

О. А. Тригуб<sup>1</sup>  
В. В. Загубинога<sup>1</sup>  
Л. А. Тарандушка<sup>1</sup>

## ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАГНІТАЮЧИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ

<sup>1</sup>Черкаський державний технологічний університет

Усім водіям і пасажиром відома проблема нагрівання повітря та елементів салону автомобіля, коли він знаходиться на відкритій парковці в літню пору року. Влітку в сонячну погоду автомобіль та його салон можуть нагріватись більш ніж на 30 °С, в порівнянні з температурою навколишнього середовища. В таких температурних режимах транспортування людей неможливе, так як людина може отримати тепловий удар, що призведе до втрати працездатності або летального випадку. Зазвичай такі проблеми вирішуються встановленням в автомобілі додаткових систем клімат-контролю. Щоби забезпечити необхідні показники температури в салоні автомобіля застосовують системи кондиціонування повітря. Однак найвагомимим недоліком таких систем є те, що всі вони працюють лише із запущеним двигуном внутрішнього згорання і абсолютно не дієздатні, коли автомобіль знаходиться на парковці. Доки автомобіль перебуває на парковці, його двигун вимкнений і система кондиціонування не може забезпечити вентиляцію і підтримання комфортної температури. Для вирішення такої проблеми, автори розробили незалежну від двигуна внутрішнього згорання автоматичну систему вентиляції кузова, що працює на сонячних батареях. Для забезпечення ефективності роботи такої системи, повітря, що виводиться з салону не повинно встигати нагріватись до температур не комфортних для людини. Це має забезпечуватись необхідною продуктивністю вентиляторів, що відводять нагріте повітря із салону. Розроблено математичну модель для розрахунку продуктивності нагнітаючих вентиляторів системи автоматичної вентиляції кузовів автомобілів будь-якої конструкції. На основі поданої моделі проведено розрахунки для визначення продуктивності вентиляторів для вентиляції кузова типу КУНГ. Визначено, що продуктивність вентиляторів залежить головним чином від площ поверхонь кузова та географічного розташування.

**Ключові слова:** системи вентиляції повітря, акумуляування теплової енергії, комфорт та безпека автомобіля.

### Вступ

Під час перевезення людей в спеціалізованих автомобільних фургонках, однією з найважливіших умов для безпеки пасажирів є забезпечення оптимального мікроклімату.

В літню пору в сонячну погоду автомобіль та його салон можуть нагріватись більш ніж на 30 °С, в порівнянні з температурою навколишнього середовища. В таких температурних режимах транспортування людей неможливе, так як людина може отримати тепловий удар, що призведе до втрати працездатності або летального випадку.

За звичайних розмірів кузовів легкових автомобілів на одного пасажирів припадає 0,4...0,7 м<sup>3</sup> повітря, у кабіні вантажного автомобіля — 0,6...0,9 м<sup>3</sup> і в автобусах у разі заповнення тільки сидячих місць — 0,7...1,2 м<sup>3</sup>. У цих умовах відсутність вентиляції приводить до швидкого нагромадження вологи та вуглекислого газу, що негативно впливає на пасажирів та їхній стан.

Навіть за умови короткочасного перебування людини в автомобілі мінімальна кількість свіжого повітря повинна становити 11,3 м<sup>3</sup>/хв. [1]. Однак у літню пору залежно від величини й форми салону потреба у свіжому повітрі може зрости до 17 м<sup>3</sup>/хв і навіть 22 м<sup>3</sup>/хв.

Щоби забезпечити необхідні показники температури, вологості та хімічного складу повітря застосовують керування мікрокліматом що включає в себе такі складові: опалення, вентиляція, кондиціонування.

Розробка системи автоматичної вентиляції кузова автомобіля (САВКА) та кондиціонування —

одна з підгалузей машинобудування, заснована на принципах термодинаміки, гідродинаміки і теплотеплопередачі. Системи опалення вентиляції та кондиціонування (ОВК) — важливий компонент розробки автомобілів та спеціалізованих транспортних засобів, де безпечні та комфортні умови щодо температури і вологості підтримуються з допомогою подачі зовнішнього повітря. Це є одним з найважливіших аспектів забезпечення працездатності та комфорту людей. Однак найвагомим недоліком таких систем є те, що всі вони працюють лише із запущеним двигуном внутрішнього згорання і абсолютно не дієздатні, коли автомобіль знаходиться на парковці.

В статті [2] розглянуто проблему смертності дітей та домашніх тварин, залишених в салоні легкового автомобіля на парковці під палючим сонцем. Явище акумулювання тепла в салоні автомобіля є досить актуальним з точки зору підвищення комфорту та безпеки автомобіля. Але дослідження, спрямовані на усунення такого явища, не проводились. Отже, смертність дітей або тварин змушує прискіпливіше відноситись до створення умов, в яких навіть через необачність батьків, залишена дитина в салоні автомобіля буде в умовній безпеці та не загине внаслідок гіпертермії.

Разом з тим, проблема акумуляції тепла актуальна не лише для легкових автомобілів. Автомобілі спеціального призначення, зокрема пересувні штаби або мобільні казарми, що тривалий час перебувають під відкритим сонцем, також мають необхідність постійного оновлення внутрішнього повітря, оскільки в них одночасно може знаходитись до десяти людей. А залишати весь цей час двигун запущеним недоцільно з багатьох причин: і через надмірні витрати палива, і через неекологічність викидів, і через спрацювання систем двигуна.

Салон автомобіля є своєрідним парником, до якого надходить тепло від навколишнього середовища. В результаті цього повітря салону нагрівається та акумулюється, не оновлюючись свіжим та прохолодним повітрям ззовні. Наявність, наприклад, автономної вентиляції салону сприяло б тепловідведенню від його елементів, коли автомобіль знаходиться тривалий час на стоянці.

В роботі [2] запропоновано створити САВКА, яка працює автономно від двигуна внутрішнього згорання і не залежить від людського фактора. Задача САВКА — забезпечити оптимальний температурний режим автомобіля, який знаходиться на стоянці, шляхом примусової вентиляції салону. Крім цього САВКА створює умови, сприятливі для безпечного перебування дітей або тварин в салоні автомобіля.

Конструктивно САВКА (рис. 1) — це система повітряних шляхів, через які свіже повітря з навколишнього середовища подається в салон автомобіля, забезпечуючи безпечний для життя оптимальний температурний режим. Наповнення салону автомобіля свіжим повітрям здійснюється за допомогою вентиляторів, розташованих в багажному відділенні. Відведення повітря з салону забезпечують додаткові вентилятори, які вмонтовані в передній частині автомобіля (в моторному відсіку). Ввімкнення вентиляторів здійснюється автоматично зі спрацюванням теплового реле, налаштованого на оптимальний температурний режим в салоні транспортного засобу. Роботу вентиляторів забезпечує автономна система енергопостачання (АСЕП), яка живиться від окремої акумуляторної батареї (АКБ). АКБ, в свою чергу, заряджається енергією сонця від сонячної панелі, встановленої на даху автомобіля.

В такий спосіб повністю забезпечується автономний режим роботи запропонованої системи без використання штатної АКБ автомобіля. Основним критерієм вимкнення системи САВКА є оптимальна температура в салоні автомобіля.

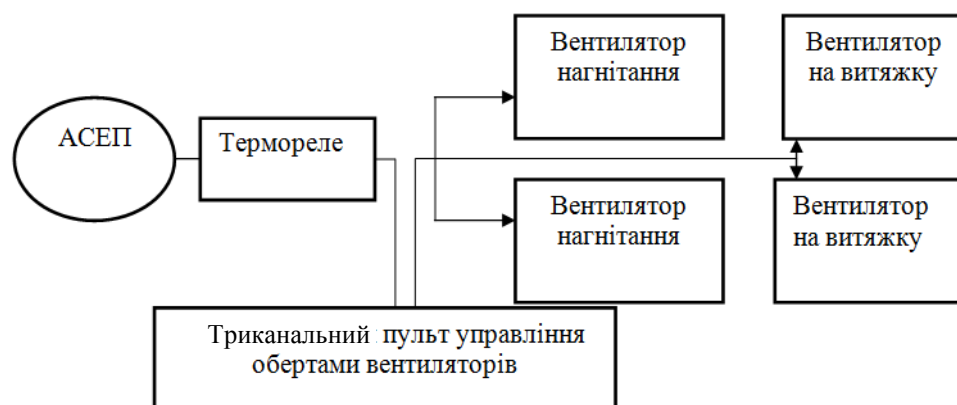


Рис. 1. Блок-схема роботи системи автоматичної вентиляції кузова автомобіля

Разом з тим винахід авторів є лише концептуальним і потребує вдосконалення. Зокрема важливим є питання продуктивності вентиляторів САВКА задля ефективного відведення акумульованого тепла з салону. Що більшими будуть знаходження тепла всередину кузова, то більшою має бути продуктивність нагнітаючих та витяжних вентиляторів.

Ефективність роботи САВКА цілком буде залежати і від конструкції кузова, тобто від матеріалів та їх властивостей передавати тепло, а також від кількості пасажирів у салоні. Таким чином, постає необхідність розв'язання задачі, яка б дозволяла визначати теплові надходження з навколишнього середовища в кузови різних конструкцій та призначення.

*Мета роботи* — розробити математичну модель для розрахунку продуктивності вентиляторів САВКА задля забезпечення ефективного відведення акумульованого тепла з салону автомобіля.

### Виклад основного матеріалу

Побудуємо математичну модель розрахунку надходжень тепла в кузов на прикладі КУНГа (кузова уніфікованого нормального габариту). Вибір кузова типу КУНГ зумовлений наявністю різних варіантів прозорих і непрозорих поверхонь, через які надходить тепло (рис. 1). В КУНГі наявні як вертикальні так і похилі прозори і непрозори поверхні. Це дозволить використовувати цю модель і для інших типів кузовів, де є менше варіантів поверхонь для теплонадходжень, прирівнявши такі величини до нуля.

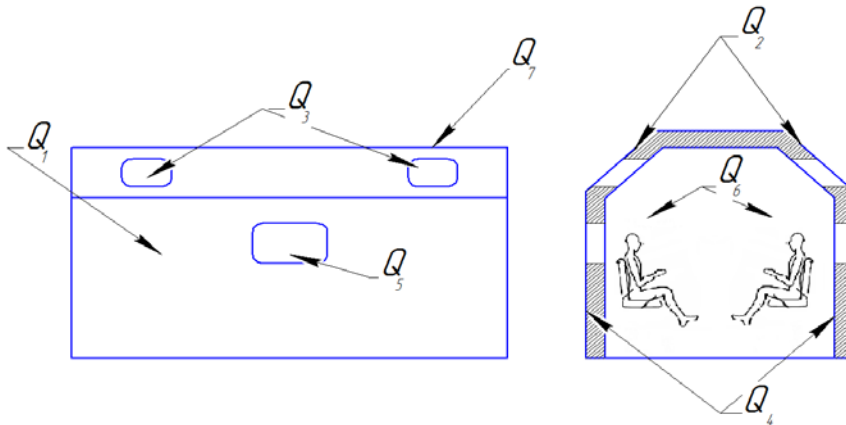


Рис. 1. Розрахункова схема надходження тепла до кузова типу КУНГ

Рівняння теплового балансу кузова типу КУНГ матиме вигляд (див. рис. 1)

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 = Q_{\text{САВКА}}, \quad (1)$$

де  $Q_1$  — інфільтрація сонячного випромінювання, Вт;  $Q_2$  — кількість теплоти що надходить через похилі площини даху, Вт;  $Q_3$  — кількість теплоти що надходить через вікна на похилих площинах даху, Вт;  $Q_4$  — кількість теплоти що надходить через вертикальні стінки кузова, Вт;  $Q_5$  — кількість теплоти що надходить через вікна у вертикальних стінках кузова, Вт;  $Q_6$  — кількість теплоти що виділяється пасажиром, Вт;  $Q_7$  — кількість теплоти що надходить через горизонтальну площину даху, Вт;  $Q_{\text{САВКА}}$  — загальна кількість теплоти, яка відводиться з кузова системою вентиляції САВКА, Вт.

Тепловий потік через елементи кузова може бути направлений як в салон, так і назовні, це залежить від різниці температур в салоні та зовні. В теплу пору року під дією сонячного випромінювання через елементи кузова фургона тепло проникає в салон. У зимовий час вплив сонячного випромінювання не враховується, тепло втрачається шляхом теплопередачі через стінки салону [3], [5].

Аналіз теплового балансу салону сучасного автомобіля для літнього періоду року показує, що теплота, яка надходить від сонячної радіації, становить 30...50 % загальної кількості теплоти, теплопередачею — 15...20 %, від водія і пасажирів — 12...40 %, [3], [5].

Під час роботи системи вентиляції в теплу пору року тепловий баланс складається для визначення теплонадлишків, які повинні бути видалені системою вентиляції. З формули (1) випливає

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 - Q_{\text{САВКА}} = 0. \quad (2)$$

Формула (2) показує, що для забезпечення оптимального теплового режиму система вентиляції

повинна виводити таку ж кількість теплоти, яка надходить в кузов.

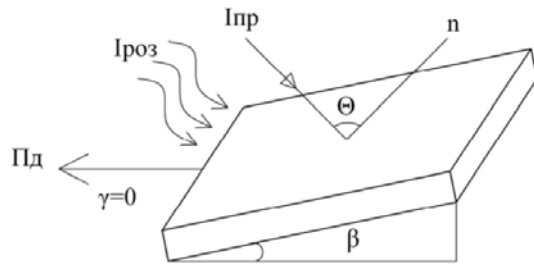


Рис. 2. Надходження сонячної енергії на довільну поверхню

Для визначення кількості теплоти, що надходить в кузов, необхідно розрахувати максимальне значення сумарної сонячної енергії на орієнтовану довільним чином поверхню, Вт/м<sup>2</sup> [6]:

$$I_{\text{пр}} = I_m \cdot \cos \theta, \quad (3)$$

де  $I_m$  — питома потужність сонячного випромінювання біля земної поверхні, що потрапляє на перпендикулярну сонячним променям поверхню при масі атмосфери  $m$ , Вт/м<sup>2</sup>;  $\theta$  — кут між напрямком випромінювання та нормаллю до поверхні, град (рис. 2).

Косинус кута  $\theta$  можна знайти зі співвідношення

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \phi \cos \beta - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \tau + \\ & + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \tau + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \tau, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $\beta$  — кут нахилу поверхні до горизонтальної площини, град;  $\delta$  — нахил Сонця, град;  $\phi$  — географічна широта місцевості, град;  $\tau$  — часовий кут Сонця в конкретний момент часу, відраховується від моменту істинного полудня, град;  $\gamma$  — азимутальний кут площини, тобто відхилення нормалі до площини від місцевого меридіана, град.

Нахил Сонця для визначеного дня року знаходиться за наближеною формулою Купера

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[ 2 \frac{(284 + N)}{365} \right], \quad (5)$$

де  $N$  — порядковий номер дня року (1 відповідає 1-му січня).

Питома потужність сонячного випромінювання біля земної поверхні  $I_m$ , визначається залежністю [6]

$$I_m = 1085,46 - 194,10 \cdot \frac{1}{\sinh} + 11,36 \cdot \frac{1}{\sin^2 h}, \quad (6)$$

де  $h$  — висота Сонця, град;  $1/\sinh$  — повітряна маса.

Свою чергою,  $\sinh$  знаходиться за формулою

$$\sinh = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau. \quad (7)$$

Щоб спростити подальші розрахунки, доцільно подати формулу (3) у такому вигляді:

$$I_{\text{пр}} = I_m (A_1 \cos \tau + A_2 \sin \tau + A_3), \quad (8)$$

де

$$A_1 = \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \beta, \quad (9)$$

$$A_2 = \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma, \quad (10)$$

$$A_3 = \sin \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \beta - \sin \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma. \quad (11)$$

Часові кути, які відповідають початку і закінченню опромінення поверхні, знаходяться як корені рівняння

$$A_1 \cos \tau + A_2 \sin \tau + A_3 = 0. \quad (12)$$

Для визначення питомої потужності сонячного випромінювання, яке падає на горизонтальну поверхню використовується формула, отримана в результаті аналізу даних (5),

$$I_{\text{г}} = 137,10 - 28,82 \cdot \frac{1}{\sinh} + 2,27 \cdot \frac{1}{\sin^2 h}. \quad (13)$$

Тоді загальна питома потужність сонячного випромінювання, що надходить на довільно орієнтовану поверхню, складає

$$I_{\text{с}} = I_{\text{пр}} + I_{\text{роз}}. \quad (14)$$

Враховуючи (6) та (8), залежність (14) можна подати у вигляді

$$I_c = \left( 1085,46 - 194,10 \cdot \frac{1}{\sinh} + 11,36 \cdot \frac{1}{\sin^2 h} \right) \cdot (A_1 \cos \tau + A_2 \sin \tau + A_3) + \left( 137,10 - 28,82 \cdot \frac{1}{\sinh} + 2,27 \cdot \frac{1}{\sin^2 h} \right). \quad (15)$$

Підставивши у вираз (15) співвідношення (7), отримаємо вираз для  $I_c$ :

$$I_c = \left( 1085,46 - 194,10 \cdot \frac{1}{\sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau} + 11,36 \cdot \frac{1}{(\sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau)^2} \right) \cdot (A_1 \cos \tau + A_2 \sin \tau + A_3) + \left( 137,10 - 28,82 \cdot \frac{1}{\sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau} + 2,27 \cdot \frac{1}{(\sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau)^2} \right). \quad (16)$$

Результати, отримані за формулою (16), подані в табл. 1. В подальшому вони будуть використані в розрахунку кількостей теплоти  $Q_i$  для поверхонь під різними кутами опромінення.

Таблиця 1

Дані розрахунків питомої потужності сонячного випромінювання, що падає на поверхню, орієнтовану в напрямку сонця ( $\gamma = 0$ ) в м. Черкаси (Україна)

Кут розташування поверхні, $\beta$	Питома потужність сонячного випромінювання
45°	1058 Вт/м <sup>2</sup>
0°	650 Вт/м <sup>2</sup>
90°	795 Вт/м <sup>2</sup>

Теплонадходження за рахунок інфільтрації зовнішнього повітря в салон визначається [4], [7]

$$Q_1 = -\frac{0,5(Q_4 + Q_5 + Q_7)}{3}, \quad (17)$$

де  $Q_1$  — кількість теплоти що втрачається за рахунок інфільтрації, Вт. Знак мінус вказує на втрати тепла, оскільки температура в середині кузова більша ніж ззовні; 0,5 — емпіричний коефіцієнт.

Для розрахунку кількості теплоти  $Q_2$ , що проходить через похилі стінки кузова, застосовується формула [4], [7]

$$Q_2 = K_{зв} F_{сум}^n (t_3 - t_b) + D_c F_{сум}^n I_{пр}, \text{ Вт}, \quad (18)$$

де  $t_3$  — середня температура зовнішнього повітря, характерна для кліматичної зони, °С;  $t_b$  — температура в середині кузова, °С;  $K_{зв}$  — коефіцієнт теплопередачі непрозорої стінки, розраховується за формулою (19);  $D_c$  — коефіцієнт пропускання теплоти сонячної радіації непрозорих об'єктів,  $D_c = 0,025$ ;  $F_{сум}^n$  — площа непрозорих похилих стінок салону.

$$K_{зв} = 1 / \left( \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_i^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{зв}} \right), \quad (19)$$

де  $\alpha_{вн}$  — коефіцієнт тепловіддачі від гарячого теплоносія до стінки, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $\delta_i$  — товщина теплопровідності непрозорої стінки, м;  $\lambda_i$  — коефіцієнт теплопровідності непрозорої стінки, Вт/(м·К);  $\alpha_{зв}$  — коефіцієнт тепловіддачі від стінки до холодного теплоносія, Вт/(м<sup>2</sup>·°С)

$$\alpha_{вн} = 5,74 \cdot 0,07 (t_{3c} - t_b), \quad (20)$$

де  $t_{3c}$  — температура зовнішньої стінки кузова, °С;  $t_b$  — температура в середині кузова, °С.

Для розрахунку кількості теплоти  $Q_3$  що надходить через вікна на похилих площинах даху, використовуємо формулу [4], [7]

$$Q_3 = k_c S_c^n (T_{ze} - T_v) + D_c S_c^n \cdot I_{пр}, \quad (21)$$

де  $k_c$  — коефіцієнт теплопередачі скла, Вт/(м<sup>2</sup>·°C),  $k_c = 1$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $S_c^n$  — площа скла салону на похилих площинах, м<sup>2</sup>;  $T_{ze}$  — еквівалентна температура зовнішнього повітря °C;  $T_v$  — середня температура повітря в салоні автомобіля, °C;  $D_c$  — коефіцієнт пропускання теплоти сонячної радіації для скла;  $D_c = 0,9$ ;  $I_{пр}$  — питома потужність сонячного випромінювання, що падає на орієнтовану довільним чином поверхню, Вт/м<sup>2</sup>.

Для розрахунку кількості теплоти  $Q_4$ , що проходить через вертикальні стінки кузова застосовуємо формулу, аналогічну (18)

$$Q_4 = K_{зв} F_{сум}^B (t_3 - t_v) + D_c F_{сум}^B \cdot I_{пр}, \quad (22)$$

де  $F_{сум}^B$  — площа непрозорих вертикальних стінок салону, м<sup>2</sup>.

Розрахуємо кількість теплоти  $Q_5$ , що надходить через вікна у вертикальних стінках кузова [4], [7]

$$Q_5 = k_c S_c^g \cdot (T_{ze} - T_v) + D_c S_c^B \cdot I_{пр}, \quad (23)$$

де  $S_c^B$  — площа скла салону на вертикальних площинах, м<sup>2</sup>.

Кількість теплоти  $Q_6$  [4], [7]

$$Q_6 = n (q_{явн} + q_{пр}). \quad (24)$$

де  $n$  — кількість людей у кузові;  $q_{явн}$  — кількість явної теплоти, яку виділяє людина за одиницю часу,  $q_{явн} = 65$  Вт;  $q_{пр}$  — кількість прихованої теплоти, яку виділяє людина за одиницю часу,  $q_{пр} = 41$  Вт.

Величину теплонадходжень через горизонтальну поверхню кузова  $Q_7$  прирівнюємо до нуля, так як на цю поверхню встановлюється сонячна панель, що затіняє дах КУНГа.

Сумарна кількість тепла, яка надходить в салон, визначає продуктивність установки кондиціонування повітря салону [4], [7], м<sup>3</sup>/с.

$$L = \frac{Q_{САВКА}}{c \cdot \gamma \cdot (t_p - t_n)}, \quad (25)$$

де  $Q_{САВКА}$  — сума надлишкових виділень тепла, кВт;  $\gamma$  — густина повітря,  $\gamma = 1,22$  кг/м<sup>3</sup>;  $c$  — теплоємність повітря,  $c = 1,006$  кДж/кг °C;  $t_p$ ,  $t_n$  — температура приточного повітря та повітря, що вилучається, відповідно, °C.

Таким чином, використовуючи вище вказані формули можна розрахувати продуктивність САВКА для будь-якого типу кузова. У табл. 2 зведено вхідні дані та результати розрахунку продуктивності САВКА для кузова типу КУНГ.

Таблиця 2

Вхідні дані та результати розрахунку продуктивності САВКА для кузова типу КУНГ

Вхідні дані			
Температура зовнішнього повітря $t_3 = 35$ °C	Площа скла салону на похилих площинах $S_c^n = 0,41$ м <sup>2</sup>	Площа непрозорих похилих стінок салону $F_{сум}^n = 3,2$ м <sup>2</sup>	Кількість людей в салоні $n = 6$
Температура внутрішнього повітря салону $t_6 = 37$ °C	Площа скла салону на вертикальних площинах $S_c^B = 0,35$ м <sup>2</sup>	Площа непрозорих вертикальних стінок салону $F_{сум}^B = 11,8$ м <sup>2</sup>	
Результати розрахунку			
Інфільтрація сонячного випромінювання $Q_1 = -195$ Вт	Кількість теплоти, що надходить через похилі стінки кузова $Q_2 = 80$ Вт	Кількість теплоти, що надходить через вікна на похилих площинах даху $Q_3 = 390$ Вт	Кількість теплоти, що надходить через вертикальні стінки кузова $Q_4 = 175$ Вт
Кількість теплоти, що надходить через вікна у вертикальних стінках кузова $Q_5 = 204$ Вт	Кількість теплоти, що виділяється пасажирями $Q_6 = 636$ Вт	Загальна кількість теплоти, відведена з кузова системою вентиляції САВКА $Q_{САВКА} = 1,290$ кВт	Продуктивність установки кондиціонування повітря салону $L = 0,175$ м <sup>3</sup> /с

## Висновки

1. Розроблено математичну модель для розрахунку продуктивності нагнітаючих вентиляторів САВКА для кузовів автомобілів будь-якої конструкції.

2. Визначено, що продуктивність САВКА залежить головним чином від площ поверхонь кузова та географічної широти місцевості.

3. Розрахунки показали, що для спеціалізованого автомобіля, в кузові якого знаходиться шість пасажирів, 49 % всіх теплонадходжень складають тепловиділення від людей, що вже визначає необхідність примусової вентиляції, незалежно від сонячного нагріву.

4. Розраховано, що для спеціалізованого автомобіля з кузовом типу КУНГ, продуктивність САВКА складає  $0,175 \text{ м}^3/\text{с}$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] І. А. Пономарчук, та О. Б. Волошин, *Вентиляція та кондиціонування повітря*. Вінниця, ВНТУ, 2004, 121 с.
- [2] О. А. Тригуб, М. М. Балута, та І. А. Шльончак, «Автоматична система усунення акумулюючого тепла в салоні автомобіля,» *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 3, с. 162-167, 2015.
- [3] В. П. Хохлаков, *Вентиляция, отопление и обеспыливание воздуха в кабинах автомобилей*. Москва: Машиностроение, 1987, 152 с.
- [4] М. Г. Маханько, Ю. П. Сидоров, А. Хенач, и М. М. Шмидт, *Кондиционирование воздуха в пассажирских вагонах и на локомотивах*. Москва: Транспорт, 1981, 254 с.
- [5] М. В. Михайлов, и С. В. Гусева, *Микроклимат в кабинах мобильных машин*. Москва: Машиностроение, 1977, 230 с.
- [6] Е. А. Макарова, *Солнечная постоянная*. Москва: Советская энциклопедия, 1986, 627 с.
- [7] С. А. Веселов, и Ф. В. Веденев, *Вентиляционные и аспирационные системы*. Москва: Колос, 2004, 240 с.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 17.04.2018

**Тригуб Оксана Анатоліївна** — канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, e-mail: toa\_oks@ukr.net ;

**Загубинога Владислав Віталійович** — студент факультету комп'ютеризованих технологій машинобудування і дизайну;

**Тарандушка Людмила Анатоліївна** — канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації.

Черкаський державний технологічний університет, Черкаси

**O. A. Tryhub<sup>1</sup>**  
**V. V. Zahubynoha<sup>1</sup>**  
**L. A. Tarandushka<sup>1</sup>**

## Determining of Heating Fans Productivity of the Car Body Automatic Ventilation System

<sup>1</sup>Cherkasy State Technological University

*All drivers and passengers are aware of the heating air and car elements in the car's cabin when it is on the open car park in the summer season. In summertime, when the weather is sunny, the car and its cabin can be heated by more than 30 °C, compared to ambient temperatures. In such temperature modes, transportation of people is not possible, as a person can get a heat stroke, which will result in loss of working capacity or a fatal case. Usually such problems are solved by installing additional climate control systems in the car. To provide the necessary temperature indicators in the car cabin, air conditioning systems are used. However, the most important disadvantage of such systems is that they all work only when the engine is started and absolutely not capable when the car is in the parking lot.*

*While the car is parked, its engine is off and the air conditioning system cannot provide ventilation and maintain a comfortable temperature. To solve this problem, the authors developed an autonomous solar-powered cabin ventilation system independent of the engine. To ensure the effectiveness of such a system, the air coming out of the cabin should not be able to heat up to temperatures not comfortable for humans. This should be ensured by the necessary performance of the fans, which remove the heated air from the cabin. A mathematical model for calculating the performance of inlet fans in the system of automatic cabin ventilation is devised in the article. The shape of the cabin can be of any construction. On the basis of the presented model, the calculations to determine the performance of ventilators were performed for ventilation KUNG type cabin. It has been determined that the performance of the fans depends mainly on the area of the cabin surfaces and the geographical location.*

**Keywords:** air ventilation systems, accumulation of thermal energy, comfort and safety of car.

**Tryhub Oksana A.** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Automobiles and Technologies of Their Operating, e-mail: toa\_oks@ukr.net ;

**Zahubynoha Vladyslav V.** — Student of the Faculty of Computer-technology Engineering and Design;

**Tarandushka Liudmyla A.** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Automobiles and Technologies of Their Operating

**О. А. Тригуб<sup>1</sup>**  
**В. В. Загубынога<sup>1</sup>**  
**Л. А. Тарандушка<sup>1</sup>**

## **Определение производительности нагнетающих вентиляторов системы автоматической вентиляции кузова автомобиля**

<sup>1</sup>Черкасский государственный технологический университет

*Всем водителям и пассажирам известная проблема нагрева воздуха и элементов салона автомобиля, когда он находится на открытой парковке в летнее время года. В летнее время в солнечную погоду автомобиль и его салон может нагреваться более чем на 30 °С, по сравнению с температурой окружающей среды. В таких температурных режимах транспортировка людей невозможна, так как человек может получить тепловой удар, что приведет к потере работоспособности или летальному исходу. Обычно такие проблемы решаются установкой в автомобиле дополнительных систем климатконтроля. Чтобы обеспечить необходимые показатели температуры в салоне автомобиля применяют системы кондиционирования воздуха. Однако основным недостатком таких систем является то, что все они работают только при запущенном двигателе внутреннего сгорания и совершенно не дееспособные, когда автомобиль находится на парковке.*

*Пока автомобиль находится на парковке, его двигатель выключен и система кондиционирования не может обеспечить вентиляцию и поддержание комфортной температуры. Для решения такой проблемы, авторы разработали независимую от двигателя внутреннего сгорания автоматическую систему вентиляции кузова, которая работает на солнечных батареях. Для обеспечения эффективности работы такой системы, воздух, который выводится из салона не должен успевать нагреваться до температур не комфортных для человека. Это должно обеспечиваться необходимой производительностью вентиляторов, которые отводят нагретый воздух из салона. В статье разработана математическая модель для расчета производительности нагнетающих вентиляторов системы автоматической вентиляции кузовов автомобилей любой конструкции. На основе представленной модели проведены расчеты для определения производительности вентиляторов для вентиляции кузова типа КУНГ. Определено, что производительность вентиляторов зависит главным образом от площадей поверхностей кузова и географического расположения.*

**Ключевые слова:** системы вентиляции воздуха, аккумуляирование тепловой энергии, комфорт и безопасность автомобиля.

**Тригуб Оксана Анатольевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей и технологий их эксплуатации, e-mail: toa\_oks@ukr.net ;

**Загубынога Владислав Витальевич** — студент факультета компьютеризированных технологий машиностроения и дизайна;

**Тарандушка Людмила Анатольевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей и технологий их эксплуатации