

Немий С.В., Бритковський В.М.

Національний університет "Львівська політехніка"

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ РОБОЧОГО МІСЦЯ ВОДІА І ОВІЮВАННЯ ВІТРОВОГО СКЛА АВТОБУСІВ

Вступ. Одним із домінуючих напрямків удосконалення автомобільних транспортних засобів є роботи з підвищення безпеки руху. Важливим аспектом безпеки руху автобусів є оглядовість з робочого місця водія, яка у значній мірі залежить від стану вітрового скла, насамперед відсутності на ньому запітніння та інею, що нерідко виникає при низьких температурах навколишнього повітря. Методично ця проблема усувається шляхом овіювання вітрового скла теплим повітрям. Конструктивно це здійснюється пристроями, які крім овіювання вітрового скла, подають також тепле повітря на робоче місце водія. Запітніння і обмерзання вітрового скла істотно погіршує оглядовість водієм дороги, що становить велику небезпеку в русі автобуса. Усунення обмерзання і запітніння шиб забезпечує підвищення видимості і гарантування безпеки управління автомобілем. Важливе місце займає, також проблема зниження системами опалення і овіювання експлуатаційних витрат енергії, тобто покращення паливної ощадливості автобусів.

Результати досліджень. Метою дослідження є визначення ефективності пристроїв овіювання вітрового скла автобуса у залежності від їх конструктивних особливостей. В якості критеріїв у дослідженнях прийнято продуктивність системи овіювання, її енергоспоживання та рівень шумового навантаження водія. Для вибору вентилятора з оптимальними характеристиками при застосуванні у пристрої овіювання вітрового скла автобусів і опалення робочого місця водія проведено випробування осьових вентиляторів, які застосовуються у системах опалення та вентиляції салонів автобусів різних моделей. Експериментально встановлено, що найкращі характеристики має вентилятор моделі Elko-A200-22 (Італія). У всьому діапазоні зміни обертів продуктивність даного вентилятора є значно більшою, порівняно з іншими моделями випробовуваних вентиляторів, які, при цьому, мають значно більші питомі показники споживання енергії. Крім цього, вентилятор вказаної моделі характеризується нижчим рівнем шуму, порівняно із вентиляторами інших моделей при однакових їх зовнішніх діаметрах.

Висновки. Аналіз експериментальних даних показує, що продуктивність переднього опалювача з двома вентиляторами і одним вентилятором є практично однаковими. На ідентичних швидкісних режимах роботи продуктивність двох паралельно працюючих вентиляторів є більшою всього на 3...16,75 %. При вимірюванні швидкості руху повітря при овіюванні вітрового скла встановлено, що швидкість овіювання практично мало залежить від кількості вентиляторів а є залежною від їх продуктивності та діаметру шлангів подачі повітря до сопел овіювання. Причиною меншої ефективності опалювачів з двома вентиляторами є те, що на виході після радіатора, у обмеженому об'ємі корпусу опалювача, двома вентиляторами створюється значно більший аеродинамічний опір (протитиск), ніж одним вентилятором. Застосування в конструкції опалювачів автобусів одного вентилятора замість двох, зменшує витрати електроенергії автобусом та покращує умови праці водія завдяки зменшенню рівня шуму на його робочому місці.

Ключові слова: оглядовість, аеродинамічні характеристики, вентилятор, безпека руху, радіатор обігрівача, запотівання скла автомобілів.

S. V. Niemyi, V. M. Brytkovskyi

Lviv Polytechnic National University

EFFICIENCY OF THE HEATING SYSTEM OF THE DRIVER'S WORKPLACE AND THE VESSEL OF THE WINDSHIELD OF BUSES

Introduction. One of the dominant areas of improvement of motor vehicles is to improve traffic safety. An important aspect of bus safety is visibility from the driver's workplace, which largely depends on the condition of the windshield, especially the absence of fogging and frost, which often occurs at low ambient temperatures.

Methodically, this problem is eliminated by blowing the windshield with warm air. Structurally, this is done by devices that, in addition to blowing the windshield, also supply warm air to the driver's workplace.

Fogging and icing of the windshield significantly impair the visibility of the road driver, which is a great danger in the movement of the bus. Elimination of icing and fogging of windows provides an increase of visibility and guarantee of safety of driving.

An important place is also occupied by the problem of reducing heating systems and blowing operating energy costs, improving the fuel economy of buses.

Results. The purpose of the study is to determine the effectiveness of the windshield blowing devices of the bus depending on their design features. As criteria in researches productivity of system blowing, its power consumption and level of noise loading of the driver are accepted.

To select a fan with optimal characteristics when used in the device for blowing the windshield of buses and heating the driver's workplace, axial fans were tested. They are using in heating and ventilation systems of buses of different models. It is experimentally established that the fan of the Elko-A200-22 model (Italy) has the best characteristics. In the whole range of speed changes, the performance of this fan is much higher compared to other models of the tested fans, which, at the same time, have much higher specific energy consumption. In addition, the fan of this model is characterized by a lower noise level compared to fans of other models with the same outer diameters.

Conclusions. Analysis of experimental data shows that the performance of the front heater with two fans and one fan is almost the same. At identical speed modes of operation, the productivity of two fans running in parallel is higher by only 3 ... 16.75%. When measuring the speed of air movement when blowing the windshield, it was found that the speed of blowing does not depend on the number of fans and depends on their performance and the diameter of the air supply hoses to the blowing nozzles.

The reason for the lower efficiency of heaters with two fans is that at the outlet after the radiator, in the limited volume of the heater housing, two fans create a much greater aerodynamic drag (back pressure) than one fan.

The use of one fan instead of two in the design of bus heaters reduces the electricity consumption of the bus and improves the working conditions of the driver by reducing the noise level at his workplace.

Keywords: visibility, aerodynamic characteristics, fan, traffic safety, heater radiator, fogging of car glass.

ВСТУП. Постановка проблеми. Одним із домінуючих напрямків удосконалення автомобільних транспортних засобів є роботи з підвищення безпеки руху. Важливим аспектом безпеки руху автобусів є оглядовість з робочого місця водія, яка у значній мірі залежить від стану вітрового скла, насамперед відсутності на ньому запотівання та інею, що нерідко виникає при низьких температурах навколишнього повітря.

Методично ця проблема усувається шляхом овіювання вітрового скла теплим повітрям. Конструктивно це здійснюється пристроями, які крім овіювання вітрового скла, подають також тепле повітря на робоче місце водія.

Система опалення сучасного автомобіля призначена для штучного підтримання комфортних температурних умов в салоні в холодну пору року для усунення обледеніння і забезпечення осушення шиб з метою підвищення видимості і гарантування безпеки управління автомобілем. Запітніння і обмерзання шиб автобусів є проблемою, яка виникає у процесі експлуатації при низьких температурах навколишнього повітря. Особливо ця проблема стосується вітрового скла. Запітніння і обмерзання вітрового скла істотно погіршує оглядовість водієм дороги, що становить велику небезпеку в русі автобуса. Вікна автобусів запітнівають і обмерзають через появу на поверхнях скла конденсату. Запітніння завжди виникає на більш холодних поверхнях у випадках, коли повітря в салоні насичено вологою від дихання пасажирів.

Крім цього, важливе місце займає проблема зниження системами овіювання експлуатаційних витрат енергії, тобто покращення паливної економності автобусів. Щодо автобусів будь якого класу,

то сумарно найбільшими споживачами енергії, крім потреб енергії на рух, є функціональні системи, які живляться електричною енергією [1, 2].

Таким чином, реалізація завдання ефективного обігріву робочого місця водія та очищення вітрового скла автобусів при мінімальних витратах енергії є важливою проблемою при проектуванні і експлуатації автобусів.

Аналіз відомих рішень та публікацій. В роботі [1] доведено недоцільність використання у опалювачах салону двох вентиляторів, оскільки їхня продуктивність є всього на 20 % більшою, порівняно з опалювачем із одним вентилятором.

У публікації [2] наведено результати оцінювання енергетичних витрат двигунів автобусів на живлення агрегатів допоміжних систем, у тому числі і системи опалення автобусів.

В монографії [3] висвітлено техніку і методи аерофізичних експериментів.

В роботі [4] наголошується, що безпека руху автомобіля у значній мірі залежить від мікроклімату на робочому місці водія. Спрямований розподіл повітряних потоків із системи опалення дозволяє уникнути конденсації вологи на шиб, чим забезпечується хороша видимість. Безпека руху автомобіля залежить від ефективного захисту шиб від запітніння і обмерзання, що досягається їх овіюванням теплим повітрям, а комфорт водія у значній мірі залежить від ефективно працюючої системи опалення його робочого місця. Ефективність струменевого захисту шиб від запітніння визначається температурою і швидкістю руху повітря із сопел овіювання.

В роботі [5] одержані нові наукові результати, що стосуються дослідження особливостей режиму опалення салону легкового автомобіля та впливу параметрів потоку, що набігає, на режим роботи і вимоги до вентилятора при його виборі. Застосування вказаних результатів на практиці дозволяє зменшити витрати на виготовлення та експлуатацію системи опалювання і вентиляції салону автомобіля та підвищити її функціональну ефективність.

У публікації [6] висвітлено результати досліджень санітарно-експлуатаційних аспектів експлуатації автомобільного транспорту, де відзначено, що до несприятливих чинників на робочому місці водія відноситься шум. За результатами досліджень встановлено, що на основних моделях автобусів, які експлуатуються в Україні рівні шуму значно перевищують допустимі санітарні норми. Еквівалентні рівні шуму на робочому місці водія автобусів становлять 84 – 85 дБА при нормативному рівні не більше 75 дБА.

В публікації [7] описано конструктивні особливості системи опалення і вентиляції автомобільних транспортних засобів. Викладено основи їх проектування. Розглянуто основні методи і пристрої для проведення стендових і експлуатаційних теплових, аеродинамічних випробувань систем опалення і вентиляції кабін транспортних засобів.

В монографії [8] висвітлено особливості опалення кабін автомобілів та відтаювання лобового скла. Відзначено, що після стоянки в зимових умовах система овіювання повинна відтаювати центральну оглядову зону впродовж 20 хв.

У публікації [9] доведено, що існує чіткий взаємозв'язок між відтаюванням скла і розподілом швидкостей повітряного потоку у перерізі повітряної струмини. Температура повітря, що подається на вітрове скло і швидкість руху автомобіля на ефективність відтаювання скла впливають мало, тобто на ефективність захисту лобового скла від обмерзання і запітніння найбільше впливають розподіл і швидкість повітряних потоків.

Публікації у зарубіжних наукових виданнях щодо вказаної проблеми, наприклад, [10, 11] відображують виключно питання кондиціювання повітря в салонах автомобілів. Однак у наведених та інших вітчизняних і зарубіжних наукових працях відсутній аналіз функціональних властивостей пристроїв овіювання вітрового скла і обігріву робочого місця водіїв автобусів з метою оптимізації їх робочих характеристик і мінімізації енергоспоживання.

Постановка завдання. Метою дослідження є визначення ефективності пристроїв овіювання вітрового скла автобуса у залежності від їх конструктивних особливостей. У якості критеріїв у своїх дослідженнях приймаємо продуктивність системи овіювання, її енергоспоживання та рівень шумового навантаження водія.

Для досягнення зазначеної мети визначено основні завдання дослідження. Для мінімізації енергоспоживання системою овіювання вітрового скла автобусів необхідно провести комплекс науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, серед яких, у першу чергу, є дослідження оптимальної продуктивності системи овіювання, виходячи із вимог мінімізації енергоспоживання, рівня шумового навантаження водія та вартості.

Предметом дослідження є система овіювання вітрового скла та обігріву робочого місця водіїв автобусів.

Об'єктом дослідження є ефективність функціонування пристроїв овіювання вітрового скла та обігріву робочого місця водіїв автобусів.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що отримано результати випробувань, в результаті чого досліджено аеродинамічні характеристики вентиляторів і визначено найбільш ефективні з них. Досліджено експериментально і обґрунтовано доцільність використання пристроїв овіювання вітрового скла автобусів з одним вентилятором, замість двох.

Практична значущість отриманих результатів полягає у зменшенні в пристроях овіювання вітрового скла автобусів кількості електродвигунів з вентиляторами, підвищення ефективності овіювання і зниження енергоспоживання пристроями овіювання вітрового скла та обігріву робочого місця водіїв автобусів.

Методи дослідження. Під час експериментальних досліджень було проведено випробування аеродинамічних характеристик пристроїв овіювання (так званих передніх опалювачів салону) з двома і одним осьовим вентилятором. Вимірювалася продуктивність при різних значеннях напруги на клеммах електродвигунів. Використовувалися методики, висвітлені у монографії [3].

Значення продуктивності опалювачів, напруги на клеммах електродвигунів та температури повітря на вході і виході із обігрівача визначалися за загальновідомими у техніці методиками. Швидкість повітря при визначенні продуктивності вентиляторів вимірювалася згідно з ГОСТ 12.3.018-79. Рівень шуму, створюваний вентилятором вимірювалася згідно з ГОСТ 12.1.026-80. Напруга і струм вимірювалися на клеммах електродвигунів вентиляторів.

Особливість вимірювання продуктивності вентиляторів за ГОСТ 12.3.018-79 полягає у застосуванні повітропроводу (короба) розміром поперечного перерізу $0,2 \times 0,39$ м (розміри панелі з вентилятором на рис 2). Довжина повітропроводу – 1,6 м згідно з вимогами стандарту. На одному кінці коробка монтується панель з вентилятором, на іншому розташовуються термоанемометри для вимірювання швидкості повітря. Продуктивність вентиляторів визначалася за формулою (1).

Привод вентиляторів здійснювався електричним двигуном моделі ME-237 з номінальною частотою обертання $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$ при напрузі $U = 24 \text{ В}$. Інші значення обертів досягалися шляхом встановлення напруги відповідної величини на клеммах електродвигунів.

Продуктивність вентиляторів ($\text{м}^3/\text{год}$) визначалася за формулою

$$W = 3600 \cdot S \cdot V, \quad (1)$$

де S – площа поперечного перерізу вимірювальної коробка, м^2 ; V – середня швидкість повітря, яке проходить через поперечний переріз вимірювальної коробка, $\text{м}/\text{с}$.

В процесі випробувань визначалися залежність напору вентилятора H , споживаний електродвигуном вентилятора струм I , та створюваний рівень шуму L в залежності від продуктивності вентилятора W . Як уже зазначалося, випробування проводилися на вимірювальній трубі прямокутного перерізу розміром $0,39 \times 0,2 \text{ м}$, довжиною $1,6 \text{ м}$. Геометричні параметри вентиляторів наведено у табл. 1.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ. Система овіювання вітрового скла автобусів функціонально поєднується, також, із опаленням робочого місця водія (рис. 1), конструктивно утворюючи так званий передній опалювач салону автобуса.

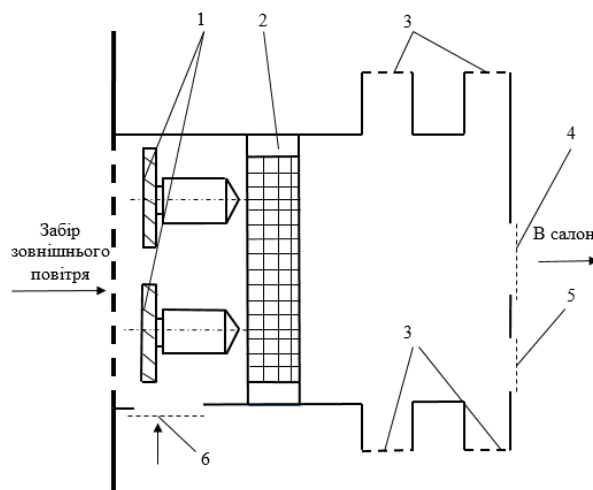


Рисунок 1 Схема системи обдуву лобового скла та опалення робочого місця водія автобусів:
1 – вентилятори з електродвигунами; 2 – радіатор; 3 – сопла овіювання вітрового скла; 4 – заслінка подачі повітря в салон; 5 – заслінка подачі повітря на робоче місце (ноги) водія; 6 – заслінка забору циркулюючого повітря з салону

Отримані значення споживаного електродвигуном вентилятора струму I , продуктивності вентилятора W та створюваного рівня шуму L в залежності від частоти обертів вентилятора n показані в табл.2.

Витрати енергії на привод вентиляторів оцінимо у питомих одиницях – $\text{Вт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$, розрахунок яких наводимо у табл. 3.

Таблиця 1

Геометричні параметри вентиляторів

Модель вентилятора	Матеріал лопатей	Зовнішній діаметр, м	Кількість лопатей	Кут атаки лопатей, град	Ширина лопатей, мм
5256-8101130	Пластмасове литво	0,18	5	27	65
697P-8104384	Пластмасове литво	0,196	8	35	40
Elko – A200-22 (Італія)	Листовий алюміній 1 мм	0,196	5	33	70

З метою вибору вентилятора з оптимальними характеристиками для застосування у пристрої овіювання вітрового скла автобусів і опалення робочого місця водія проведено стендові випробування осьових вентиляторів різних конструкцій (рис. 2), які застосовуються у системах опалення та вентиляції салонів автобусів різних моделей.

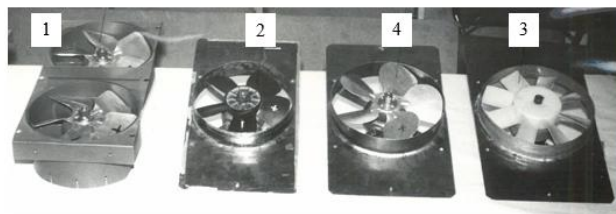


Рисунок 2. Осьові вентилятори системи овіювання вітрового скла автобусів і опалення робочого місця водія:

1 – блок двох вентиляторів Elko –A200-22; 2 – 5256-8101130; 3 – 697P-8104384; 4 – Elko –A200-22

Таблиця 2

Результати випробувань аеродинамічних характеристик вентиляторів

Модель вентилятора	Оберти вентилятора $n, \text{хв}^{-1}$	Напруга $U, \text{В}$	Споживаний струм $I, \text{А}$	Продуктивність $W, \text{м}^3/\text{год}$	Рівень шуму $L, \text{дБА}$
Elko – A200-22	3000	22,8	1,35	1123,2	73
	2500	18,6	1,0	829,3	67
	2000	15,2	0,75	713	63
697P-8104384	3000	24,2	2,0	1039	75
	2500	19,7	1,5	810	70
	2000	16	1,0	656	65
5256-8101130	3000	21,8	1,1	590	68
	2500	18,1	0,8	513	64
	2000	14,7	0,65	416	60

Таблиця 3

Питомі витрати енергії на привод вентиляторів

Модель вентилятора	Питомі витрати енергії на привод вентиляторів $p_n \cdot 10^{-2}$, Вт·год/м ³ , у залежності від частоти їх обертання n , хв ⁻¹		
	3000	2500	2000
Elko-A200-22	2,74	2,24	1,6
697P-8104384	4,66	3,65	2,44
5256-8101130	4,1	2,82	2,29

Як бачимо у табл. 2 і 3, найкращі характеристики має вентилятор моделі Elko-A200-22. У всьому діапазоні зміни обертів продуктивність цього вентилятора є значно більшою, порівняно з іншими моделями випробовуваних вентиляторів, які, при цьому, мають значно більші питомі показники споживання енергії. Крім цього, вентилятор моделі Elko-A200-22 характеризується нижчим рівнем шуму, порівняно із вентилятором моделі 697P-81043 при однакових їх зовнішніх діаметрах (196 мм).

Наступним етапом було випробування системи овіювання вітрового вікна і робочого місця водія (переднього опалювача салону) автобуса при подачі повітря на ноги водія і лобове скло. Результати випробування наведено у табл. 4. Експерименти проводилися з системами, укомплектованими одним і двома вентиляторами.

Таблиця 4

Результати випробування системи овіювання вітрового скла автобуса

Модель вентилятора	Оберт вентиляторів n , хв ⁻¹	Напруга U , В	Споживаний струм I , А	Продуктивність W , м ³ /год	Рівень шуму L , дБА	Швидкість повітря V , м/с
Elko-A200-22 – 2 шт.	3000	26,1	5,4	317	71	1,1
	2500	20,8	3,9	265	67	0,86
	2000	16,2	2,7	216	62	0,64
Elko-A200-22 – 1 шт.	3000	24,2	2,1	308	69	1,07
	2500	19,5	1,5	248	64	0,91
	2000	15,5	1,1	185	60	0,75
697P-8104384 – 2 шт.	3000	25,0	5,3	315	77	1,09
	2500	19,9	3,8	254	69	0,88
	2000	15,9	2,8	196	64	0,65
697P-8104384 – 1 шт.	3000	25,2	2,7	302	74	1,05
	2500	20,1	2,0	230	70	0,8
	2000	16,1	1,5	187	65	0,68

Аналіз даних табл. 4 показує, що продуктивність переднього опалювача з двома вентиляторами і одним вентилятором є практично одна-

ковою. На ідентичних швидкісних режимах роботи продуктивність двох паралельно працюючих вентиляторів є більшою всього на 3...16,75 % для Elko-A200-22 і 4,3...10,5 % для вентиляторів 697P-8104384. Хоча, на перший погляд, продуктивність мала б бути пропорційною кількості вентиляторів, тобто у цьому випадку – 2. Подібному явищу для опалювачів салону дано пояснення у роботі [1].

Продуктивність обігрівача з двома вентиляторами [1]:

$$W_2 = \frac{H}{\xi + \frac{\xi_6}{2}}; \quad (2)$$

продуктивність обігрівача з одним вентилятором [1]

$$W_1 = \frac{H}{\xi + \xi_6}. \quad (3)$$

де H – аеродинамічний напір вентилятора; W – продуктивність вентилятора; ξ_6 – аеродинамічний опір на самому вентиляторі з двигуном; ξ – аеродинамічний опір радіатора і порожнини корпусу опалювача за радіатором.

Співвідношення продуктивності обігрівачів обох конструкцій:

$$\Delta W = \frac{W_2}{W_1} = \frac{\xi + \xi_6}{\xi + 0,5\xi_6}. \quad (4)$$

Як виходить із результатів експериментів (табл. 4), наприклад, для вентилятора Elko-A200-22 при $n = 3000$ хв⁻¹, $\Delta W = 1,03$, а не 2,0 (через співвідношення кількості вентиляторів), як здавалося б на перший погляд.

Тоді запишемо формулу (4) таким чином:

$$\Delta W = \frac{\xi + \xi_6}{\xi + 0,5\xi_6} = 1,03. \quad (5)$$

Виконавши відповідні математичні перетворення за формулою (5) отримаємо: $\xi_6 = 0,062\xi$, тобто, у нашому випадку, аеродинамічний опір на самому вентиляторі з двигуном становить 6,2 % від аеродинамічного опору радіатора і порожнини корпусу опалювача.

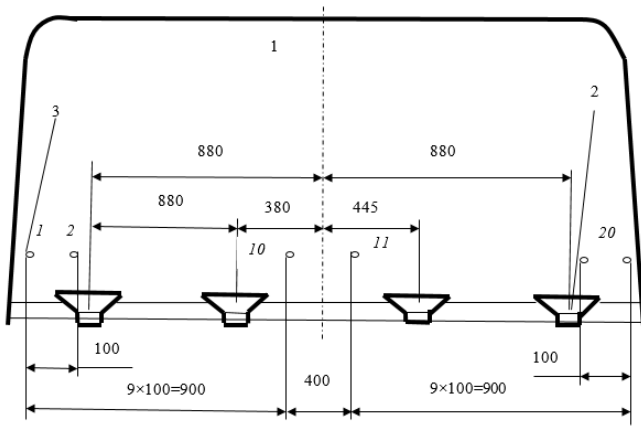


Рисунок 3. Схема розміщення термоанемометра при вимірюванні швидкості витікання повітря з сопел овіювання вітрового скла:
1 – скло; 2 – сопла овіювання; 3 – точки розміщення термоанемометра (1–20)

Як впливає із отриманих результатів, наприклад, для великого міського автобуса, укомплектованого переднім опалювачем з одним вентилятором і таким же радіатором, енергетичні витрати на живлення їх електродвигунів будуть на 3,3 А менші. Це дає можливість зменшити споживаний струм I у балансі електроенергії автобуса. Використання опалювачів із одним вентилятором зменшує кількість електродвигунів на автобусі, що призводить до зниження вартості виготовлення і експлуатації.

овіювання вітрового скла замірялася на відстані 100 мм від вихідного отвору сопла. Схема розміщення сенсорів (20 точок) показана на рис. 3. Вимірювання швидкості повітря проводилися термоанемометром моделі ТА-9. За результатами вимірювання епюра швидкості овіювання вітрового скла наведена на рис. 4.

Як впливає із даних, наведених на рис. 4, швидкість овіювання вітрового скла цією конструкцією переднього опалювача практично мало залежить від кількості вентиляторів і, як показали результати експерименту, є залежною від продуктивності вентиляторів.

Крім цього це можна пояснити, також, значним опором руху повітря у шлангах подачі повітря до сопел овіювання. Також на ефективність овіювання вітрового скла впливає недостатня потужність електродвигуна вентилятора (50 Вт).

Для оцінювання впливу внутрішнього діаметра шлангів подачі повітря до сопел овіювання та потужності електродвигуна вентилятора на ефективність овіювання вітрового скла були проведені відповідні випробування. Існуючі шланги були замінені на шланги з більшим внутрішнім діаметром – 78 мм (площа внутрішнього перерізу збільшена на 50%). Овіювання здійснювалося електродвигуном з номінальною потужністю на валу 25 Вт.

Результати випробувань наведено на рис. 5, на якому суцільними кривими показано аероди-

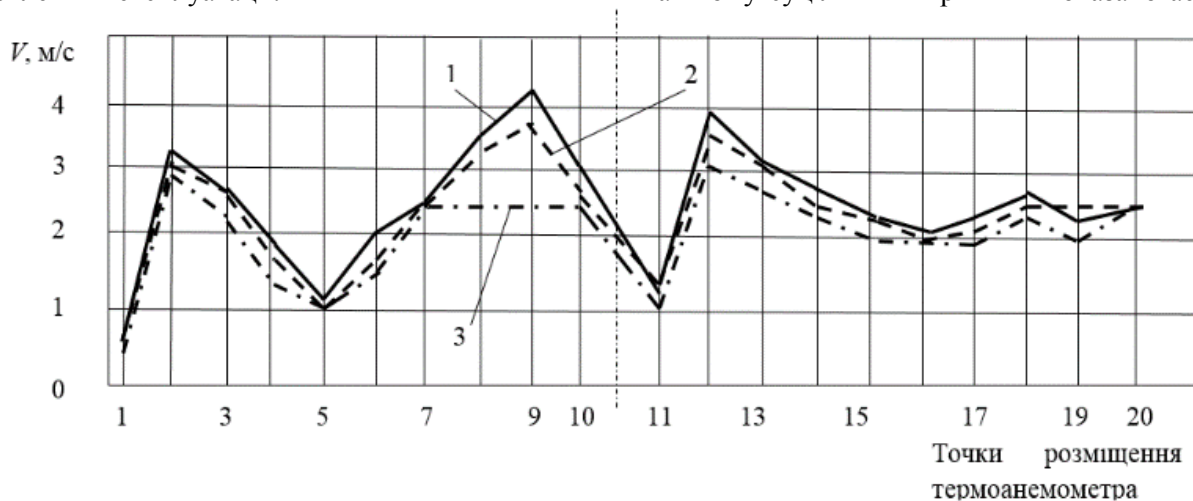


Рисунок 4. Епюра розподілу швидкості повітря при овіюванні вітрового скла при частоті обертів вентиляторів $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$:
1 – два вентилятори Elko-A200-22; 2 – один вентилятор Elko-A200-22; 3 – два вентилятори 697P-8104384

Наступним етапом досліджень було вимірювання швидкості повітря, яке нагніталось через сопла овіювання (щільного типу) на вітрове скло та побудова епюри швидкості овіювання. Швидкість повітря на виході із сопла

намічні параметри при існуючих шлангах подачі повітря до сопел овіювання, діаметром 63,5 мм, пунктирними – 78 мм.

Аналізуючи дані, наведені на рис. 5 бачимо, що для збільшеного діаметра шлангів, при максимальній продуктивності (закінчення кривих на графіках): 1) продуктивність опалювача є на 16 % більшою; 2) тиск після радіатора у повітророзподільчій порожнині опалювача є на 24 Па меншим; 3) перепад тисків перед радіатором і у повітророзподільчій порожнині опалювача є на 22 Па меншим, порівняно із існуючими шлангами. Це наочно свідчить про значно менший протитиск у повітророзподільчій порожнині опалювача при застосуванні шлангів подачі повітря збільшеного діаметра до сопел овіювання.

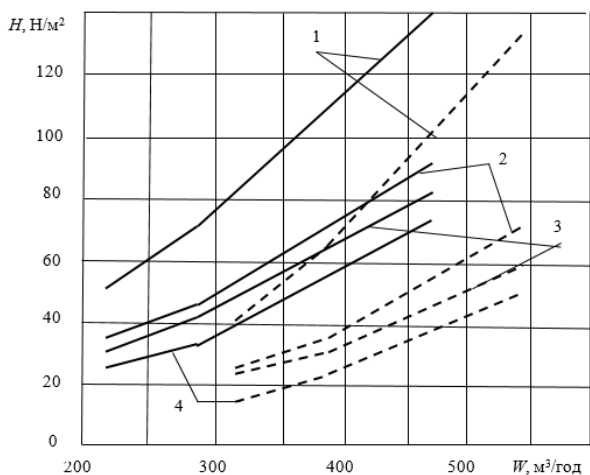


Рисунок 5. Розподіл тисків у повітряному тракті переднього опалювача середнього автобуса II класу:

1 – перед забірною решіткою на лобовій панелі; 2 – після забірної решітки перед вентиляторами; 3 – перед радіатором; 4 – після радіатора у повітророзподільчій порожнині опалювача

Висновки.

1. Для збільшення аеродинамічної ефективності передніх опалювачів салону у їх конструкціях доцільно застосовувати вентилятори з високими аеродинамічними характеристиками.

2. Обґрунтовано, що при одному і тому ж типі теплорозсіювального радіатора, доцільно використовувати передні опалювачі салону автобусів з одним вентилятором замість двох.

3. Причиною меншої ефективності опалювачів з двома вентиляторами є насамперед те, що на виході після радіатора, у обмеженому об'ємі корпусу опалювача, двома вентиляторами створюється значно більший аеродинамічний опір (протитиск), ніж одним вентилятором. Для зменшення протитиску після радіатора доцільно використовувати трубопроводи подачі повітря до сопел овіювання якомога більшого діаметра.

4. Застосування в конструкції опалювачів автобусів одного вентилятора замість двох, зменшує витрати електроенергії автобусом та покращує умови праці водія завдяки зменшенню рівня шуму на його робочому місці.

Список літератури

1. Немий С. В. Ефективність теплорозподільчих пристроїв системи опалення салонів автобусів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021, т. 31, № 1. С. 80-84.

2. Немий С. В. Енергетична структура автомобільного транспортного засобу. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія «Динаміка, міцність та проектування машин і приладів»*. 2015. № 820. С. 90–96.

3. Харитонов А. М. Техника и методы аэрофизического эксперимента. 2-е изд. Новосибирск. Изд-во НГТУ, 2016. 643 с.

4. Басьров Р.Р., Галимянов А.Д., Никишин В.Н. Комфортабельность автомобилей: учеб. пособие. Казань, 2018. 104 с.

5. Грибініченко М.В. Удосконалення системи опалювання і вентиляції салону автомобілів ЗАЗ. Автореферат канд. дис. Харків, 2003. 18 с.

6. Євстаф'єв В. М. Кононова І. Г., Лісобеєв В. А. та ін. Умови праці працівників автомобільного транспорту. Актуальные проблемы транспортной медицины. № 3 (29), 2012. С. 46-51.

7. Володарец Н. В. Характеристика и требования к оптимальному обеспечению оптимального температурного состояния рабочего места водителя транспортного средства. *Наукові праці Міжнар. наук.-практ. конф. «Автомобільний транспорт і автомобілебудування. Новітні технології і методи підготовки фахівців» 19–20 жовтня 2017 р.* Харків, 2017. С. 74-75.

8. Хохряков В. П. Вентиляция, отопление и обеспыливание воздуха в кабинах автомобилей. М.: Машиностроение, 1987. 152 с.

9. Оспельников В. Ф., Резниченко В. А. Защита остекления кабин от обмерзания. *Автомобильная промышленность*. 1993, №3. С. 14 – 16.

10. Şaban Ünal. (2017). An Experimental Study on a Bus Air Conditioner to Determine its Conformity to Design and Comfort Conditions. *Yildiz Technical University Press*, pp.1089-1101.

11. Mehmet Bilgili, Ediz Cardak, Arif Emre Aktas. (2017). Thermodynamic Analysis of Bus Air Conditioner Working with Refrigerant R600a. *European Mechanical Science*, 1(2), pp. 69-75.

References

1. Niemyi S.V. Efektyvnist teplorozpodilchikh prystroiv systemy opalennia saloniv avtobusiv [Effi-

ciency of heat distribution devices of the heating system of bus shows]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2021, 31, № 1. S. 80–84. (in Ukraine).

2. Niemyi S.V. Energetychna structura avtomobilnoho transportnoho zasobu [Energy structure of a motor vehicle]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politehnika"*. Serii "Dynamika, mitsnist ta proektuvannia mashyn i pryladiv". 2015. № 820. Pp. 90-96. (in Ukraine).

3. Kharitonov A.M. Tehnica i metody aerofizicheskoho eksperimenta [Technique and methods of aerophysical experiment]. 2-e izd. Novosibirsk. 2016. 643 s. (in Russian).

4. Basyrov R.R., Galimyanov A.D., Nikishin V.N. Komfortabelnost avtomobiley: ucheb. Posobie. Kazan: Izd-vo Kazanskogo universiteta, 2018. 104 s. (in Russian).

5. Hrybinitchenko M. V. Udoskonalennia systemy opaliuvannia i wentyliacii salonu avtomobiliv ZAZ [Improving the heating and ventilation system of ZAZ car interior]. Awtoreferat cand. dys. Kharciv, 2003. 18 s. (in Ukraine).

6. Yevstafiev V.M., Kononova I.H., Lisobei V.A., Skyba A.V., Novikova N.M., H.D. Syniavska. Umovy pratsi pratsivnykiv avtomobilnoho transportu. Aktualni problemy transportnoi medytsyny. 2012. № 3 (29). S. 46-51. (in Ukraine).

7. Wolodarec N.V. Kharakterystyca i trebovania k optimalnomu obespetcheniu opimalnoho temperanurnoho sostoania rabotcheho mesta woditela transportnoho sredstva [Characteristics and requirements for optimal provision of the optimal temperature state of the vehicle driver's workplace]. Naucovi praci Mizgnarodnoji naucovo-practychnoji konferencii «Awtomobslnyj transport i awtomobilebuduwannja. Novitni tehnolohiji i metody pidhotowcy fahiwciv» 19–20 cgowtnja 2017 r. Kharciv, 2017. S. 74-75. (in Ukraine).

8. Khokhryakov V.P. Ventilyacziya, otoplenie i obespylivanie vozdukha v kabinakh avtomobilej [Ventilation, heating and dedusting of air in car cabins]. M.: Mashinostroenie, 1987. 152 s. (in Russian).

9. Ospelnikov V. F., Reznichenko V. A. Zaschita ostekleniya kabin ot obmerzaniya. Avtomobilnaya promyishlennost, 1993, № 3. S. 14-16. (in Russian).

10. Şaban Ünal. (2017). An Experimental Study on a Bus Air Conditioner to Determine its Conformity to Design and Comfort Conditions. *Yildiz Technical University Press*. Pp.1089-1101. (in English).

11. Mehmet Bilgili, Ediz Cardak, Arif Emre Aktas. (2017). Thermodynamic Analysis of Bus Air Conditioner Working with Refrigerant R600a. *European Mechanical Science*, 1(2). Pp. 69-75. (in English).

* Науково-методична стаття