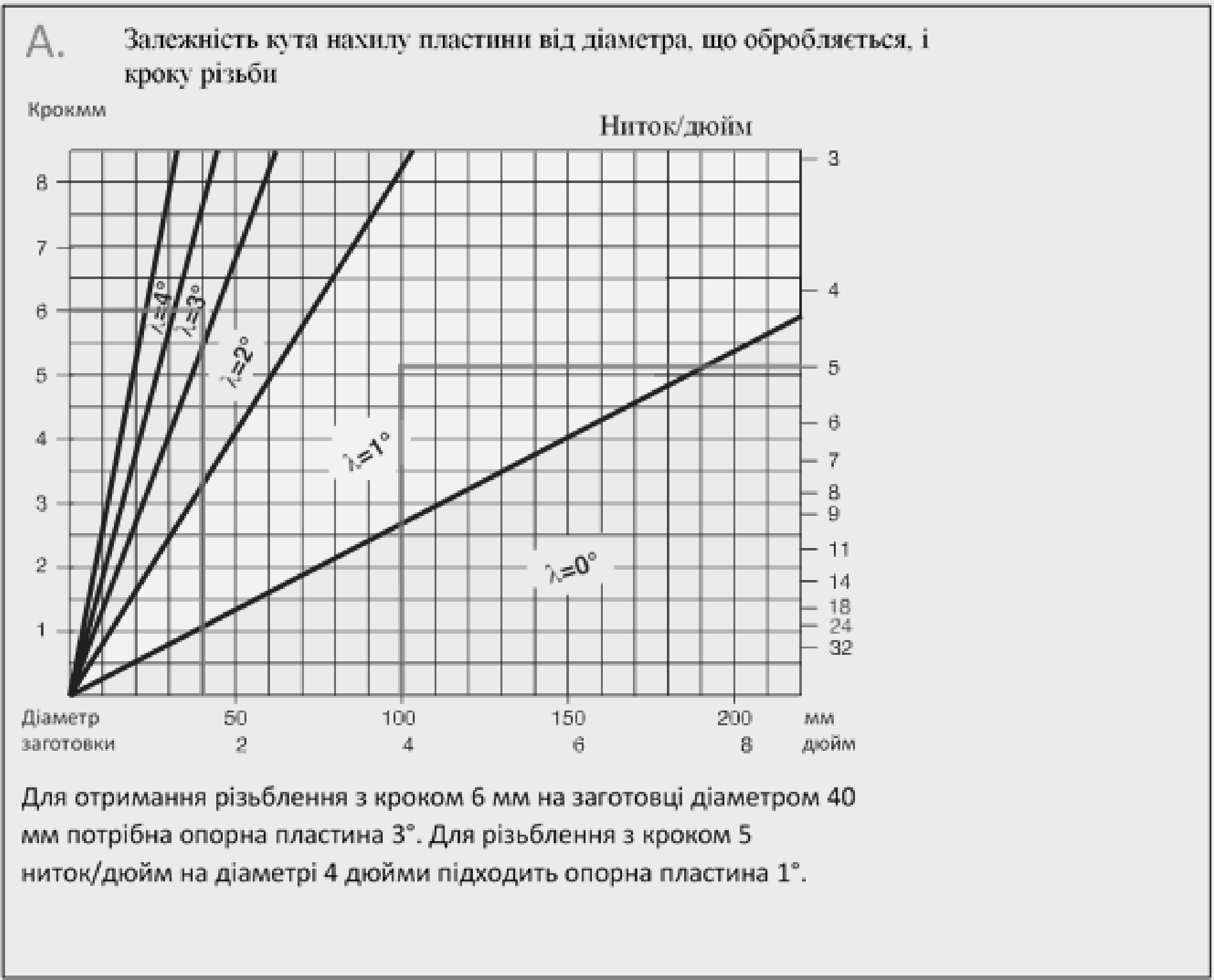
					БР-93.00.02.000									
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Переріз ніпеля і муфти та інструменти					Лит.		Масса	Масштаб	
Разраб.		Пастух А.А.												1:1
Пров.		Онисько О.Р.												
Т. контр.														
Н. контр.										Лист		Листов		
Утв.												ІФНТУНГ ПМ-20-1К		

Рекомендації по вибору швидкостей виміру при обробці різьби точенням, метричної системи вимірювань.

Поділ за легованістю	Твердість за Брінеллем, HB	Межа міцності σ _в , МПа	Група обробності	Швидкість різання, v мм/хв.	
				пластинка VHM з покриттям	HSS –E(-PM) без покриття
1	2	3	4	5	6
Низьколегована відпалена	170	591	P7		15
Низьколегована покращена	300	1013	P8	50	7,5
	380	1282	P9	35	4
	430	1477	P10	20	2
Високолегована відпалена	200	675	P11		15
Високолегована покращена	300	1013	P12	50	7,5
	400	1361	P13	30	3

ISO	Код MC	Код CMC	Матеріал	Твердість За Брінеллем HB	Сплави		
					GC11 25	GC11 35	H13A
					Швидкість різання (vc) м/хв		
P	P1.1. Z.A N	01.1	Сталь <u>Нелегована</u> C = 0.1–0.25%	125	230	205	160
	P2.1. Z.A N	02.1	<u>Низьколегована</u> (<u>легуючих елементів менше 5%</u>) <u>Незагартована</u>	180	155	140	115
	P3.0. Z.A N	03.21	<u>Високолегуюча</u> (<u>легуючих елементів більше 5%</u>) <u>Загартована інструментальна</u> <u>сталь</u>	325	115	100	70
M	P5.0. Z.A N	05.11	<u>Нержавіюча сталь</u> <u>Феритна/мартенситна</u> <u>Незагартована</u>	200	160	145	90

Методика вибору опорної пластини



B.

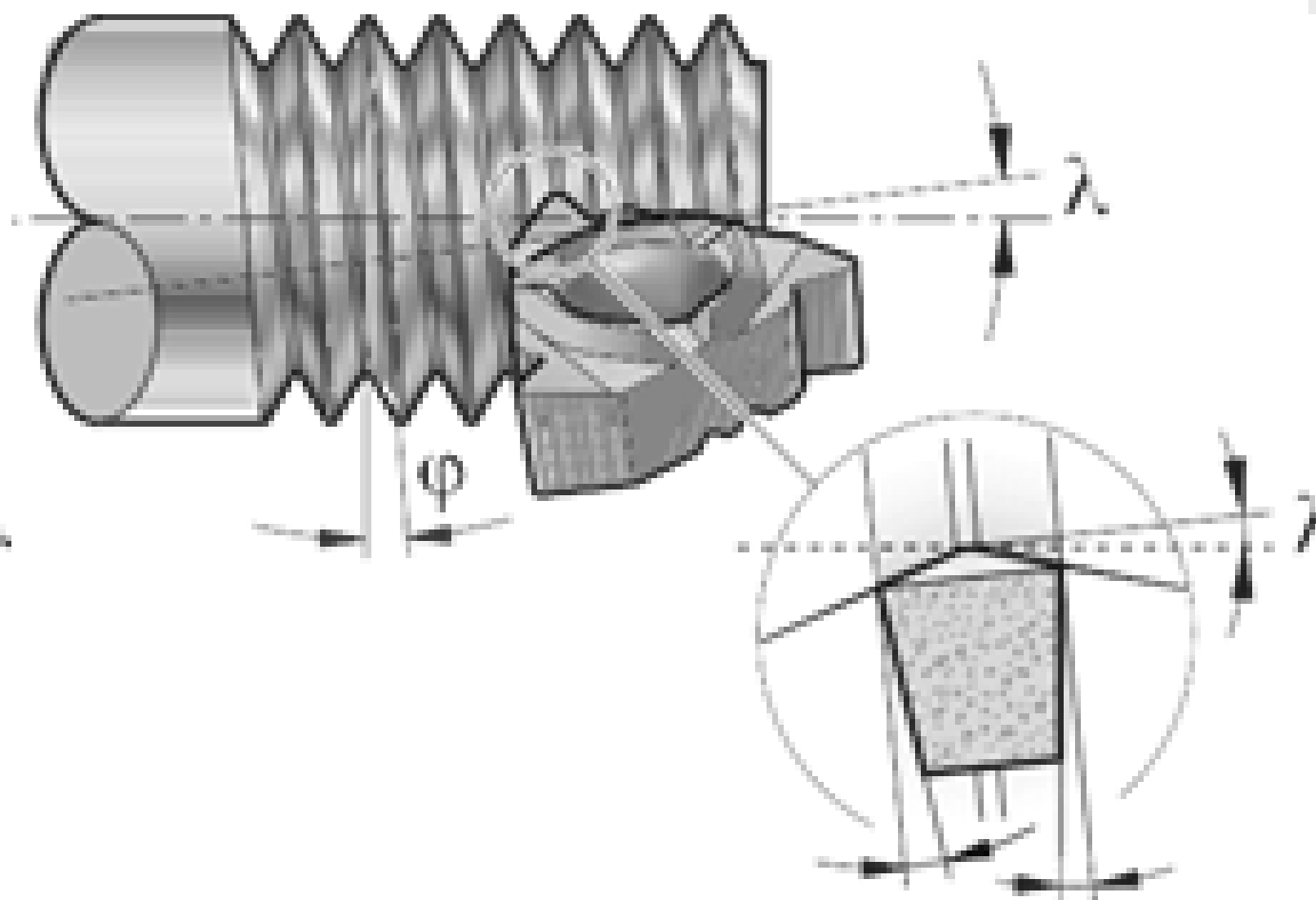
$$\tan \lambda = \frac{P}{d_2 \cdot \pi}$$

P = Крок різьби
 d_2 = Середній діаметр різьби
 λ = кут нахилу пластини

$P = 6 \text{ мм}$
 $d_2 = 40 \text{ мм}$
 $\lambda = \arctan \left(\frac{6 \text{ мм}}{40 \text{ мм} \times \pi} \right) = 2.7^\circ \Rightarrow \text{опорна пластина } 3^\circ$

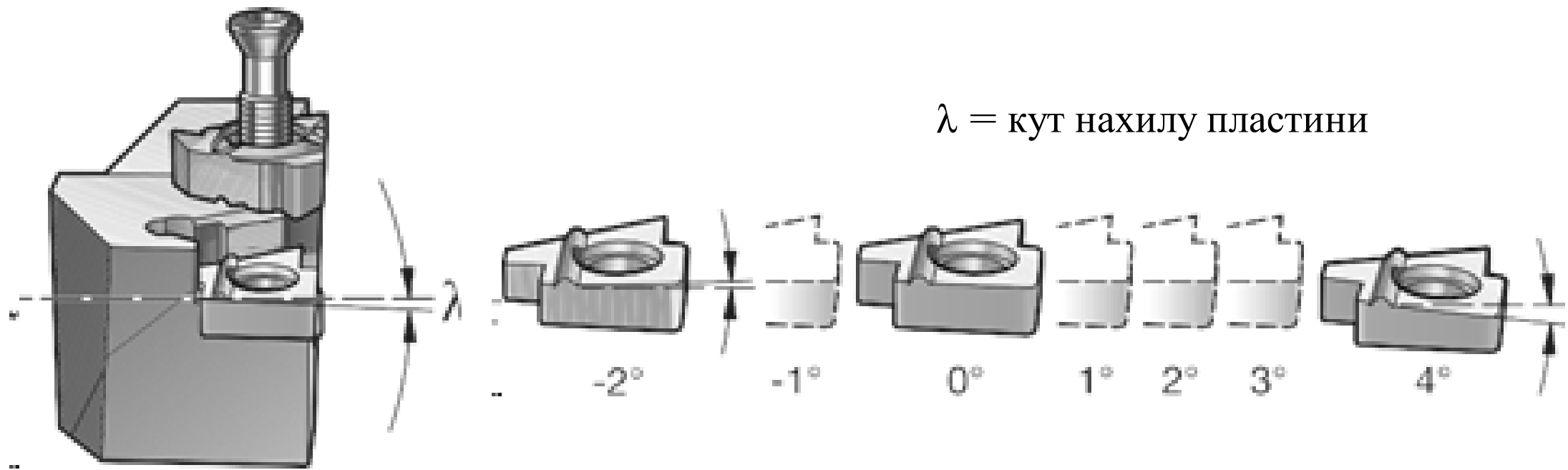
$P = 5 \text{ н.д.}$
 $d_2 = 4''$
 $\lambda = \arctan \left(\frac{1}{5 \text{ н.д.} \times \pi} \right) = .91^\circ \Rightarrow \text{опорная пластина } 1^\circ$

Чим менша швидкість різання тим важче обробити деталь.



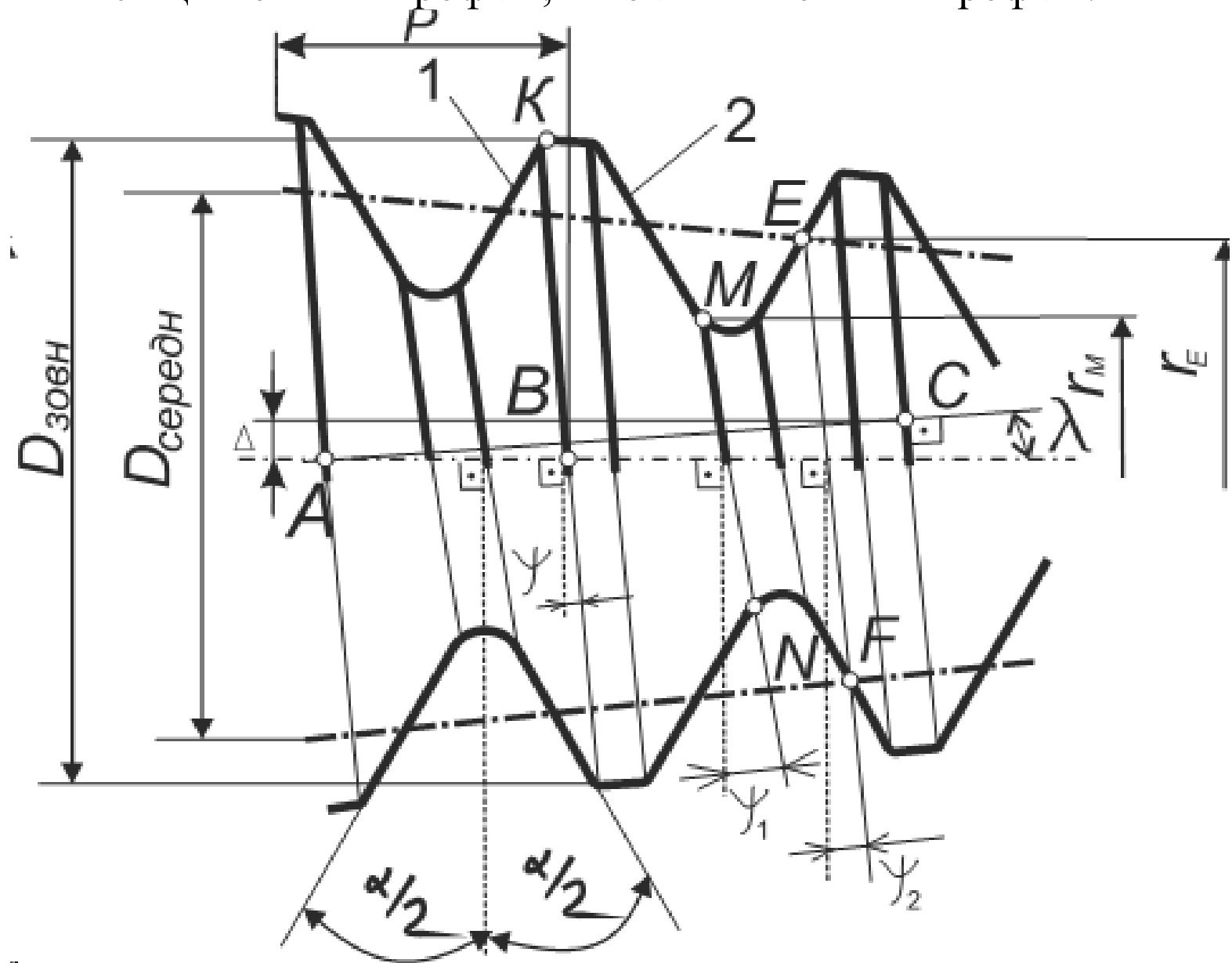
Бічний задній кут При нарізанні різьблення дуже важливо забезпечити максимально можливий зазор між бічними поверхнями ріжучої пластини і бічними поверхнями профілю різьби, що формується. За відсутності цього зазору пластина «затиратиме», що миттєво погіршить її стійкість. Так само низьким буде і якість різьблення. Необхідно також прагнути симетричності бічних задніх кутів, щоб знос пластини був рівномірним. Необхідно забезпечити рівність кута нахилу пластини та кута підйому різьблення.

Поверхня контакту опорної пластини зі стінкою гнізда державки відзначена блакитним кольором. Опорна пластина надійно кріпиться у гнізді за допомогою гвинта. Поверхня контакту ріжучої кромки та опорної пластини Ріжуча пластина спирається на виступ опорної пластини. При цьому ріжуча пластина контактує з державкою лише однією своєю поверхнею (показано червоним кольором).



Вибір опорної пластини для забезпечення необхідного значення бокового заднього кута Призначення опорної пластини полягає у забезпеченні ріжучої пластини нахилу, величина якого відповідає куту підйому витка різьблення. Нижче наведено графік, що допомагає підібрати значення кута опорної пластини. Кут нахилу стандартної опорної пластини, що постачається в комплекті з державкою, становить 1°. Опорні пластини можуть бути замовлені з кутами від -2 ° до 4 ° з дискретністю в один градус . Опорні пластини з негативним кутом повинні бути встановлені в державку при нарізанні правого різьблення лівим інструментом і навпаки.

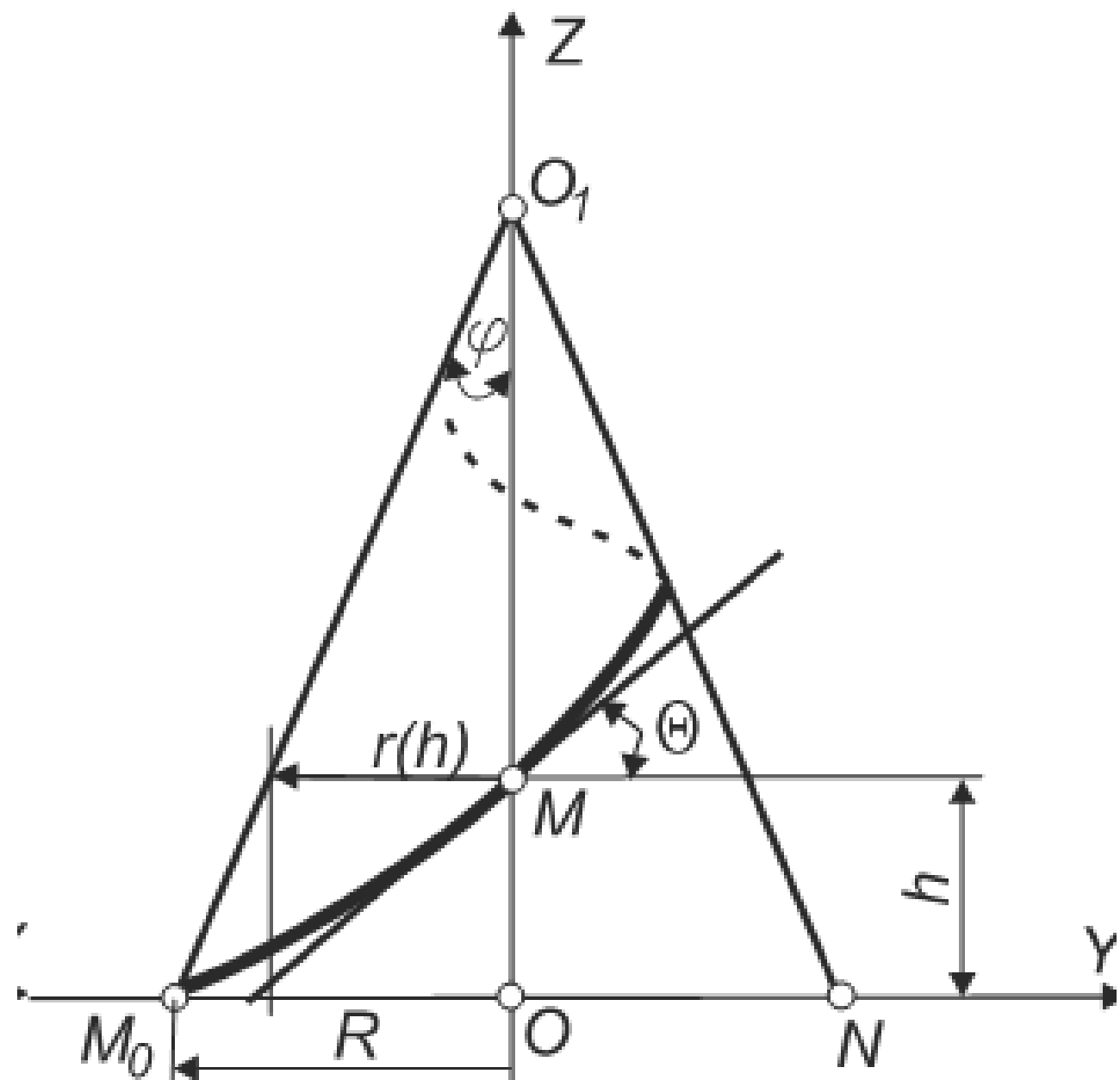
Схема розміщення кута підйому нарізі:
1- менший бічний профіль, 2- більший бічний профіль.



Кут підйому нарізі визначають як кут між проєкцією дотичної до гвинтової лінії на осьову площину нарізі у певній її точці і перпендикуляром до осі нарізі у цій точці. Вказану точку вибирають із певних геометричних, кінематичних та технологічних міркувань. З геометричних міркувань вказану точку можна вибрати як одну із нескінченної множини точок на поверхні нарізі, проте єдиним параметром, який впливатиме на значення кута підйому є її відстань від осі нарізі. Наприклад для точки М - це відстань r_M є значно меншою ніж для точки Е - r_E . Вказаний параметр є визначальним для величини кута підйому нарізі оскільки включений у формулу:

$$\psi = \arctg \left(\frac{P}{2D\pi} \right)_{\text{звн}}$$

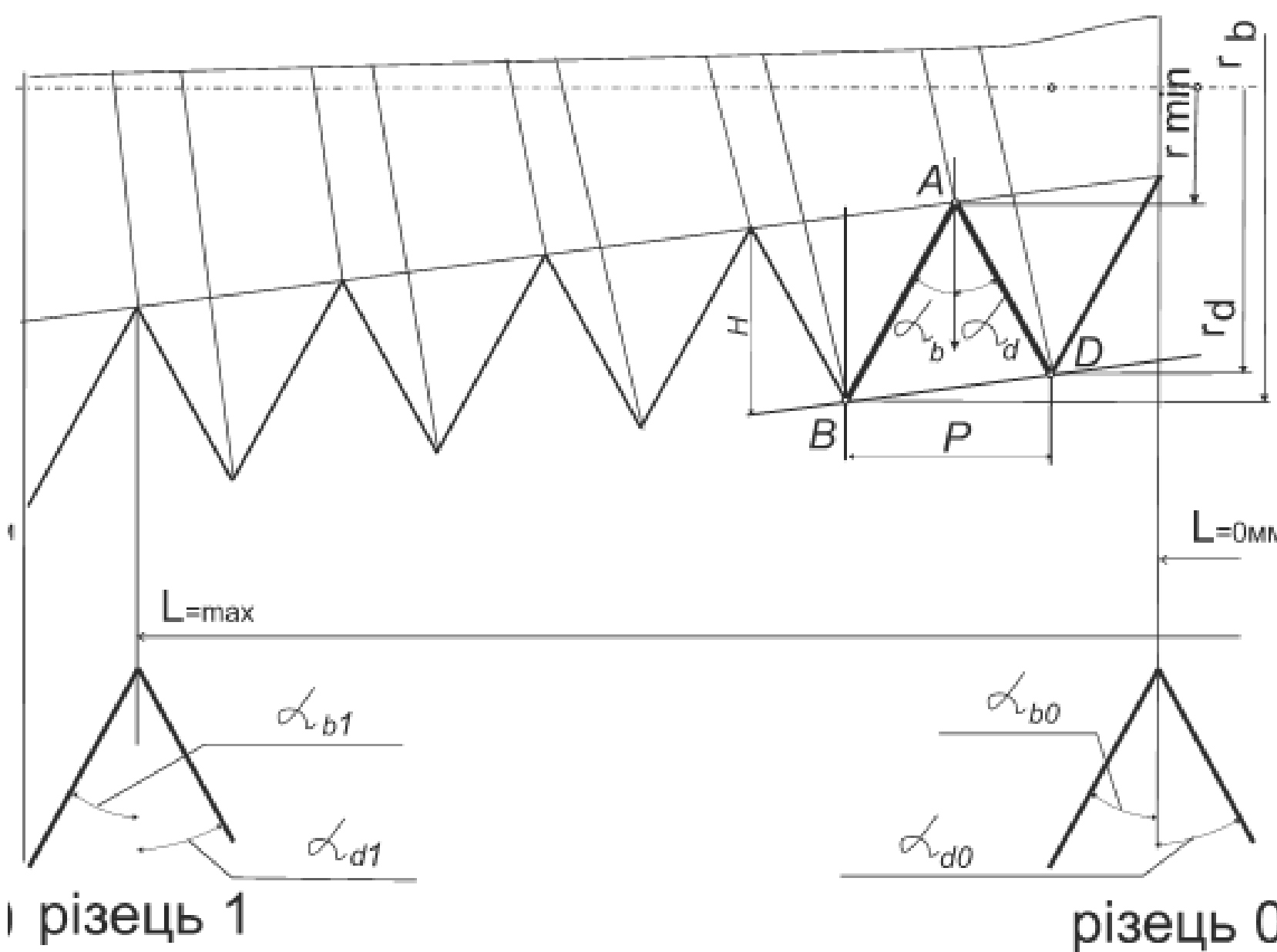
Фронтальна проєкція конічної гвинтової лінії зі сталим кроком



Оскільки діаметр для конічних нарізей є змінною величиною, то опираючись на кінематику руху довільної точки М уздовж конічної гвинтової лінії із постійним кроком отримано формула розрахунку кута підйому нарізі:

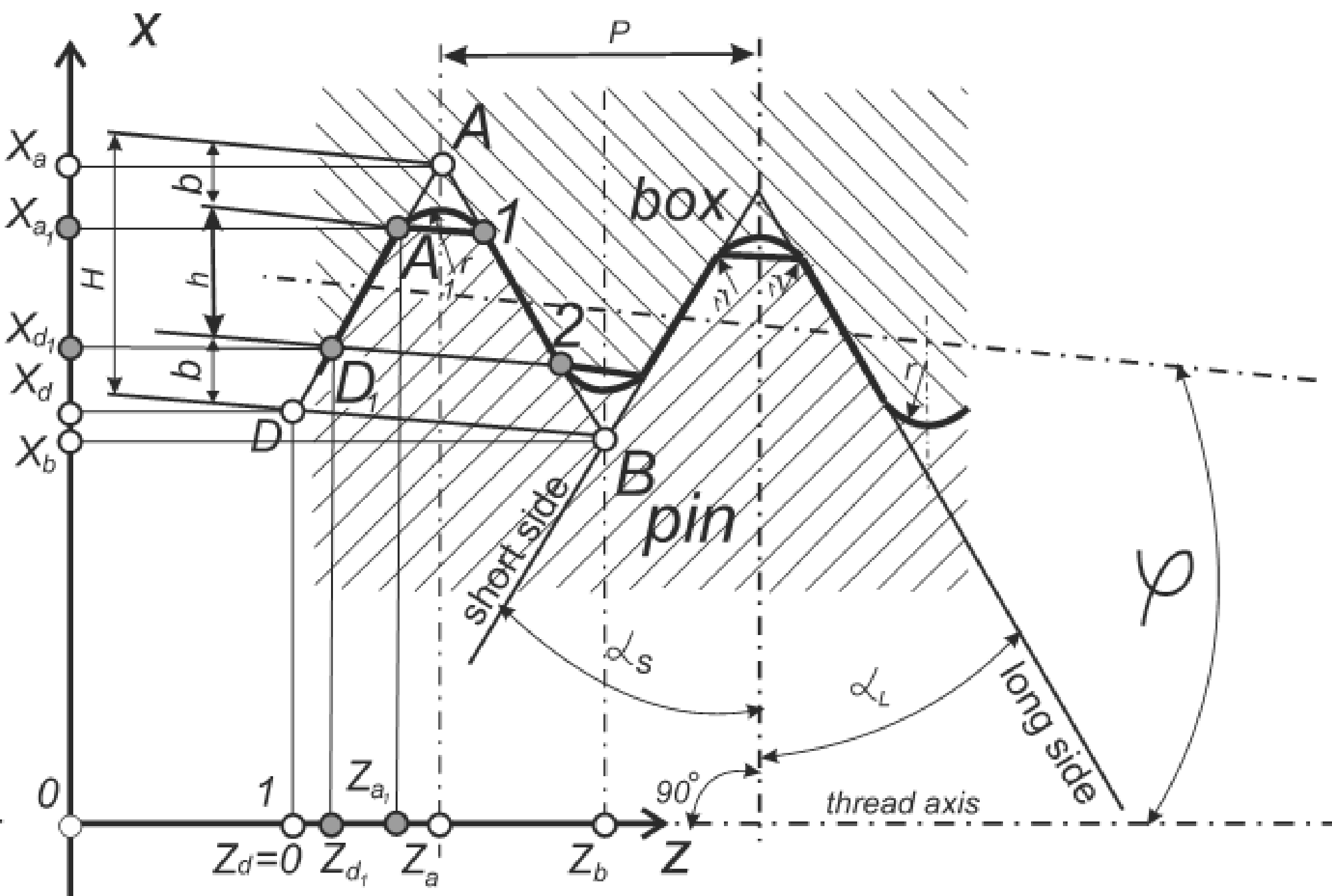
$$\theta = \arctg \frac{P}{\sqrt{(P \cdot \operatorname{tg}(\varphi))^2 + \pi^2 (2r(h) + 2a \cdot \operatorname{tg}(\varphi))^2}},$$

Схема зміни профілю інструмента і нарізі у залежності від розміщення витка нарізі.



З технологічної точки зору визначення кута підйому конічної замкової нарізі пов'язано із визначенням кута нахилу різальної крайки інструмента для виготовлення цієї нарізі лямда. Оскільки величина цього кута для інструмента є незмінною у процесі виготовлення витків нарізі, то залишається відкритим питання на який із кутів підйому орієнтуватися при виборі кута нахилу найбільший для першого витка, найменший - для останнього витка оскільки від цього залежать пів-профільні кути нарізі $\alpha/2$ та різців

Схема до розрахунку отриманого профілю замкової нарізі

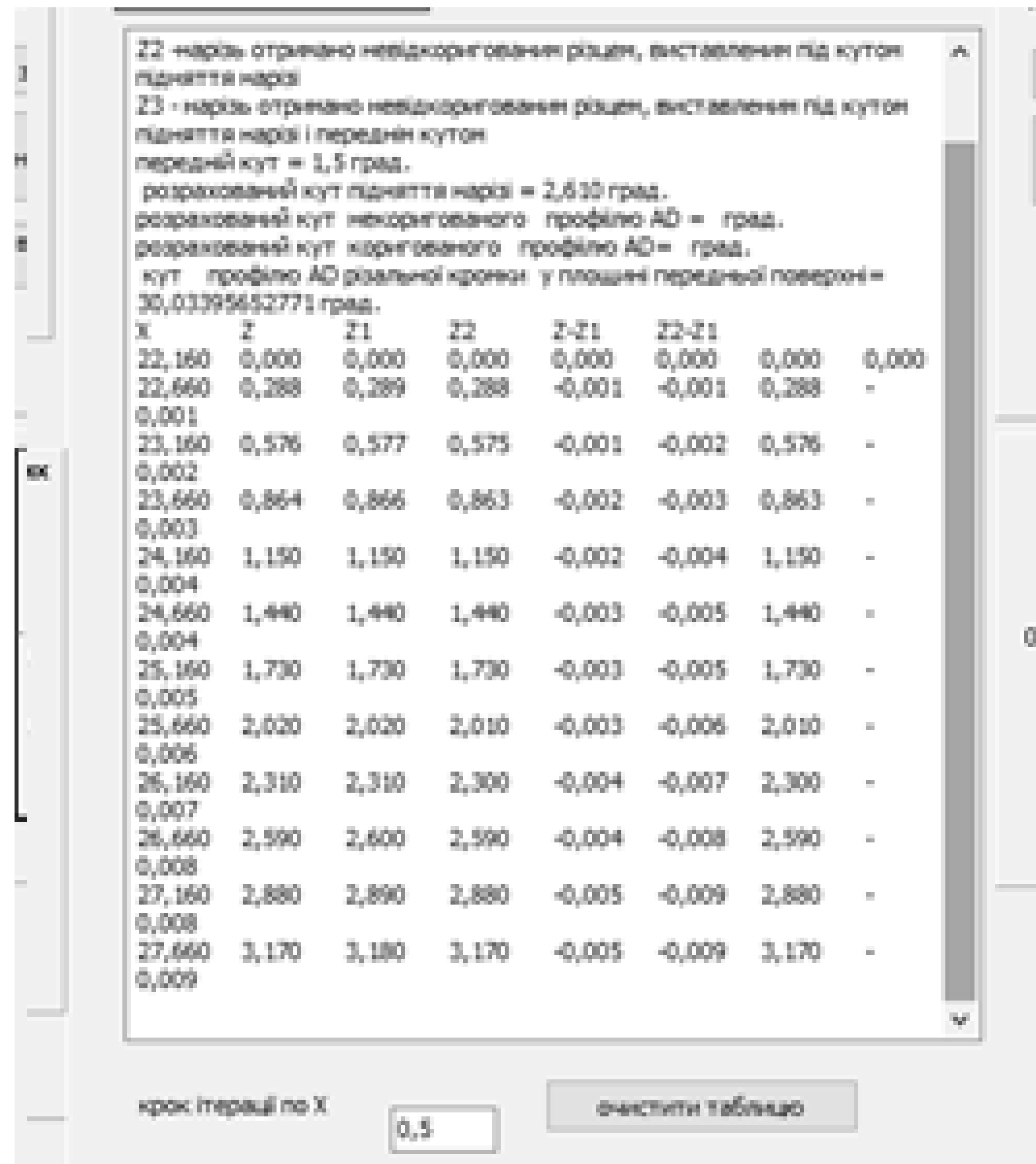


Отже отримано крайні значення по осі z: Z1=3,18 мм, Z2=3,17 мм, тож зміщення уздовж осі $\Delta z=0,1$ мм. Половинний кут прогнозованого і стандартного профілю $\alpha/2=30^\circ$ і α_s можна визначити користуючись схемою.

$$\alpha_s = \arctg \frac{(Z_a - Z_d)}{(x_a - x_d)} = \arctg \frac{3,17 - 0}{5,487} = \arctg \frac{3,17}{5,487} = 30,016^\circ$$

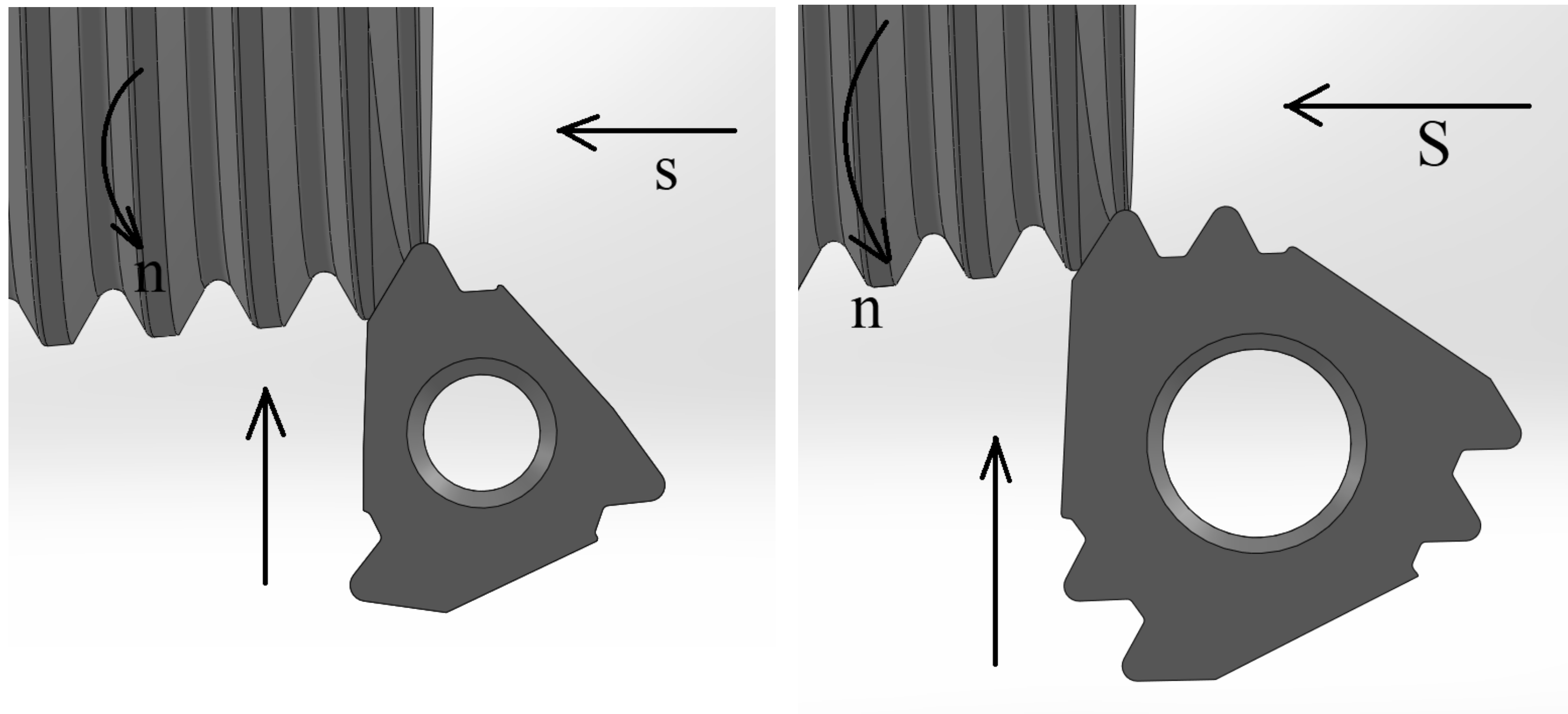
Отже вказаний розрахунок свідчить про те що максимальний відхил від номіналу 30° піпрофільного кута прогнозованої нарізі становить, що становить 3,2 відсотка віж допуску $0,5^\circ$. Отже двонитковий інструмент цілком відповідає задачі виготовлення замкових нарізей з точки зору точності нарізі

Фрагмент прикладної програми



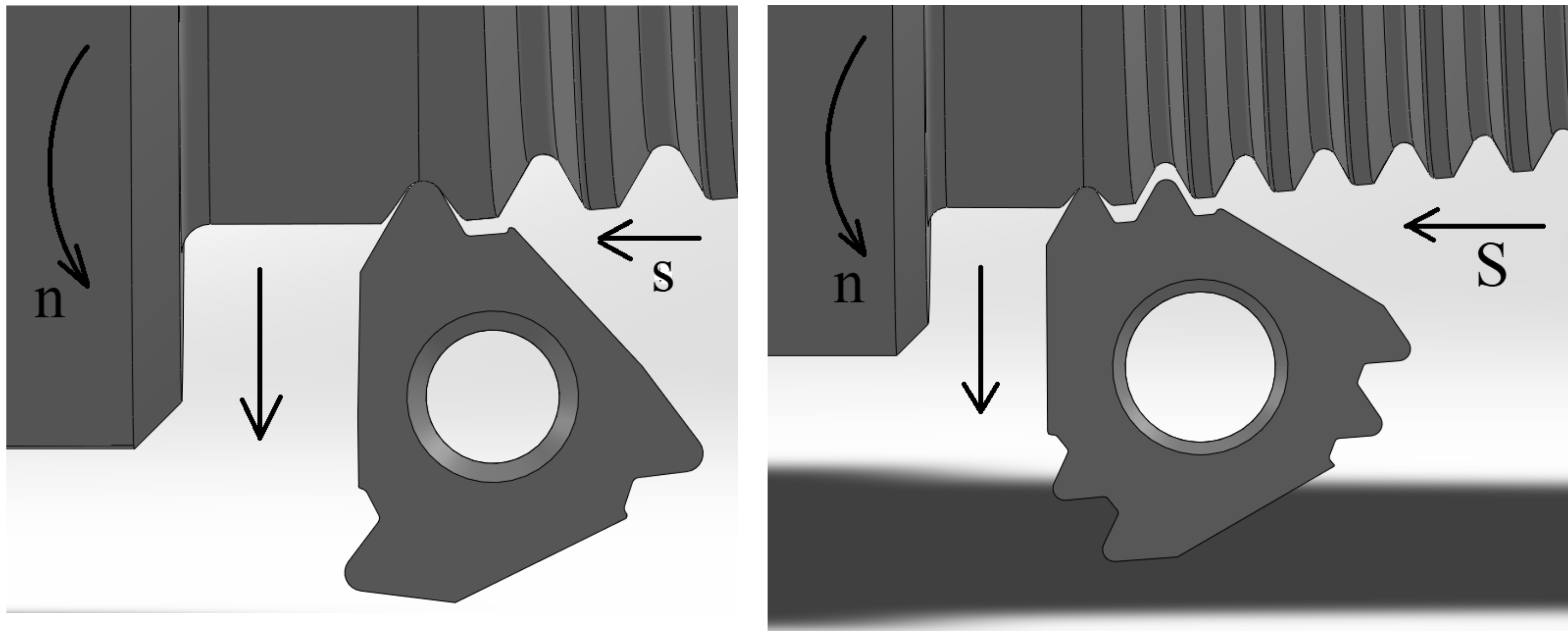
Фрагмент прикладної програми із автоматичним розрахунком координат X, Z2 точок профілю на першому витку замкової нарізі за таких значень кута нахилу різальної крайки лямда $\gamma=2,61^\circ$, і відповідного йому встановленого переднього кута $\gamma=1,5^\circ$. Задля уточнення результатів розрахунку не має потреби застосувати дрібніший крок ітерації, оскільки при кроці 0,5 мм різниця між крайніми значеннями координати X, а саме $\Delta X=27,66-22,16=5,5$ (мм) фактично відповідає величині $H=5,487$ (мм).

Вхід одностороннього і двостороннього пластин.



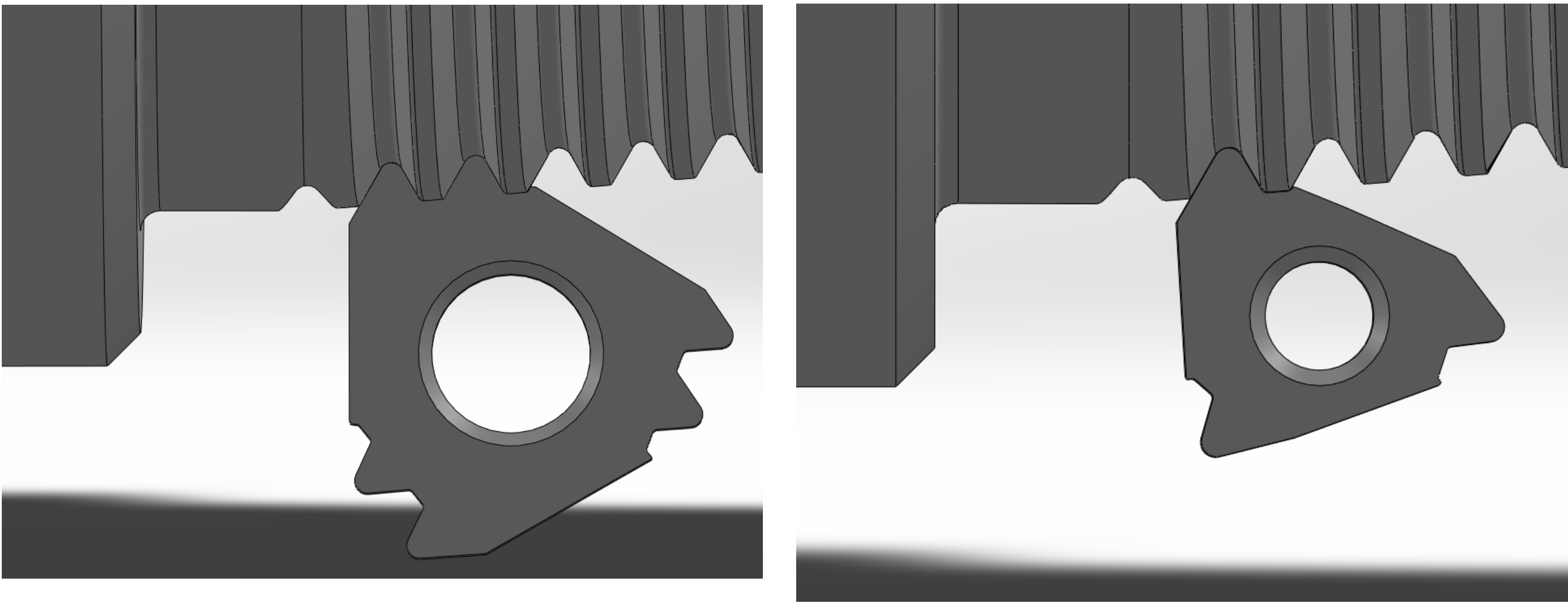
Рух пластини можна зобразити так: різець входить в деталь і нарізає різьбу вздовж осі деталі ці заходи пластина має зробити багато

Вихід одностороннього і двохстороннього пластин.



Для повного виходу інструменту потрібно цілком зупинити деталь обертання до місця де пластина буде закінчувати заходи і після того різець відводиться із зони різання.Більш нормально коли ми даємо можливість здійснити рух подачі одночасно з поперечною до себе і здійснюючи ще повздовжню подачу але при тому йде поперечна подача і вона така сильна що один обертовий рух до себе такий що вже пів глибини глибини витка або навіть ще менше ніж половина витка.

Вигляд пластин яка дійшла до останньої повнопрофільної різьби.



Поки різець їде по *S* він здійснює прискорену поперечну подачу, ще робить невеликий виток не на повну глибину і відходить звідти щоб не зачепити уступ,після того він робить реверс і заходить на наступні заходи ці заходи пластина має зробити багато а останній прохід буде на повну глибину але тільки до останнього повного зуба.

Коли інструмент дійде до кінця нарізання різьби потрібно поступово зменшити швидкість обертання деталі на останні два витки нарізі для нормального виходу інструмента але тоді треба узгодити поступове зменшення подачі і таке ж поступове зменшення частоти обертів тому що *S*об залишається той самий бо це довжина кроку (ми не маємо права змінювати крок *P*).Зменшуючи частоту ми уповільнюємо подачу.

				БР-93.00.05.000				
Ізм. Лист	№ док.	Підп.	Дата	Технологічний процес точіння замкових нарізей		Лист	Масштаб	Масштаб
								1:1
Розроб.	Ластик А.А.					Лист	Листів	1
Проб.	Ониська О.Р.							
Т.контр.						ІФНТУНГ ПМ-20-1К		
Н.контр.								
Утв.								