

## НАРІЗУВАННЯ КРУПНИХ ВНУТРІШНІХ РІЗЬБ РІЗЬБОНАРІЗНИМИ ГОЛОВКАМИ

*Представлена схема и описана конструкция головки. Приведены формулы для определения параметров заточки гребенок и положения профилирующих сечений. Проанализированы условия нормальной работы головок и разработаны соответствующие рекомендации. Рис.6, табл.1.*

*The circuit is submitted and the design of the head is described. Formulas for definition of parameters of sharpening of combs and positions of main sections are resulted. Conditions of normal work heads are analysed and corresponding recommendations are developed. Fig. 6, tab. 1.*

У машинобудуванні часто застосовують крупні внутрішні різьби, виготовлення яких супроводжується певними труднощами. Такі різьби можна виготовляти двома методами – нарізуванням і накатуванням.

У виробництві для виготовлення крупних різьб найчастіше застосовують нарізування різцями, гребінчастими фрезами, насадними мітчиками і, особливо, регульованими головками типу КБ та РНГВ з плоскими різьбовими гребінками, що автоматично сходяться, виготовленими з швидкорізальних сталей Р6М5, Р6М3 та інших.

Головки типу КБ випускають 6 типорозмірів, вони призначені для нарізування різьб діаметрами 36...130 мм і можуть включати від 4 до 6 гребінок. Основний недолік цих головок – мала кількість перезаточувань вузьких плоских гребінок, а також обмежена величина зовнішнього діаметра різьб.

Накатування різьб спеціальними головками [1] разом з рядом достоїнств має такі недоліки: при накатуванні внутрішніх різьб виникають дуже великі радіальні сили, що знижує точність обробки, стійкість роликів і не дозволяє накатувати різьби на тонкостінних заготовках; погіршуються умови вкатування роликів головки в оброблюваний отвір, що приводить до зростання осьових сил подачі і частого викришування витків на заборному конусі роликів; під накатування внутрішніх різьб 4Н-6Н ступеня точності необхідно попередньо обробити отвори до Н7-Н9 квалітету точності відповідно.

З викладеного виходить, що завдання продуктивного виготовлення крупних внутрішніх різьб діаметром понад 130 мм не вирішене. Мета роботи – запропонувати інструмент для нарізування крупних внутрішніх різьб, забезпечити високу стійкість різальних елементів, невисоку точність отворів під виготовлення різьби, розробити рекомендації щодо його заточки і забезпечення нормальної роботи.

У КПІ спроектована спеціальна різьбонарізна головка для нарізування внутрішніх різьб М 135х2 (рис.1). У корпус 1, який отримують додатковою обробкою гребінко-тримача стандартної різьбонарізної головки 4КА, установлені чотири кулачки 2 з круглими гребінками 3. Кулачки обпираються на ексцентрик 4, який можна повертати за допомогою гвинтів 5 і регулювати діаметр нарізуваної різьби в межах  $\pm 1$  мм. У кінці нарізування різьби кільце 6 опирається в оброблювану заготовку і гребінки автоматично сходяться під дією пружин 7, головка без реверсування обертів виводиться з отвору з нарізаною різьбою.

Достоїнством такої головки є те, що в ній застосовують стандартні покупні гребінки (з доробкою), які допускають до 60 переточок, а також покупний гребінкотримач та ряд інших деталей з головки 4 КА.

Мінімальний діаметр нарізуваної внутрішньої різьби  $D_{\min}$  головками такого типу можна визначити

$$D_{\min} = 2,4d + 1,1S, \quad (1)$$

де  $d$  – зовнішній діаметр гребінки,  $S$  – крок нарізуваної різьби. Виходячи з того, що серійно випускаються гребінки з найменшим діаметром 24,35 мм для кроку різьб 1 мм, найменший діаметр різьб, нарізуваних головками такого типу, – приблизно 60 мм.

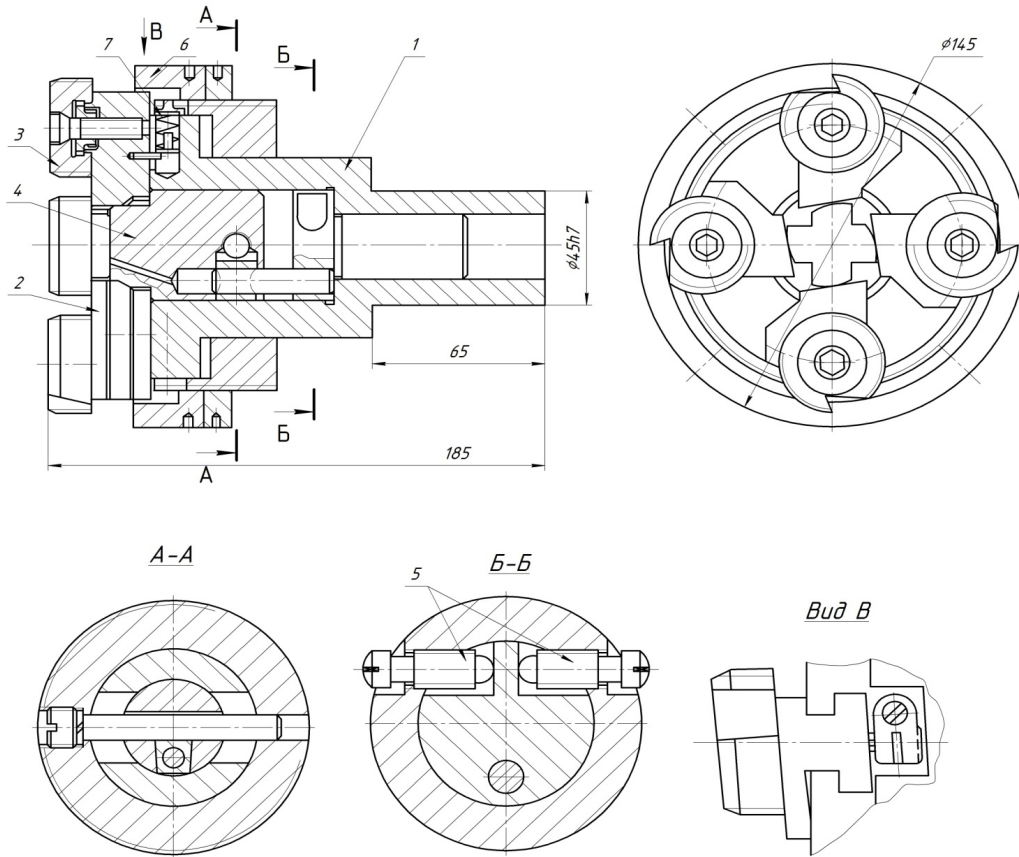


Рис. 1. Регульована головка для нарізування внутрішньої різьби М 135х2

Протікання процесу нарізання, точність і шорсткість поверхонь нарізаної різьби залежать від багатьох факторів і, в першу чергу, від геометричних параметрів заточки гребінок.

На рис.2 показані геометричні параметри заточки гребінок, визначення яких зв'язано з умовною основною площиною  $XOY$  різьбонарізної гребінки, установленної на кулачку і вставленої в головку. Ця основна площина співпадає з площиною симетрії Т-подібного пазу головки (з площиною симетрії кулачка) і проходить через вісь обертання головки  $OX$ .

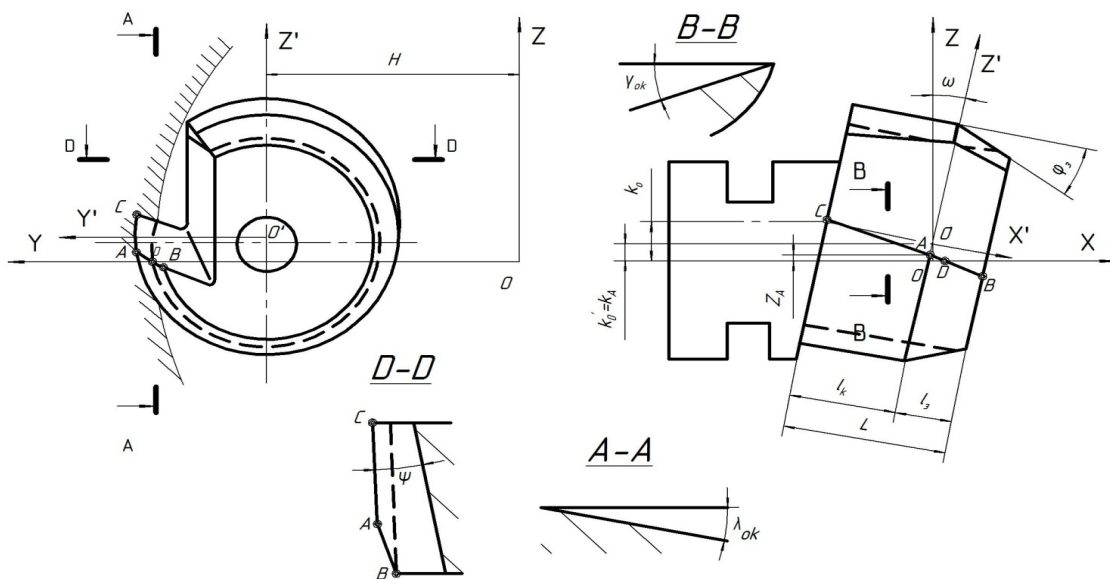


Рис. 2. Геометричні параметри заточки різьбонарізної гребінки, установленної на кулачку

У другій системі координат  $X'Y'Z'$  розміщена сама гребінка і центр основи її забірного конуса  $O'$  лежить в площині  $ZOY$ .

Гребінці, установленій на кулачку, в процесі заточки надаються наступні кути: кут нахилу передньої поверхні гребінки  $\lambda_{ок}$ , передній кут заточки  $\gamma_{ок}$ , кут нахилу передньої стінки гребінки  $\Psi$  (переважно  $8 - 12^\circ$ ).

Положення передньої поверхні задається перевищенням  $z_A$  базової точки  $A$  над основною площиною (рис.2). У процесі заточування гребінок величину перевищення передньої поверхні визначають у точці  $N$  (рис.3). Неважко визначити

$$z_A = z_N + h \operatorname{tg} \gamma_{ок} + \Delta x \operatorname{tg} \lambda_{ок}. \quad (2)$$

З цієї формули визначимо перевищення  $z_M$  довільної точки  $M$ , яка знаходиться на передній поверхні різальної частини гребінки, над основною площиною (рис. 4)

$$z_M = z_A - h \operatorname{tg} \gamma_{ок} - x_M \operatorname{tg} \lambda_{ок}, \quad (3)$$

де  $h = y_A - y_M$ .

З рис.3 знаходимо  $\Delta x = l_k \cos \omega - c + a - d \operatorname{tg} \omega$ ,

$$z_A = z_N + h \operatorname{tg} \gamma_{ок} + (l_k \cos \omega - c + a - d \operatorname{tg} \omega). \quad (4)$$

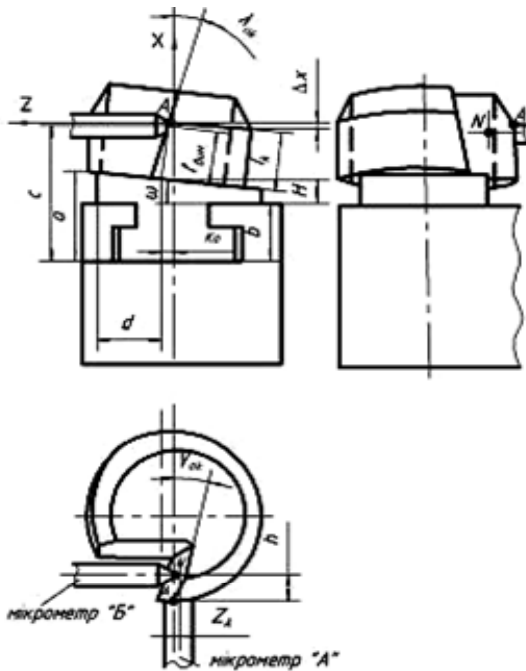


Рис. 3. Схема визначення перевищення  $z_A$  базової точки  $A$  гребінки в процесі

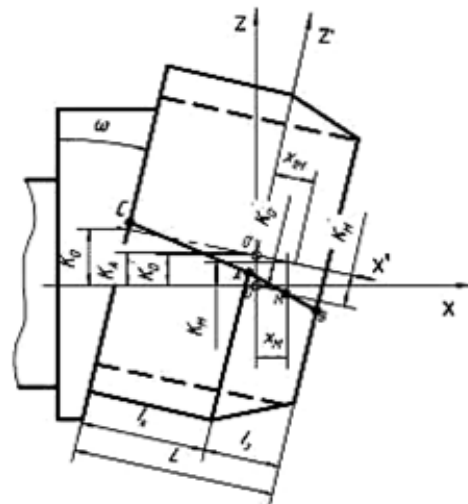


Рис. 4. Схема визначення перевищення осі гребінки над основною площиною заточки

Положення гребінки на кулачку конструктивно задається величиною зміщення  $k_O$  осі центруючої втулки. З рис.4 перевищення осі гребінки  $k_M$  над основною площиною в перерізі, що проходить через довільну точку  $M$  визначається

$$k_M = k_O - (l_k + x_M / \cos \omega) \sin \omega. \quad (5)$$

На характер протікання процесу нарізання внутрішніх різьб різьбонарізними головками з круглими гребінками суттєво впливає положення (уздовж осі гребінки) перерізів, в яких остаточно профілюється та чи інша частина витка різьби. Визначення положення профілюючих перерізів дозволяє глибше з'ясувати процес формування витків різьби і вибрати геометричні параметри заточки гребінок, близькі до оптимальних.

При нарізуванні різьби профіль витка на відстані  $r_P$  (рис.5) від центра виробу остаточно формується профілюючою точкою  $P$ , яка розміщена на прямій  $OO_P$ , що з'єднує осі виробу  $OX$  і гребінки

$O'X'$  у профілюючому перерізі, перпендикулярному до осі головки, яка співпадає з віссю виробу  $OX$ . Задній кут на різальній кромці гребінки в профілюючій точці дорівнює нулеві. Для будь-якого профілюючого перерізу повинно витримуватись відношення

$$k_P / z_P = (r_P - R_P) / r_P = (d_P - D_P) / d_P \quad (6)$$

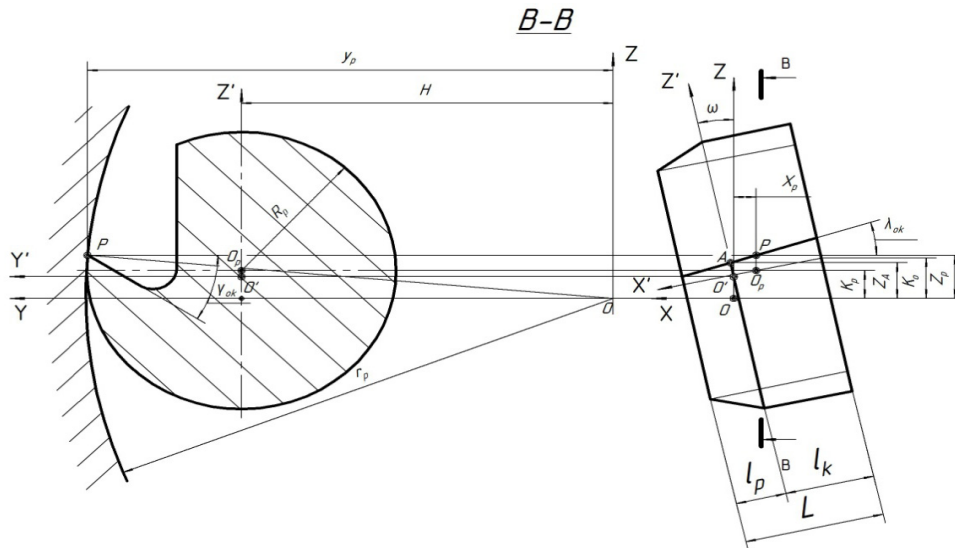


Рис. 5. Схема для визначення перерізу, в якому профілюється різьба на відстані  $r_P$  від центру виробу

При додатніх значеннях передніх кутів заточки гребінки  $\gamma_{ок}$ , у зв'язку з наявністю кутів  $\lambda_{ок}$ ,  $\gamma_{ок}$  перевищення  $z_A$  і складного фасонного профілю, виток різьби остаточно формується по всій висоті не одночасно. Спочатку, в точці  $P_n$  (рис. 6), профілюється западина витка різьби виробу. Далі, в процесі вгвинчування головки у виріб, у точці  $P_c$  профілюється середній діаметр нарізаної різьби. Остаточно виток різьби формується в точці  $P_k$ , яка профілює вершину різьби.

Можна показати, що при заточці гребінок з від'ємним переднім кутом -  $\gamma_{ок}$ , спочатку буде профілюватися вершина витка різьби і в останню чергу – її западина. При  $\text{tg } \gamma_{ок} = k_P / H$  (рис.5), профіль різьби по висоті буде формуватися в одному перерізі.

Таким чином, на положення профілюючих перерізів і на відстань між ними суттєво впливає величина переднього кута заточки  $\gamma_{ок}$ . На основі проведених аналітичних досліджень з застосуванням формул (1-6) отримані наступні залежності для визначення положення профілюючих перерізів:

початкового, в якому профілюється западина витка різьби,

$$x_n = \frac{q_n(k_O - l_k \sin \omega) - z_A}{\text{tg } \lambda_{ок} - q_n \text{tg } \omega}; \quad (7)$$

середнього, де профілюється середній діаметр витка різьби,

$$x_c = \frac{q_c(k_O - l_k \sin \omega) + h_1 \text{tg } \gamma_{ок} - z_A}{\text{tg } \lambda_{ок} - q_c \text{tg } \omega}; \quad (8)$$

кінцевого, в якому профілюється вершина різьби,

$$x_k = \frac{q_k(k_O - l_k \sin \omega) + (h_1 + h_2) \text{tg } \gamma_{ок} - z_A}{\text{tg } \lambda_{ок} - q_k \text{tg } \omega}, \quad (9)$$

$$\text{де } q_n = \frac{d}{d - D}; q_c = \frac{d_2}{d_2 - D_2}; q_k = \frac{d_1}{d_1 - D_1};$$

$z_A$ ,  $\lambda_{ок}$  та  $\gamma_{ок}$  - геометричні параметри заточки гребінок (рис.5);  $d$ ,  $d_2$ ,  $d_1$  та  $D$ ,  $D_2$ ,  $D_1$  - відповідно, зовнішній, середній і внутрішній діаметри нарізаної різьби і витків гребінки; для метричних різьб  $h_1 = 0,3248 S$  і  $h_2 = 0,2165 S$  - відповідно висота "ніжки" і "головки" профілю нарізаної різьби [2];  $k_O$ ,  $l_k$ ,  $\omega$  - конструктивні параметри різьбонарізної гребінки та кулачка (рис.2).

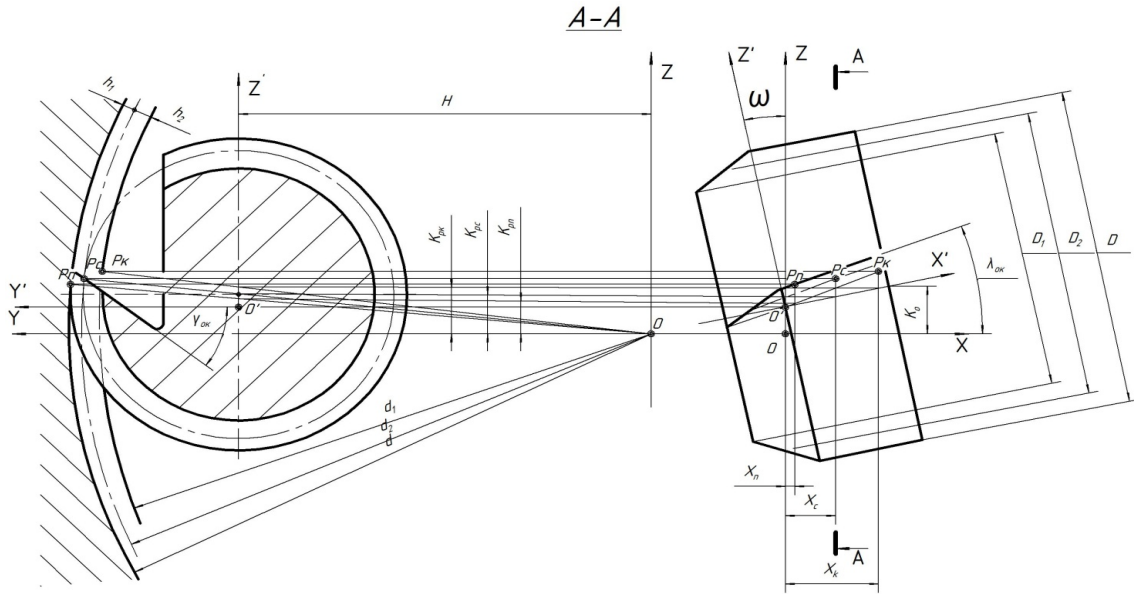


Рис. 6. Схема для визначення положення перерізів, в яких профілюється западина ( $x_{п}$ ), середній діаметр ( $x_{с}$ ) і вершина ( $x_{к}$ ) витка різьби

Як приклад, у таблиці наведені розрахункові значення, що визначають положення профілюючих перерізів при нарізуванні різьби М 135x2 ( $l_k=11,50$ ;  $l_3=4,50$ ;  $k_0=2,0$  мм). Вони отримані при параметрах заточки гребінок, близьких до реальних, що забезпечують нарізування внутрішніх різьб. Аналіз результатів, наведених в таблиці, показує, що профілюючі перерізи можуть розміщуватись на різній віддалі від початку координат  $O$  (рис.5), який знаходиться в центрі основи забірного конуса гребінки.

Таблиця  
Розрахункові значення положення профілюючих перерізів гребінок при різних параметрах їх заточки

$\lambda_{ок}^{\circ}$	$z_A, \text{мм}$	$\gamma_{ок} = 20^{\circ}$			$\gamma_{ок} = 10^{\circ}$			$\gamma_{ок} = 0^{\circ}$		
		$x_{п}$	$x_{с}$	$x_{к}$	$x_{п}$	$x_{с}$	$x_{к}$	$x_{п}$	$x_{с}$	$x_{к}$
2	2,5	8,32	15,57	20,49	8,32	11,26	13,32	8,32	7,21	6,58
	2,8	-2,57	4,96	9,90	-2,57	0,65	2,73	-2,57	-3,40	-4,01
	3,1	-13,47	-5,64	-0,69	-13,47	-9,95	-7,86	-13,47	-14,00	-14,60
5	2,5	2,84	5,44	7,17	2,84	3,94	4,66	2,84	2,52	2,30
	2,8	-0,87	1,73	3,47	-0,87	0,23	0,95	-0,87	-1,19	-1,40
	3,1	-4,58	-1,97	-0,24	-4,58	-3,48	-2,75	-4,58	-4,90	-5,11
8	2,5	1,71	3,29	4,33	1,71	2,38	2,82	1,71	1,52	1,39
	2,8	-0,53	1,05	2,09	-0,53	0,14	0,58	-0,53	-0,72	-0,85
	3,1	-2,77	-1,19	-0,15	-2,77	-2,10	-1,66	-2,77	-2,96	-3,09

Якщо розрахунковий параметр, що характеризує положення будь-якого ( $x_{п}$ ,  $x_{с}$ ,  $x_{к}$ ) профілюючого перерізу,  $x_p < 0$ , то він знаходиться з боку різальної частини гребінки і задні кути на різальних зубах, розміщених ближче до опорного торця ніж відповідний профілюючий переріз, в точках контакту гребінки з заготовкою дорівнюють нулеві. У таких умовах процес різання не може проходити і різання на різальних зубах гребінки замінюється процесом пластичної деформації з неорганізованим зсувом поверхневих шарів металу. Тому при заточці гребінок не можна допускати, щоб профілюючі перерізи розміщувались на різальній частині гребінки.

Навпаки, при  $x_p > l_k$  профілюючий переріз знаходиться за межами опорного торця гребінки. У цьому випадку задні кути на всіх різальних і калібруючих зубах гребінок додатні і нарізується різьба неповного профілю. Калібруючі зуби гребінок не прорізають западини витка різьби на повну глибину і, внаслідок наявності додатніх задніх кутів у всіх точках контакту гребінок з виробом, підвищується імовірність підрізування профілю різьби під впливом осьових сил різання і самозатягування.

У випадку, якщо  $0 < x_p < l_k$ , профілюючий переріз розміщується на калібруючій частині гребінки. При цьому процес різання проходить нормально і кожна частина гребінки виконує свої функції, але, в залежності від осевих сил, що діють на гребінку, і положення профілюючих перерізів на початку або в кінці калібруючої частини, відповідно зменшується або збільшується тенденція до підрізування профілю різьби.

Знаючи характер впливу параметрів заточки гребінок на положення профілюючих перерізів і відстань між ними, можна підібрати таку геометрію заточки, щоб профілюючі перерізи ( $x_n$  та  $x_k$ ) розміщувались на початку калібруючої частини гребінок, тобто забезпечити нормальне протікання процесу зрізання стружки.

На основі аналізу залежностей (7) – (9) і результатів розрахунків, наведених в таблиці, можна зробити наступні висновки:

1. Передній кут заточки  $\gamma_{ок}$  не впливає на положення перерізу  $x_n$ , в якому профілюється западина різьби, але впливає на положення перерізів  $x_c$  та  $x_k$ , які профілюють середній діаметр і вершину витка. При збільшенні  $\gamma_{ок}$  від  $0^\circ$  до  $20^\circ$ , відстань між  $x_n$  та  $x_k$  зростає в 7-8 разів.

2. Зі зростанням  $\gamma_{ок}$  положення  $x_c$  та  $x_k$  зміщується в додатному напрямі осі  $OX$ , особливо при малих значеннях  $\lambda_{ок}$ .

3. Збільшення перевищення  $z_A$  викликає значний зсув профілюючих перерізів у від'ємному напрямі осі  $OX$  (тобто зменшення задніх кутів на різальних кромках гребінок), особливо при малих значеннях  $\lambda_{ок}$ . Проте зміна перевищення в указаних межах не впливає на відстань між  $x_n$  та  $x_k$ .

4. Зі збільшенням кута нахилу  $\lambda_{ок}$  в межах від  $2$  до  $8^\circ$ , суттєво зменшується не тільки відстань до профілюючих перерізів, але й відстань між  $x_n$  та  $x_k$  (в 4,8 разу). При цьому перерізи, розміщені на різальній і калібруючій частинах гребінки, наближаються до початку системи координат. Таким чином, збільшення кута  $\lambda_{ок}$  викликає зростання задніх кутів на різальній частині гребінки і їх зменшення на калібруючій. У зв'язку з цим, доцільно збільшувати  $\lambda_{ок}$  до певних меж, але при великих його значеннях зростає нерівномірність навантаження на різальні зуби гребінок і їх знос.

Порівняння параметрів заточки гребінок і положень профілюючих перерізів при нарізуванні зовнішніх різьб стандартними головками типу 4 КА і при нарізуванні внутрішніх різьб розглянутою головкою показує, що при нарізуванні внутрішніх різьб знижується тенденція до підрізування профілю різьби і поліпшуються умови для само-затягування головки внаслідок збільшення дуг контакту гребінок з заготовкою. Разом з тим збільшується величина перевищення  $z_A$ , підвищуються вимоги до точності і якості заточки гребінок, до зменшення відстані між профілюючими перерізами і розміщенні їх на калібруючій частині гребінок, погіршуються умови врізання головки в отвір виробу. В основному це пояснюється дуже малими значеннями кута підйому різьби  $\omega$  при нарізуванні крупних внутрішніх різьб з малим кроком у порівнянні з зовнішніми різьбами невеликого діаметра.

Найкращі умови для нарізування внутрішніх різьб можуть бути забезпечені при відносно великих значеннях  $\lambda_{ок}$ , додатніх значеннях  $\gamma_{ок}$  і коли початковий профілюючий переріз знаходиться в площині основи забірного конуса, тобто  $x_n = 0$ . Прирівнявши в рівнянні (7) чисельник до нуля отримаємо, що

$$z_{A\max} = \frac{d(k_O - l_k \sin \omega)}{d - D}. \quad (10)$$

### Висновки

1. Розроблена регульована різьбонарізна головка для крупної внутрішньої різьби.
2. Розглянуті параметри заточки гребінок та отримані залежності для їх визначення.
3. Отримані формули для визначення положення профілюючих перерізів гребінок.
4. Проаналізовано вплив різних факторів на протікання процесу нарізування внутрішніх різьб головками.
5. Наведені рекомендації і залежності для визначення параметрів заточки гребінок, близьких до оптимальних.

### Список літератури

1. Добрянський С.С., Товстуха Д.Б. Накатування крупних внутрішніх різьб різьбо-накатними головками. Вестник НТУУ “КПІ”. Машиностроение. № 50. – 2007.-с. 40-47.
2. Коротков В.П., Кустарев Б.Г., Хныкина А.В. Взаимозаменяемость резьбовых сопряжений. – М. Машиностроение, 1968. – 214 с.