

3. Алексеев Ю. Розроблення технологічного процесу хонінгування гільз циліндрів 740.1002021 з метою підвищення їх трибологічної надійності : кваліфікаційна робота бакалавра : 274 Автомобільний транспорт. Тернопіль : ТНТУ, 2023. 54 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42254> .
4. Pawlus P., Reizer R. Functional importance of honed cylinder liner surface texture: A review. *Tribology International*. 2022. Vol. 167, 107409. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.107409> .
5. Кривда В. В., Олішевський І. Г., Олішевська В. Є. Блок циліндрів і гільзи циліндрів двигунів внутрішнього згоряння: матеріали і особливості дефектування при ремонті. *Наука та прогрес транспорту*. 2025. № 4(112). С. 80–95. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2025/347574> .
6. Виноградов М. С., Макарова Т. В., Мастепан М. А., Савенок Д. В. Дослідження впливу параметрів процесу хонінгування силікатними брусками на якість обробленої поверхні. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2024. 1(19). С. 3–9. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-3-10> .
7. Lu Y., Li J., Liang R., Zhang Y., Luo M., Guo C. Investigation on the effect of honing parameters on cylindricity of engine cylinder liner. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2020. 111:3111–3122. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06321-7> .
8. Edberg S., Landqvist E. The impact of honing process parameters on the surface quality of cylinder liners : Master's Thesis at Department of Production Engineering KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. 2015. 85 p. URL: <https://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A820446&dsid=5634> .
9. Ляшенко С. В., Мигаль В. Д. Вплив технологічних операцій розточування та хонінгування на механічні властивості поверхневого шару гільз циліндрів двигунів MAN D0824/D0826. *Молодь і технічний прогрес в АПК: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції (Харків, 26-27 листоп. 2025 р.)*. Харків : ДБТУ, 2025. С. 19–22. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/handle/123456789/76591> .
10. Günay M., Korkmaz M. E. Optimization of Honing Parameters for Renewal of Cylinder Liners. *Gazi University Journal of Science*. 2017. 30(1): 111-119 <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/290221> .

УДК 621.43:621.923:621.882

## ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ХОНІНГУВАННЯ НА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВЗ

В.Є. Олішевська<sup>1</sup>, Г.С. Олішевський<sup>2</sup>, Р.Ю. Гойденко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту, e-mail: [olishevska.v.ye@nmu.one](mailto:olishevska.v.ye@nmu.one)

<sup>2</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри електроенергетики, e-mail: [Olishevskiyi.H.S@nmu.one](mailto:Olishevskiyi.H.S@nmu.one)

<sup>3</sup>здобувач групи 274-23-1, e-mail: [Hoidenko.R.Y@nmu.one](mailto:Hoidenko.R.Y@nmu.one)

<sup>1,2,3</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна



**Анотація.** В роботі розглянуто особливості технології хонінгування гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання. Проведено аналіз основних параметрів процесу хонінгування та їх впливу на якість поверхні деталей.

*Ключові слова:* гільза циліндра ДВЗ, хонінгування, параметри хонінгування, мікро-рельєф поверхні, зносостійкість.

## INFLUENCE OF HONING PARAMETERS ON THE SURFACE QUALITY OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE CYLINDER LINERS

Valentyna Olishevskaya<sup>1</sup>, Hennadii Olishevskiy<sup>2</sup>, Roman Hoidenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Associate Professor of the Department of Motor Vehicle Transport, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [olishevskaya.v.ye@nmu.one](mailto:olishevskaya.v.ye@nmu.one)

<sup>2</sup>Ph.D., Associate Professor of the Department of Electric Power Engineering, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [Olishevskiy.H.S@nmu.one](mailto:Olishevskiy.H.S@nmu.one)

<sup>3</sup>Applicant of group 274-23-1, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [Hoidenko.R.Y@nmu.one](mailto:Hoidenko.R.Y@nmu.one)

**Abstract.** The paper considers the features of the honing technology for internal combustion engines cylinder liners. The analysis of the main parameters of the honing process and their influence on the surface quality of parts is carried out.

*Keywords:* internal combustion engine cylinder liner, honing, honing parameters, surface microrelief, wear resistance.

**Вступ.** Гільзи циліндрів ДВЗ працюють у складних умовах високих температур, тиску, тертя; визначають якість роботи пари «поршень-циліндр»; безпосередньо впливають на ресурс і надійність двигуна [1].

Відновлення внутрішньої робочої поверхні гільзи циліндра виконується різними методами, але найбільш часто використовуються розточування і наступне хонінгування.

**Мета роботи.** Встановлення закономірностей впливу основних параметрів процесу хонінгування на показники якості поверхні гільз циліндрів ДВЗ.

**Матеріал і результат досліджень.** Аналіз роботи гільз циліндрів показує, що основними дефектами є: зношення внутрішньої поверхні (76 %); зношення зовнішньої поверхні (18 %); зношення посадкових місць гільзи (4 %); тріщини на поверхні гільзи (1 %); руйнування бурту (1 %) (рис. 1) [1-5].

Хонінгування – процес чистової обробки внутрішньої поверхні гільз циліндрів ДВЗ [1-2], [3]. Хонінгування виконується на хонінгувальних верстатах хонінгувальними головками (хонами). У хонінгувальних головках застосовують переважно абразивні бруски (на основі електрокорунду та карбиду кремнію), алмазні бруски. Хонінгування силікатними брусками забезпечує високу якість поверхні, що обумовлено утворенням в процесі хонінгування

аморфного кремнезему, який під дією абразивних зерен потрапляє до западин оброблюваної поверхні та зчіпляється з поверхнею, а оброблювана поверхня насичується оксидом кремнію [6].

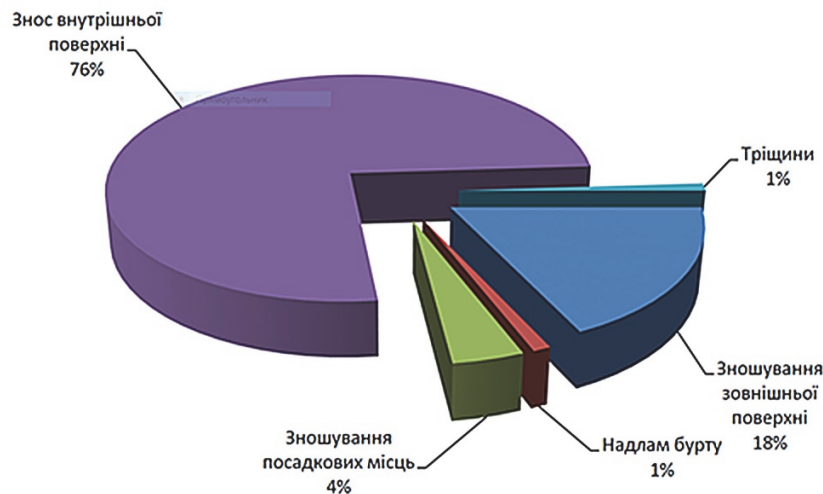


Рис. 1. – Основні дефекти гільзи

Процес хонінгування проводиться за умов рясної подачі мастильно-охолоджуючої рідини в зону різання для відводу тепла, видалення стружки і продуктів зносу з поверхні гільзи та брусків, змащування, що сприяє покращенню умов мікрорізання [1], [3].

**Параметри хонінгування** – це сукупність технологічних режимів і характеристик, які визначають якість обробки внутрішньої поверхні гільзи циліндра ДВЗ.

**Кінематичні параметри** визначають рух хона відносно гільзи:

- **Швидкість обертання шпинделя верстата:**

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

де  $D$  – діаметр отвору, що обробляється, мм;  $n$  – частота обертання хонінгувальної головки, об/хв.

**Швидкість обертання** впливає на шорсткість поверхні гільзи, продуктивність та рівномірність обробки.

- **Швидкість зворотно-поступального руху хонінгувальної головки:**

$$V_{зп} = \frac{2 \cdot L \cdot n_2}{1000},$$

де  $L$  – довжина робочого ходу хонінгувальної головки, мм;

$n_2$  – число подвійних ходів хонінгувальної головки за 1 хв.

- **Кут нахилу траєкторії руху (кут хонінгування)** визначає характер перехресної сітки на поверхні гільзи та істотно впливає на її експлуатаційні властивості [1], [6], [7]. Кут хонінгування формується внаслідок поєднання обертального і зворотно-поступального рухів хона. На якість обробки істотно впливає як абсолютне значення швидкостей  $V_0$  і  $V_{зп}$ , так і їх відношення  $\lambda = \frac{V_0}{V_{зп}}$ , що визначає кут  $\alpha$  сітки рисок (рис. 2).

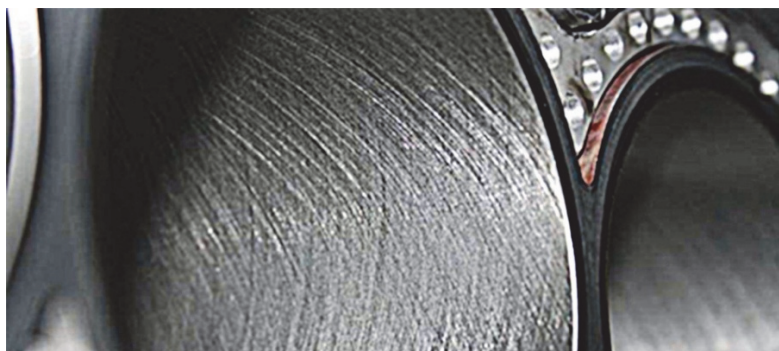


Рис. 2. – Сітка слідів хонінгування на робочій поверхні гільзи

Кут хонінгування може знаходитися в межах від  $40^\circ$  до  $60^\circ$ . Занадто великий кут хонінгування (понад  $60^\circ$ ) виникає при неправильному співвідношенні між швидкостями  $V_0$  і  $V_{зп}$ , коли брусок рухається занадто швидко, а шпиндель обертається занадто повільно, в результаті чого погіршуються експлуатаційні властивості гільзи [6]. Малий кут хонінгування (менше  $40^\circ$ ) утворюється, коли брусок рухається занадто повільно, а шпиндель обертається занадто швидко. Наслідком цього буде швидке зношення поверхні гільзи циліндра під час експлуатації [6].

#### **Силовий параметр хонінгування:**

- **Тиск брусків на поверхню** гільзи впливає на шорсткість поверхні гільзи, визначає інтенсивність зняття матеріалу [1].

Тиск брусків при хонінгуванні залежить від матеріалу брусків і стадії обробки. При хонінгуванні необхідно витримувати тиск у межах до 1,2 МПа, зменшуючи його при початковій обробці та при «виходженні» до 0,2...0,4 МПа.

При збільшенні контактного тиску брусків якість поверхні погіршується після обробки алмазними брусками і покращується після обробки абразивними та силікатними брусками [6].

#### **Технологічні параметри:**

- **Зернистість абразивних брусків** обирається залежно від стадії обробки (чорнова/чистова).

- **Тип абразиву** впливає на зносостійкість та якість поверхні.



- **Тип мастильно-охолоджувальної рідини** забезпечує охолодження, очищення та стабільність процесу.

**Геометричні параметри хонінгування:**

- **Припуск на хонінгування** залежить від матеріалу гільзи та його діаметра.

- **Час обробки** залежить від зносу гільзи та необхідної точності.

На точність обробки глибоких отворів, коли довжина хона менше довжини отвору, особливо сильно впливає величина робочого ходу хонінгувальної головки. Для хонінгування глибоких отворів, робочий хід хонінгувальної головки визначають за формулою:

$$L = l_{\text{отв}} + 2 \cdot l_{\text{пер}} - l_{\text{бр}},$$

де  $l_{\text{отв}}$  – довжина отвору циліндра, мм;  $l_{\text{пер}}$  – величина перебігу брусків за межі отвору, мм;  $l_{\text{бр}}$  – довжина хонінгувального бруска, мм.

Для забезпечення правильної форми циліндрів (тобто відсутності «бочки» або «корсету»), повинно бути певне співвідношення між довжиною брусків, величиною ходу головки та висотою циліндрів.

Експериментальне дослідження впливу режимів хонінгування (швидкості обертання, зворотно-поступального руху, тиску хонінгувальної головки та параметрів абразиву) на відхилення циліндричності гільз циліндрів ДВЗ показало, що найбільший вплив на циліндричність мають тиск та кінематичні параметри процесу, які визначають рівномірність зняття матеріалу по довжині гільзи [7]. Кращу циліндричність можна отримати, коли тиск хонінгування нижчий.

В роботі [8] досліджено вплив технологічних операцій розточування та хонінгування на механічні властивості поверхневого шару гільз циліндрів двигунів. Результати показали, що режими обробки істотно змінюють мікроструктуру, твердість та напружений стан поверхневого шару, що безпосередньо впливає на зносостійкість гільз циліндрів.

**Висновки.** Хонінгування є важливою технологією обробки внутрішньої поверхні гільз циліндрів ДВЗ, яка визначає точність геометричних параметрів, шорсткість поверхні та формування функціонального мікрорельєфу поверхні. Найбільший вплив на якість обробки та циліндричність робочої поверхні гільзи циліндра мають кінематичні параметри (швидкість обертання і зворотно-поступального руху) та тиск брусків, при цьому зменшення тиску сприяє підвищенню точності. Оптимальний кут хонінгування (40...60°) забезпечує необхідні трибологічні властивості та довговічність пари «поршень–циліндр».

## ЛІТЕРАТУРА

1. Олішевська В. Є., Бас К. М., Кривда В. В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Практикум: навч. посіб. Дніпро: НТУ «ДП», 2025. – 223 с. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/170985>.
2. Пузереї А. О. Підвищення післяремонтної довговічності гільз циліндрів дизельних двигунів : магістерська дипломна робота : 208 Агроінженерія. Дніпро, 2022. – 77 с. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/7622>
3. Алексєєв Ю. Розроблення технологічного процесу хонінгування гільз циліндрів 740.1002021 з метою підвищення їх трибологічної надійності : кваліфікаційна робота бакалавра : 274 Автомобільний транспорт. Тернопіль : ТНТУ, 2023. – 54 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42254>.
4. Pawlus P., Reizer R. Functional importance of honed cylinder liner surface texture: A review. *Tribology International*. 2022. Vol. 167, 107409. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.107409>.
5. Кривда В. В., Олішевський І. Г., Олішевська В. Є. Блок циліндрів і гільзи циліндрів двигунів внутрішнього згоряння: матеріали і особливості дефектування при ремонті. *Наука та прогрес транспорту*. 2025. – № 4(112). – С. 80–95. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2025/347574>.
6. Виноградов М. С., Макарова Т. В., Мастепан М. А., Савенок Д. В. Дослідження впливу параметрів процесу хонінгування силікатними брусками на якість обробленої поверхні. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2024. – 1(19). – С. 3–9. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-3-10>.
7. Lu Y., Li J., Liang R., Zhang Y., Luo M., Guo C. Investigation on the effect of honing parameters on cylindricity of engine cylinder liner. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2020. 111:3111–3122. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06321-7>.
8. Ляшенко С. В., Мигаль В. Д. Вплив технологічних операцій розточування та хонінгування на механічні властивості поверхневого шару гільз циліндрів двигунів MAN D0824/D0826. *Молодь і технічний прогрес в АПК: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції* (Харків, 26-27 листоп. 2025 р.). Харків : ДБТУ, 2025. С. 19–22. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/handle/123456789/76591>

УДК 004.92; 711

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ МАНІПУЛЯТОРА ТЮБІНГОУКЛАДАЧА В SOLIDWORKS MOTION

О.В. Панченко<sup>1</sup>, К.С. Заболотний<sup>2</sup>

<sup>1</sup>канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні, e-mail: [panchenko.o.v@nmu.one](mailto:panchenko.o.v@nmu.one)

<sup>2</sup>д-р техн. наук, професор, професор кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні, e-mail: [zabolotnyi.k.s@nmu.one](mailto:zabolotnyi.k.s@nmu.one)

<sup>1,2</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна