

– Субоптимальні контролери (ECMS, MPC) – забезпечують локальну оптимізацію в кожен момент часу, що дає відхилення від глобального оптимуму на 5-12%. ECMS потребує точного визначення фактора еквівалентності, MPC - точної моделі прогнозування швидкості;

– Оптимальний контролер на основі DP – забезпечує глобальний оптимум витрати палива, проте вимагає знання повного їздового циклу наперед, що робить його непридатним для реалізації в реальному часі. Використовується як еталон (benchmark) для оцінки ефективності інших стратегій;

– Інтеграція інформації про майбутні дорожні умови (V2I, V2V комунікації, електронний горизонт) дозволяє субоптимальним контролерам наблизитися до показників DP, зменшуючи відхилення до 2-5%.

Таким чином метод динамічного програмування є оптимальним і показує потенціал зниження витрати палива на 28-35% порівняно з еквівалентним традиційним автомобілем на циклі WLTP.

Висновок. Проведено порівняльний аналіз ефективності різних класів стратегій енергоменеджменту, що дозволяє обґрунтовано обирати підхід залежно від вимог до продуктивності та обчислювальних ресурсів. Метод динамічного програмування забезпечує найкращі показники паливної економічності та може використовуватися для калібрування і валідації контролерів в реальному часі, а також для оцінки впливу системи прогнозування дорожніх умов на ефективність гібридних транспортних засобів.

Література

1. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., Volianskyi, M., Rogatynskyi, R., Solomka, O., Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (127)), 37–46.
2. Aulin V, Liashuk O, Mironov D, Staliński P, Rutkowski M, Lysenko S. Management-Oriented Assessment of Transport Service Quality Using Logistics Monitoring System and Harrington's Desirability Function in Support of SDG 9. *Sustainability*. 2025; 17(17):7837.
3. Hawkins, Troy & Gausen, Ola & Strømman, Anders. (2012). Environmental impacts of hybrid and electric vehicles—A review. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 17. 997-1014. 10.1007/s11367-012-0440-9.
4. Lifecycle assessment and environmental impacts of hybrid electric vehicles fuelled by bioethanol and biogas, (2025), Laene Oliveira Soares, Jose Ricardo Sodre, Ronney Arismel Mancebo Boley. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 216, July 2025, 115652.

УДК 621.891

Н.Ю. Безкидняк, А.М. Колоденний

(Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя)

ОБГРУНТУВАННЯ СИЛОВИХ ТА КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОРІЗКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН

N.Yu. Bezkidnyak, A.M. Kolodenny

SUBSTANTIATION OF FORCE AND KINEMATIC PARAMETERS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF CUTTING AUTOMOTIVE TIRES

На сучасному етапі розвитку промислового виробництва постає проблема раціонального використання наявних енергетичних і сировинних ресурсів. Щодо,

проблеми ефективного використання сировини, актуальним являється підхід, при якому використання первинної сировини допускається у випадку, коли повністю вичерпані існуючі джерела вторинної сировини. Значне місце в даній проблемі займають питання комплексного вторинного використання матеріалів, які широко застосовуються в автомобільній промисловості, зокрема при виготовленні автомобільних шин. При порізці відпрацьованих автомобільних шин доцільно використовувати такі методи порізки, які не пов'язані із складними фізико-хімічними процесами, з можливістю їх механізації та автоматизації при задовільній продуктивності процесу, враховуючи наявну кількість даних шин.

Проведені експериментальні дослідження показали, що основним фактором, який впливає на продуктивність процесу порізки та якість виконуваних робіт є наявність процесу проковзування, попередження якого може бути обумовлене відповідним підбором силових та кінематичних вузлів та агрегатів використовуваного технологічного обладнання, які забезпечують співвідношення D_{ϕ}/S в межах 4...10, де S - середня товщина відпрацьованої шини, D_{ϕ} – зовнішній діаметр робочої фрези.

Підвищення продуктивності процесу порізки автомобільних шин сприяє надання інструменту дійсної спіральної подачі, яка легко реалізується при постійних значеннях колової подачі і подачі радіального врізання.

$$S_d = \sqrt{S_k^2 + S_p^2}$$

Де: S_d – дійсна спіральна подача фрези;

S_k, S_p – відповідно колова і радіальна подачі фрези.

Подачу радіального врізання фрези можна визначити, як частину колової подачі, використавши залежність

$$S_p = (S_k S_d - \xi + a) / L = S_k \Omega / L$$

Де: ξ – деформація шини на початковому етапі врізання фрези;

a – величина заходу різальної кромки фрези в канавку опорного різального ролика;

L – довжина Архімедової спіралі.

Довжина Архімедової спіралі L , починаючи від її полюса визначається за формулою:

$$L = (\psi / 2) (\varphi \sqrt{1 + \varphi^2} + \text{Arsh} \varphi) \dots \dots \dots$$

Де: ψ – параметр Архімедової спіралі;

φ – кут повороту радіуса – вектора в полярних координатах.

Таким чином, довжину Архімедової спіралі L , по якій переміщається крайня точка фрези відносно системи координат XOY , нерухомо зв'язаної з шиною, можна визначити як різницю довжини спіралей при вибраному полюсі у точці початку координат шини.

$$L = (\psi / 2) [(\varphi_2 \sqrt{1 + \varphi_2^2} - (\varphi_1 \sqrt{1 + \varphi_1^2} + (\text{Arsh} \varphi_2 + \text{Arsh} \varphi_1))] \dots \dots \dots$$

Де: φ_1, φ_2 – кути повороту шини у русі при обкатуванні по довжині Архімедової спіралі на ділянках відповідно від полюса 0 до граничних точок області Ω вздовж осі OY (рис. 1).

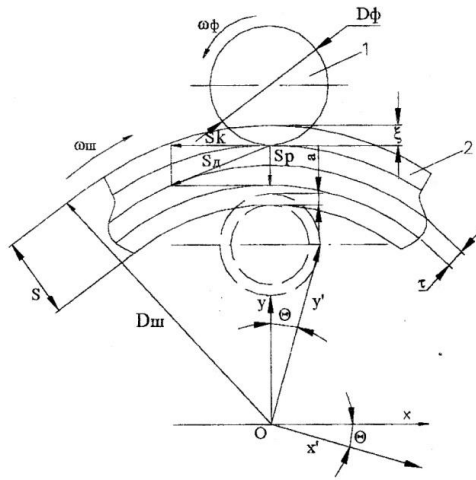


Рисунок 1 Розрахункова схема для технологічного процесу порізки автомобільних шин 1 – фреза; 2 – автомобільна шина

Кути φ_1 , φ_2 можна визначити із співвідношень:

$$\varphi_1 = 2\pi (0,5D_{\text{ш}} - \Omega) / \psi; \quad \varphi_2 = \pi D_{\text{ш}} / \psi$$

Де: $D_{\text{ш}}$ – діаметр шини.

Параметр ψ і крок τ Архімедової спіралі зв'язані співвідношенням $\tau = 2\pi \psi$. Таким чином, крок τ можна виразити через кількість проходів фрези i ; $\tau = \Omega / i$.

Параметр Архімедової спіралі ψ можна визначити в залежності від граничних точок області переміщення фрези та кількості її проходів $\Psi = \Omega / 2\pi i$.

Величину параметра ξ визначаємо із умов радіальної жорсткості автомобільних шин. Так, зв'язок між елементарною силою dF , яка діє на елементарний сектор шини і величиною її деформації, на основі рівнянь, які використовуються для визначення деформації гумових амортизаторів (при їх деформаціях менших 10 - 20% визначається наступним рівнянням:

$$dF = 0,5 E \lambda B D_{\text{ш}} (\varepsilon_{\text{оф}} + \varepsilon_{\text{оф}}^2) d\varphi$$

Де: λ – поправочний коефіцієнт;

B – ширина шини;

E – модуль пружності матеріалу шини;

$D_{\text{ш}}$ – середній діаметр шини;

$\varepsilon_{\text{оф}} = \Delta S_{\varphi} / S$ – відносна деформація виділеного сектора шини.

Припустимо, що $\lambda = \lambda_1 K_{\text{п}}$

Де: λ_1 – коефіцієнт, який враховує конструктивні особливості робочих поверхонь ролика;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, який враховує особливості процесу фіксації шини у початковий момент її порізки.

Як показали результати експериментальних досліджень технологічного процесу порізки автомобільних шин, із використанням спеціального стенду та ріжучого інструменту, задані робочі параметри, вибрані із схеми базування та закріплення шин забезпечили необхідну продуктивність процесу при задовільних показниках якості.