

3. Construction and layout of automobiles and internal-combustion engines : study guide / V. I. Klymenko, O. I. Voronkov, D. M. Leontiev, M. H. Mykhalievych, O. O. Yaryta, S. V. Ponikarovska, O. P. Borzenko, A. Ye. Fandieieva ; KhNAHU. – Kharkiv : Brovin O., 2023. – 248 p.

4. Korohodskyi, V., Leontiev, D., Rogovyi, A., Kryshtopa, S., Gritsuk, I., Voronkov, O., & Prokopiuk, D. (2022). Research of spark ignition engine and internal mixture formation using single-zone, two-zone and three-zone calculation model of it working process. In *SAE Powertrains, Fuels & Lubricants Conference & Exhibition*. SAE Technical Paper.

*Науковий консультант: Дитячєв Олександр Васильович, к.т.н., доц. каф. ІСАТ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.*

Дворічанський Віталій Юрійович, ст. гр. А-42-22, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [mia2005.62@ukr.net](mailto:mia2005.62@ukr.net)

## **ОСОБЛИВОСТІ АЕРОДИНАМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В САЛОНІ АВТОМОБІЛЯ**

Автомобільна система кондиціонування повітря – різновид системи кондиціонування повітря, що встановлюється в автомобілі і дозволяє охолоджувати повітря в салоні, а також очищати його від вологи і сторонніх запахів. У сучасних автомобілях є складовою частиною системи вентиляції та опалення салону.

Комфортні умови означають оптимальні для організму людини температуру і вологість повітря, які можуть варіюватися в залежності від зовнішньої температури і навіть тривалості поїздки.

Для уникнення наслідків перегрівання і створення комфортних умов для водія, пасажирів, для забезпечення безпечного руху в сучасному автомобілі встановлюють клімат контроль. Головний плюс системи – в можливості автоматичного виконання завдань, без участі водія. При цьому виробники не зупинилися на досягнутих результатах. Останні версії клімат-контролю більш досконалі. Так, з'явилася функція зонування, завдяки якій, в різних частинах салону, створюється індивідуальний мікроклімат. Наприклад, для області водія може здаватися одна температура, а для пасажира – інша.

Зміна розподілу температури в салоні автомобіля відбувається за рахунок поглинання елементами автомобіля теплової енергії сонця і теплової енергії силового агрегату [1-4]. На цей розподіл впливають зовнішні фактори, такі як температура зовнішнього повітря ( $t_3$ ), його вологість ( $R_3$ ), а так само швидкість руху повітря ( $V_{п}$ ). Призначенням традиційних систем опалення вентиляції в автомобілі при високій зовнішній температурі є створення комфортних умов для водія і пасажирів, але ці системи з таким завданням не справляються. Узагальнюючим показником, кількісно характеризує спільна дія на організм водія параметрів мікроклімату, є результуюча температура:

$$T_p = f(t_3; R_3; t_{\text{п}}; V_{\text{п}}), \quad (1)$$

де  $t_3$  – температура зовнішнього повітря, °С;

$R_3$  – вологість зовнішнього повітря, %;

$t_{\text{п}}$  – час нагрівання повітря, хв;

$V_{\text{п}}$  – швидкість повітря, м/с.

При русі повітря "зіштовхується" з різними елементами системи вентиляції, які перешкоджають руху повітря. Місцеві опори, які характеризуються відповідним коефіцієнтом місцевого опору (втрата тиску).

Для проведення аеродинамічного розрахунку всі ці параметри "зв'язуються" формулою

$$DP = x \cdot r \cdot \frac{v^2}{2}, \quad (2)$$

де  $DP$  – втрата тиску.

$x$  – коефіцієнт місцевого опору;

$r$  – густина робочого тіла;

$v$  – швидкість руху робочого тіла;

Таким чином, завдання проведення аеродинамічного розрахунку полягає у визначенні сумарної величини втрати тиску на всіх елементах. Завдання обладнання системи вентиляції автомобіля: втягти свіже повітря з вулиці; очистити повітря від пилу і пуху; підігріти повітря (в зимовий період року); знизити рівень звукового тиску; розподілити підготовлене повітря по приміщеннях; рівномірно роздати підготовлене свіже повітря по кожному приміщенню; зібрати відпрацьоване повітря по кожному приміщенню; зібрати відпрацьоване повітря з усіх приміщень; видалити відпрацьоване повітря на вулицю.

Аеродинамічний опір прийомних і змішувальних блоків,  $Pa$ , визначається як:

$$\Delta P_{\text{пс}} = b \cdot \left( \frac{G_{\text{п}}}{3600 \cdot \rho_{\text{п}} \cdot F_{\text{фр}}} \right)^2, \quad (3)$$

де  $b$  – коефіцієнт, який приймається для повітрязабірних секцій  $b = 2,3$ ; а для змішувальних  $b = 3,1$ ;

$G_{\text{п}}$  – маса повітря, кг;

$\rho_{\text{п}}$  – густина повітря ( $\rho_{\text{п}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ );

$F_{\text{фр}}$  – площа фронтального перетину,  $\text{м}^2$ .

Метою аеродинамічного розрахунку є визначення втрат напору (опору) системи розподілу повітря і зіставлення цих втрат з вільним тиском вентилятора, що визначаються завданням. Розрахунок вважається виконаним правильно, якщо забезпечується умова:

$$\Delta P_{\text{пот}} \leq P_{\text{вільн}}, \quad (4)$$

Розрахунковий тиск (витрати напору) визначаються за формулою

$$\Delta P_{\text{пот}} = 1,1 \cdot \sum(\Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{м}}), \quad (5)$$

де 1,1 – коефіцієнт запасу на непередбачені опори;

$\Delta P_{\text{тр}}$  – втрати напору на тертя окремих ділянок;

$\Delta P_{\text{м}}$  – втрати напору на місцеві опори окремих ділянок;

Для виконання розрахунку становлять схему і розбивають її на окремі ділянки (рис. 1), в межах яких витрата повітря, розмір повітропроводів і швидкість руху повітря постійні. Розрахункова схема складається для найбільш протяжної гілки мережі повітропроводів. Розрахунок починають з найбільш віддаленої ділянки.

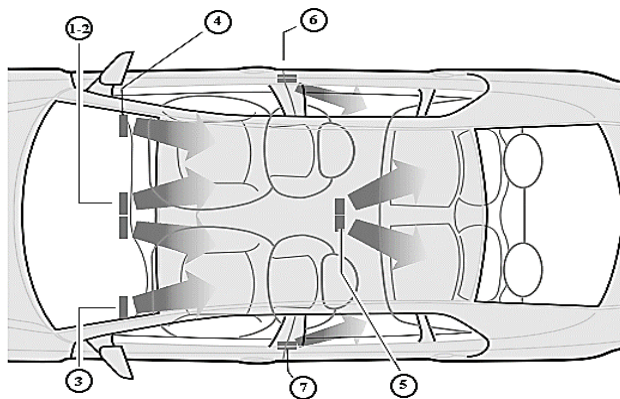


Рисунок 1 – Схема ділянок розподілу повітря

Втрати напору на тертя для кожної ділянки, Па, розраховуються за виразом (5). Дані розрахунків представлені на діаграмі (рис. 2).

$$\Delta P_{\text{тр}} = \xi_i \cdot \frac{l_i}{d_i} \cdot \frac{\rho \cdot W_i^2}{2}, \quad (6)$$

де  $\xi_i$  – коефіцієнт опору тертю для окремої ділянки;

$l_i$  – довжина окремої ділянки;

$d_i$  – діаметр круглого повітроводу;

$\rho$  – густина повітря;

$W_i$  – швидкість руху повітря на окремій ділянці.

Визначимо коефіцієнти опору тертю за формулою (7), результати розрахунків і представлені на діаграмі (рис. 2):

$$\xi_i = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0001}{d_i} + \frac{68}{Re} \right) \cdot 0,25, \quad (7)$$

де  $d_i$  – визначальний розмір повітроводу;

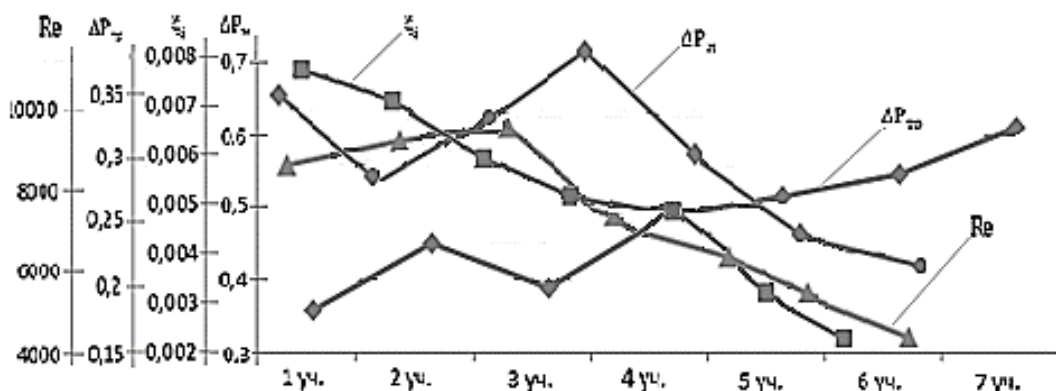
$Re$  – число Рейнольдса для певної ділянки повітроводу.

Число Рейнольдса для кожної ділянки розрахуємо за формулою (8), результати розрахунків представлені на діаграмі (рис. 2).

$$Re = \frac{W_i \cdot d_i}{\nu}, \quad (8)$$

Втрати натиску на місцеві опори визначимо за формулою (9) на окремих ділянках (рис. 2).

$$\Delta P_M = \sum \psi_i \cdot \frac{\rho \cdot W_i^2}{2}. \quad (9)$$



$\xi_i$  – коефіцієнт опору тертю для окремої ділянки;  $l_i$  – довжина окремої ділянки;  $d_i$  – діаметр круглого повітроводу;  $\rho$  – густина повітря;  $W_i$  – швидкість руху повітря на окремій ділянці

Рисунок 2 – Аеродинамічний розрахунок параметрів мікроклімату в салоні автомобіля

Використані чисельні методи для моделювання режимів кондиціонування в салоні автомобіля; розраховані залежності втрати натиску на тертя для кожної ділянки, протяжної гілки мережі повітроводів; визначені коефіцієнти опору тертя і сумарні втрати на тертя всього повітроводу і місцеві опори на окремих ділянках.

### Література

1. Air conditioning for passenger cars. Access mode: <http://surl.li/dhaxz>.
2. Automotive air conditioning. Access mode: <http://surl.li/dhayq>.
3. HVAC System for Cars and Automotive Vehicles. Access mode: <http://surl.li/dhayw>.
4. Design of ROVAC Air-Conditioning System for a Car. Access mode: <http://surl.li/dhbac>.
5. Construction and layout of automobiles and internal-combustion engines : study guide / V. I. Klymenko, O. I. Voronkov, D. M. Leontiev, M. H. Mykhalievych, O. O. Yaryta, S. V. Ponikarovska, O. P. Borzenko, A. Ye. Fandieieva ; KhNAHU. – Kharkiv : Brovin O., 2023. – 248 p.
6. Automobile. Theory and operational properties : study guide / S. M. Shuklinov, V. I. Klymenko, D. M. Leontiev, M. M. Aloksa ; KhNAHU. – Kharkiv : Brovin O., 2023. – 278 p.
7. Богомолів, В. О. Математичне моделювання робочих процесів колісних та гусеничних транспортних засобів : навч. посіб. / В. О. Богомолів, Д. М. Леонт'єв. – Харків : ФОП Бровін О. В., 2025. – 170 с.

*Науковий консультант: Мармут Ігор Арнольдович, к.т.н., доц. каф. ІСАТ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.*

Захарченко Данило Віталійович, ст. гр. А-41-22, Довженко Дмитро Вікторович, А-52-25, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

**Вступ.** Машини стають дедалі складнішими й дорожчими, а прогрес у цій сфері лише прискорюється. Хоча сучасні авто стали комфортнішими та швидшими, їхня будова настільки заплутана, що це автоматично робить ремонт і сервіс дорожчими. Технічний стан систем ходової частини визначає динамічні характеристики та безпеку транспортного засобу. Використання новітніх засобів діагностування гарантує отримання повної та точної картини стану вузлів для підтримки оптимальних показників керованості й економічності.

Дослідження технічного стану ходової частини — це комплекс заходів, спрямованих на виявлення зносу, деформацій або пошкоджень вузлів, що відповідають за стійкість, керованість та комфорт автомобіля [1].

На рис. 1 наведена загальна схема визначення технічного стану елементів ходової частини сучасного автомобіля.