

## МАШИНОЗНАВСТВО

УДК621.33

**Марчук М. М., к.т.н., професор, Марчук Н. М., асистент**  
(Національний університет водного господарства та природокористування), **Гевко І. Б., д.т.н., професор,**  
**Комар Р. В., к.т.н., доцент, Клендій В. М., к.т.н.** (Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя)

### **ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛЮНЕТІВ ДЛЯ ВІДРІЗАННЯ ПРОФІЛЬНИХ ЗАГОТОВОК**

Приведена конструкція люнета для відрізання профільних заготовок, особливістю якого є те, що вузол переміщення люнета виконано у вигляді радіально-упорного підшипника, а у внутрішньому його діаметрі встановлено втулку профілем аналогічним поперечному перерізу профільної заготовки з можливістю осьового переміщення з циліндричними тілами кочення, які є у взаємодії з поверхнею заготовки. Крім цього, відрізний різець закріплено у різцетримач, а спеціальний фасонний різець у додатковий різцетримач. Виведені аналітичні залежності для визначення сили відрізання прутків з врахуванням сил тертя та інших додаткових факторів пристрою. Приведена графічна залежність сили тиску заготовки на ролик при різних значеннях лінійної довжини заготовки.

**Ключові слова:** люнет, заготовка, технологічний процес, підшипник, втулка, різцетримач.

**Аналіз останніх результатів досліджень.** Процесами проектування технологічного оснащення і технологічних процесів відрізання заготовок і конструкція люнетів присвячені праці Корсакова [1], Косілової А.Г. і Мещерякова Р.К. [2], Егорова М.Е. [3], Колева К.С. [4] та багатьох інших. Однак цілий ряд питань процесів проектування технологічних процесів і технологічного оснащення потребують свого подальшого вирішення.

**Мета роботи** спроектувати конструкцію люнета і технологічний процес відрізання профільних заготовок в машинобудуванні.

**Реалізація роботи.** Люнет токарного верстата виконано у вигляді плити 1, роз'ємного кронштейна 2, який в поперечно-вертикальному січенні має форму нижнього 3 і верхнього 4 неповних півкрусів, які є у взаємодії з циліндричними роликами 7 з можливістю радіального переміщення. Останні зверху є у взаємодії з обмежуючою стінкою 8, з якої виступають їх верхні частини і які є у періоди-

чній взаємодії з заготовкою прутка 6. Пруток 6 одним кінцем жорстко кріпиться в патроні 15 токарного верстата, а другим кінцем впирається в упор 14. Обмежуючі стінки 8 жорстко кріпляться до роз'ємних кронштейнів верхнього 4 і нижнього 3 відомим способом з можливістю їх прокручування в них, тим самим зменшуючи зусилля тертя.

Роз'ємний кронштейн 2 жорстко встановлений на плиті-основі 1, яка встановлена на направляючі верстата (на кресленні не показано) з можливістю осьового переміщення. З правої сторони плити-основи жорстко встановлено різцетримач 10 з відрізним різцем 11, а навпроти нього з другої сторони заготовки 6 на плиті-основі жорстко встановлено додатковий різцетримач 12 з спеціальним фасонним різцем 13. З правої сторони каретки встановлено упор 14, на якому встановлюється довжина відрізної заготовки 6. Заготовка 6 жорстко кріпиться в токарному патроні 15 верстата з можливістю кругового провертання. Крім цього ролики 7 зі сторони токарного патрона 15 заточенні під кутом, для кращого заходу заготовки 6 при її горизонтальному переміщенню під час порізки.

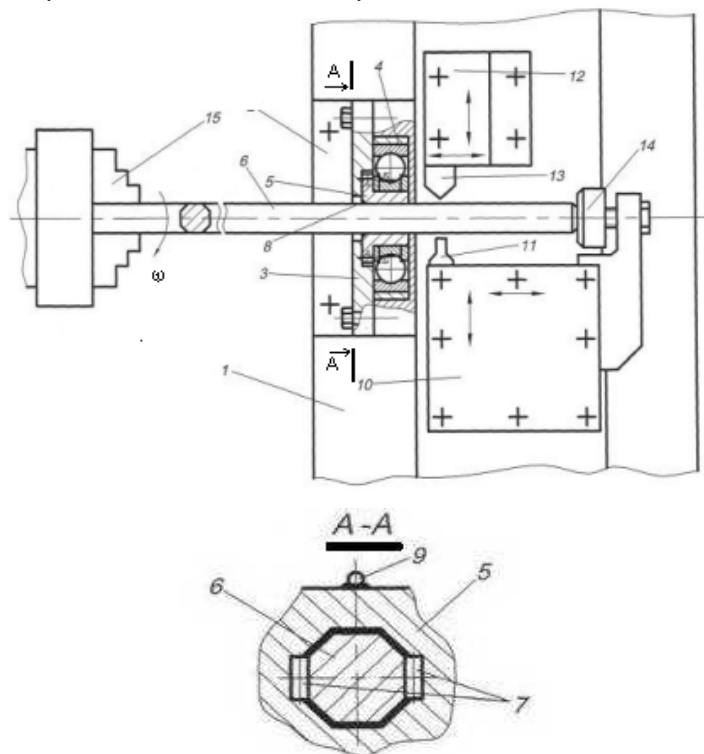


Рис. 1. Люнет токарного верстата [5]

Робота верстата з люнетом запропонованої конструкції відбувається наступним чином. Кругла чи профільна заготовка 6 жорстко кріпиться в токарному патроні 15, а її профіль є у взаємодії з тілами

кочення 7 для зменшення прогину, які значно зменшують сили тертя, просовується між ролики 7 нижнього і верхнього кронштейна до упора 14. Після чого включають верстат підводять відрізний різець 11 з основним різцетримачем 10 і надрізають заготовку 6 на глибину 3...4 мм. Після чого фасонним різцем 13 знімають фаску на заготовці, після чого відрізають заготовку.

До переваг люнета відноситься підвищення технологічних можливостей і покращення умов праці.

У даній конструкції люнета заготовка контактує із циліндричними тілами кочення, типу роликів, по чотирьох гранях. Таке конструктивне виконання суттєво зменшує тертя під час поздовжнього переміщення заготовки у люнеті. Проте одночасно ця конструктивна особливість є слабким місцем пристрою, оскільки при значному прогині заготовки можливе руйнування роликів.

Відповідно метою даної роботи є отримання аналітичних залежностей для розрахунку сили тиску заготовки, під час її можливого зміщення, на ролики люнета.

Сила, яка діє на ролики, створюється осьюовою складовою  $P_x$  сили різання. Відповідно дану складову можна розрахувати за відомою формулою [1]

$$P_x = 10C_p t^x s^y v^n K_p, \quad (1)$$

де  $C_p$  – сталий коефіцієнт;

$t, s, v$  – відповідно глибина, подача та швидкість різання;

$x, y, n$  – показники степеня для конкретних умов обробки;

$K_p$  – поправочний коефіцієнт.

Згідно розрахункової схеми (рис. 2) результуючу силу  $P_p$ , яка протидіє осьовій силі  $P_x$ , можна виразити через нормальні сили  $N_1$  і  $N_2$ , що виникають із сторони установочного паза ролика та заготовки.

$$P_p L = N_1 \sin(\alpha/2) + N_2 \sin(\alpha/2) = \sin(\alpha/2)(N_1 + N_2), \quad (2)$$

де  $L$  – відстань від місця обробки до осі ролика;

$\alpha$  – кут прогину поверхні заготовки.

Відповідно умова рівноваги сил, при якій не відбувається руйнування ролика, є наступною

$$P_x L \geq P_p \cos(\alpha/2) + P_{T1} \cos(\alpha/2) + P_{T2} + P_{T3} [\operatorname{tg}(\alpha/2)];$$

$$P_x L \geq P_p \cos(\alpha/2) + P_{T1} \cos(\alpha/2) + P_{T2} + \frac{P_{T3} \cos(\alpha/2)}{\sin(\alpha/2)};$$

$$P_x L \geq P_{T2} + \cos(\alpha/2) \left( P_p + P_{T1} + \frac{P_{T3}}{\sin(\alpha/2)} \right). \quad (3)$$

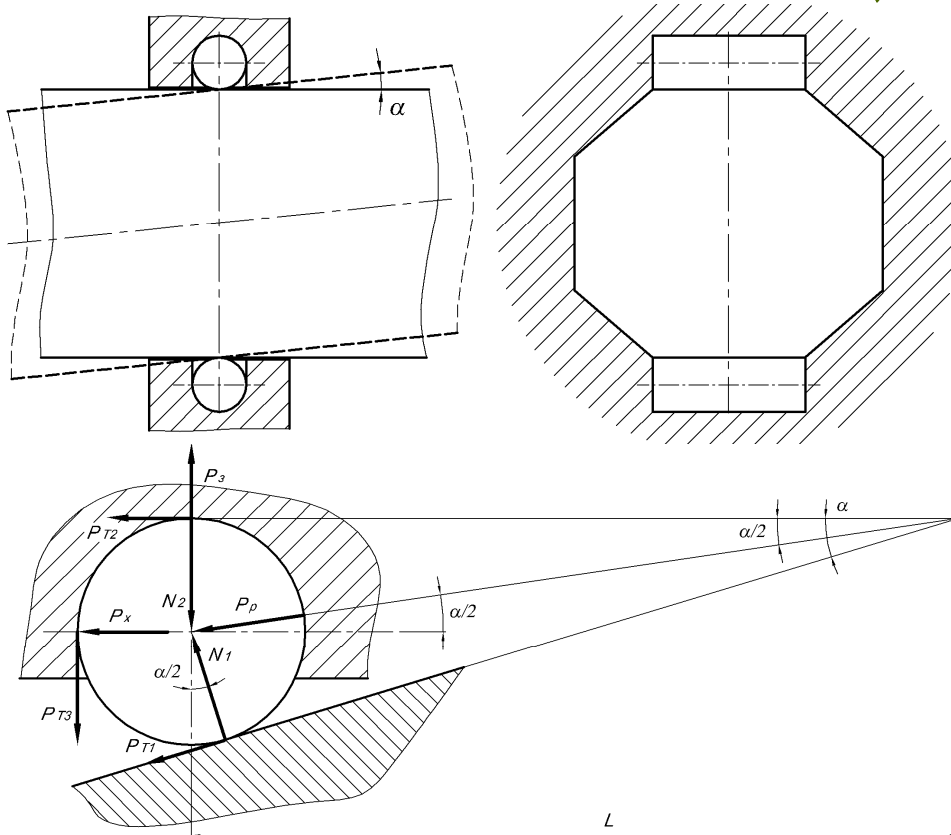


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення співвідношення сил контакту в зачепленні ролика люнета із заготовкою

Значення сил тертя можна виразити через одну із нормальних сил  $N_1$  або  $N_2$ . Відповідно сила тертя рівна [6].

$$P_{T1} = N_1 f ; \quad (4)$$

$$P_{T2} = N_2 f ; \quad (5)$$

$$P_{T3} = N_1 f / \cos(\alpha/2), \quad (6)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя.

З урахуванням рівності (2) і залежностей (4), (5), (6) умову цілісності ролика можна представити у наступному вигляді

$$P_x L \geq N_2 f + \cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2) (N_1 + N_2) + N_1 f \cos(\alpha/2) + \frac{N_1 f \cdot \cos(\alpha/2)}{\cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)} ;$$

$$P_x L \geq N_2 (f + \cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)) + N_1 \cos(\alpha/2) \left[ \sin(\alpha/2) + f + \frac{f}{\cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)} \right] . \quad (7)$$

Як видно із розрахункової схеми, нормальна сила  $N_2$  із сторони установочного паза ролика є протилежно напрямленою силі тиску заготовки на ролик  $P_3$ , але рівною їй за значенням, а отже,

$$N_2 = P_3. \quad (8)$$

Відповідно силу тиску заготовки на ролик знайдемо з умови (6)

$$N_2(f + \cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)) \leq P_x L - N_1 \cos(\alpha/2) \left[ \sin(\alpha/2) + f + \frac{f}{\cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)} \right]$$

$$N_2 \leq \frac{P_x L - N_1 \cos(\alpha/2) \left[ \sin(\alpha/2) + f + \frac{f}{\cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)} \right]}{f + \cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)}, \quad (9)$$

відповідно сила тиску заготовки на ролик рівна

$$P_3 = \frac{P_x L - N_1 \cos(\alpha/2) \left[ \sin(\alpha/2) + f + \frac{f}{\cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)} \right]}{f + \cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)}. \quad (10)$$

З врахуванням залежності (1) формула (10) набуде наступного вигляду:

$$P_3 = \frac{10C_p t^x s^y v^n K_p - N_1 \cos(\alpha/2) \left[ \sin(\alpha/2) + f + \frac{f}{\cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)} \right]}{f + \cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2)}. \quad (11)$$

По аналогії із умовою міцності на зминання [2] напруження зминання при лінійному контакті ролика із заготовкою

$$\sigma = 0,107 k_\tau \sqrt[3]{\frac{k_n P_x}{bd}} \leq [\sigma], \quad (12)$$

де  $k_\tau$  – коефіцієнт, що враховує дотичне навантаження в місці контакту;

$k_n$  – коефіцієнт нерівномірності по лінії дотику ролика і заготовки;

$b$  – ширина контакту ролика і заготовки;

$d$  – діаметр ролика;

$[\sigma]$  – гранично допустиме напруження при зминанні.

Для встановлення функціональної залежності сили тиску заготовки на ролик  $P_3$  від кута  $\alpha$  зміщення заготовки, було прораховано аналітичну залежність (11). Теоретичні значення кута зміщення заготовки знаходились в межах  $\alpha = 1...9^\circ$ . Варіації лінійної довжини заготовки  $L = 0,8...1,0$  м.

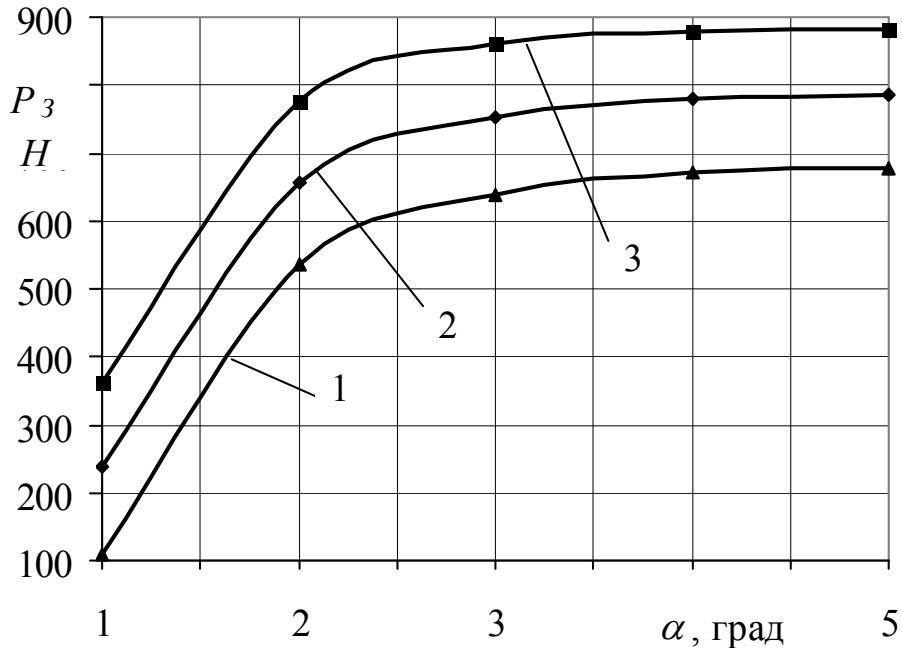


Рис. 3. Залежності сили тиску заготовки на ролик  $P_3 = f(\alpha)$  при різних значеннях лінійної довжини заготовки:  
1 –  $L = 0,8$  м; 2 –  $L = 0,9$  м; 3 –  $L = 1,0$  м

Шляхом аналізу числових даних, отриманих в результаті розрахунку залежності (11), а також аналізуючи отримані графічні залежності  $P_3 = f(\alpha)$  (рис. 2), теоретично встановлено, що в зазначеному діапазоні сили різання при зміщенні заготовки в межах  $1...2^\circ$  спостерігається значне збільшення значення сили тиску на ролик. У діапазоні  $2...5^\circ$  ця тенденція зберігається, але характеризується більш плавним збільшенням. Зокрема в межах  $1...2^\circ$ , сила тиску на ролик збільшується у 2,1...4,8 рази в залежності від довжини заготовки. А у діапазоні  $2...5^\circ$  – лише в 1,1..1,2 рази. Відповідно можна зробити висновок, що найбільш небезпечним є початковий момент зміщення заготовки, оскільки саме тоді відбувається різке збільшення сили тиску на ролики, що і може спричинити руйнування останніх. Тому під час проектування аналогічних пристроїв доцільно попередньо проводити перевірку тіл кочення на напруження зминання. Для цього можна застосовувати рівність (12).

Проте для підтвердження даного припущення необхідна серія експериментальних досліджень. Отримані аналітичні залежності дають змогу комплексно оцінити інтенсивність впливу того чи іншого параметра (при заданих інших), на величину сили тиску заготовки на

ролик, а також можуть бути основою для розробки інженерної методики проектування аналогічних пристроїв.

**Висновки.** Приведена конструкція люнета для відрізання профільних заготовок, особливістю якого є те, що вузлом переміщення люнета виконано у вигляді раціонально-упорного підшипника, а у внутрішньому його діаметрі встановлено втулку профілем аналогічним поперечному перерізу профільної заготовки з можливістю осьового переміщення з циліндричними тілами кочення, які є у взаємодії з поверхнею заготовки. Крім цього, відрізний різець закріплено у різцетримач, а спеціальний фасонний різець у додатковий різцетримач. Виведені аналітичні залежності для визначення сили відрізання прутків з врахуванням сил тертя та інших додаткових факторів пристрою. Приведена графічна залежність сили тиску заготовки на ролик при різних значеннях лінійної довжини заготовки.

1. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. – М., 1971. 2. Технология машиностроения / Егоров М. Е. и др. – М., 1976. 3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. [Текст] / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. 4. Колев К. С. Технология машиностроения. – М., 1977. 5. Пат. 98902 Україна, МПК (2006.01) В 65 G 33/14. Люнет для відрізання профільних заготовок / Гевко І. Б., Білик С. Г. Кучвара І. М., Диня В. І., Фльонц О. В. заявник та патентовласник Гевко І. Б., Білик С. Г. Кучвара І. М., Диня В. І., Фльонц О. В. – № u 2014 12902; заявл. 02.12.14; опубл. 12.05.15, Бюл. № 9. 6. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлище. – К. : Вища школа, 1993. – 556 с.

Рецензент: к.т.н., професор Стрілець В. М. (НУВГП)

---

**Marchuk M. M., Candidate of Engineering, Professor, Marchuk N. M., Assistant** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Hevko I. B., Doctor of Engineering, Professor, Komar R. V., Candidate of Engineering, Associate Professor, Klendii V. M., Candidate of Engineering** (Ternopil Ivan Puliui National Technical University)

## **RATIONALE FOR SETTING LUNETTES PROFILE CUTTING BLANKS**

**It is offered the lunette construction for cutting horizontal workpieces characterized by the fact that the lunette displacement node is designed as the thrust and radial bearing, and in its inner diameter**

there is located the sleeve pipe with the profile similar to crosssection of the profile workpiece with the possibility of axial displacement with the cylindrical rolling bodies which interact with the surface of the workpiece. Besides, the cut-off bite is fixed in the cutter carrier and the special shaped cutter is fixed in the additional cutter carrier. There are specified the analytical dependences for determining the cutting force for rods with the consideration of friction forces and other additional factors of the device. The paper offers the graphical dependence of the workpiece pressure forces on the roller at different values of the workpiece linear length.

**Keywords:** lunette, harvesting, technological process, bearing, bushing, tool carriers.

---

**Марчук Н. М., к.т.н., профессор, Марчук Н. Н., ассистент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно), **Гевко И. Б., д.т.н., профессор,** **Комар Р. В., к.т.н., доцент, Клендий В. Н., к.т.н.** (Тернопольский национальный технический университет им. И. Пулюя)

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЮНЕТОВ ДЛЯ ОТРЕЗАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК**

Представлено устройство люнета для отрезания профильных заготовок, особенностью которого есть то, что механизм перемещения люнета выполнен в виде радиально-упорного подшипника, во внутренней обойме размещена профильная втулка, соответствующая поперечному сечению профильной заготовки с возможностью осевого перемещения с цилиндрическими телами качения, которые контактируют с поверхностью заготовки. Отрезной резец крепится в резцедержателе, а специальный фасонный – в дополнительном резце-держателе. Обоснована аналитическая зависимость для определения силы отрезания заготовки с учетом сил трения иных факторов. Представлена графическая зависимость давления заготовки на ролики в зависимости от длины заготовки.

**Ключевые слова:** люнет, заготовка, технологический процесс, подшипник, втулка, резцедержатель.

---