

УДК 629.341

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ САЛОНУ АВТОБУСУ У ТЕПЛІЙ ПЕРІОД РОКУ

Кравченко О.П., Чуйко С.П.

STUDY OF THE HEAT BALANCE OF THE PASSENGER COMPARTMENT IN THE WARM SEASON

Kravchenko O., Chuiko S.

У статті наводяться результати досліджень перевірки відповідності системи вентиляції повітря автобусу вимогам комфорту для надання якості транспортних послуг. Експериментальне дослідження проведено на регулярному міському автобусному маршруті м. Житомира при залученні автобусу МАЗ-206, обладнаного кондиціонером. Вимірювали значення внутрішньої і зовнішньої температури та відносної вологості. Миттєве теплове навантаження отримано за експериментальними даними і результати порівнювались з розрахунковими значеннями та вимогами комфорту для літнього сезону згідно ASHRAE. Дослідженнями підтверджено, що при зовнішній температурі повітря +24°C у салоні автобусу, при відповідних перевізних умовах, не забезпечується бажаний нормативний температурний мікроклімат і система вентиляції салону потребує кондиціонування повітря.

Ключові слова: міський автобус, мікроклімат, коефіцієнт пасажирського навантаження, сприйняття комфорту.

Вступ. В даний час приділяється велика увага розвитку технічних засобів щодо забезпечення комфортного мікроклімату у транспортних засобах. Експлуатація міського автобусу, так як і більшості автомобілів, пов'язана з необхідністю їх тривалого знаходження на відкритому просторі при температурі навколишнього повітря від -34,9°C до +38,1°C (по м. Житомиру) [1]. Така особливість експлуатації ставить автомобілі в умови активного, і, як правило, досить несприятливого впливу зовнішніх факторів навколишнього середовища, до яких додаються фактори низької швидкості руху при циклічних режимах руху у місті, затори, стоянка на технологічних зупинках та нестійкий пасажиропотік.

Комфорт пасажирів в салоні міського автобусу є важливим показником якості надання транспортних послуг і вирішальним фактором у виборі режиму перевезення пасажирів. Відчуття теплового комфорту забезпечується факторами, які залежать від теплообміну між тілом людини і навколишнім середовищем [2, 3, 4].

Поліпшення комфорту на міських автобусних перевезеннях сприяє додатковому залученню пасажирів, відповідно зменшенню собівартості наданих послуг.

Постановка задачі. В даний час для роботи на міських маршрутах надходять сучасні автобуси, які мають підвищені комфортні умови для перевезення пасажирів і обладнані додатковими опціями, серед яких є кондиціонер. Проблематичними залишаються питання нормалізації мікроклімату в салоні автобусу в умовах динамічної зміни мікроклімату від впливу різних чинників, що негативно позначаються на самопочутті пасажирів під час здійснення поїздки. Складність полягає в тому, що параметри мікроклімату залежать від великої кількості зовнішніх і внутрішніх збурюючих чинників, які досить не стабільні за часом і складно піддаються врахуванню. Все це стримує розробку єдиного підходу до нормалізації мікроклімату при міських пасажирських перевезеннях і в разі використання кондиціонера до правильного нормування витрати палива.

Зниження впливу факторів несприятливого мікроклімату в салоні автобусу і поліпшення параметрів мікроклімату дозволяють вирішити одну з найважливіших задач щодо поліпшення умов перевезення та нормуванню витрати палива при застосуванні системи кондиціонування повітря в теплий період року.

Аналіз публікацій. Дослідженню вимог до систем мікроклімату автомобілів присвячені достатньо наукових праць [5-10] та інших.

Наприклад, в роботі [6] приведений аналіз вимог до систем вентиляції і опалення. Визначені залежності коефіцієнтів опору вентиляційних припливних отворів різних геометричних параметрів з урахуванням їх місця розташування на поверхні кузова автобусу.

У роботі [9] оцінюється тепловий комфорт людини в двох повітряних зонах: пасажирів і водія лег-

кового автомобіля. Доведено, що клімат у салоні автомобіля дуже неоднорідний. Різні випромінювання, вплив змінної температури і швидкості повітря від системи вентиляції або кондиціонування створюють клімат, який значно відрізняється у просторі і часі.

Науковці [10] стверджують, що тривалість поїздки в автомобілі і фактор пасажирського навантаження суттєво впливають на сприйняття водієм і пасажирами рівня комфорту.

Авторами [11] доведено, що ефективний контроль мікроклімату в транспортному засобі хоча традиційно вважається важливим для комфорту, але при негативних ефектах температурного режиму має суттєвий вплив на продуктивність водія і розглядається як чинник безпеки дорожнього руху. Встановлено великий вплив на пильність водія при температурі $+27^{\circ}\text{C}$ у порівнянні з температурою $+21^{\circ}\text{C}$ у рухомому транспортному засобі: водії пропустили на 50% більше сигналів представлених в першу годину, а час реакції - на 22% повільніший при підвищеному рівні температури.

Проте всі ці аналізи були актуальні в минулому часі. Вимоги до мікроклімату салонів автобусів змінюються з особливістю введення в експлуатацію міських автобусів обладнаних кондиціонерами, які раніше були ознакою комфортності лише у автобусів міжміського сполучення. Іншого підходу до якості мікроклімату потребують умови експлуатації автобусу в умовах міських заторів та нормування при цьому витрат палива.

На продовження визначення питання комфорту міського автобусу МА3-206 [12] задача є актуальною, так як конструктивно вихідні жалюзі кондиціонера розташовано в пасажирському салоні автобусу, що не мають ефективною дію в кабіні водія.

Мета статті. Визначення відповідності теплового комфорту системи вентиляції і факторів зміни теплового балансу салону міського автобусу.

Виклад основного матеріалу досліджень. Основним визначальним фактором мікроклімату в салоні автобусу при його вентиляції в літній період є повітрообмін, який забезпечує нормований перепад температури в салоні і зовнішнього середовища, а також рухомість і вологість внутрішнього повітря. При цьому необхідний повітрообмін салону визначається з умов асиміляції теплонадходжень від сонячної радіації і пасажирів [6].

Основна вимога до мікроклімату - підтримання метеорологічних та санітарно-гігієнічних параметрів у приміщенні. До метеорологічних параметрів зараховують температуру (t_v , $^{\circ}\text{C}$), відносну вологість (ϕ_v , %) та рухомість (v_v , м/с) внутрішнього повітря у приміщенні; до санітарно-гігієнічних – радіаційну температуру поверхонь (t_r , $^{\circ}\text{C}$), інтенсивність теплового (інфрачервоного) випромінювання, рівень шуму, освітленість, граничнодопустиму концентрацію пилу та газів [13]. Дане твердження в повній мірі може відповідати вимогам мікроклімату до автобусу.

На основі проведеного аналізу визначено шість основних факторів, які необхідно враховувати при оцінці умов теплового комфорту салону автобусу. Ці фактори можна класифікувати за двома класами: вимірні фактори і особисті фактори. До вимірних факторів можна віднести: температуру повітря і поверхонь, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання і відносну вологість повітря. Особисті фактори пасажирів, які знаходяться в салоні під час поїздки, включають: рівень пасажироприсутності та ізоляцію одягу (рис. 1).

Зону комфорту у автобусі для літнього сезону можна визначити по ASHRAE [14] в залежності температури від вологості в салоні (рис. 2).

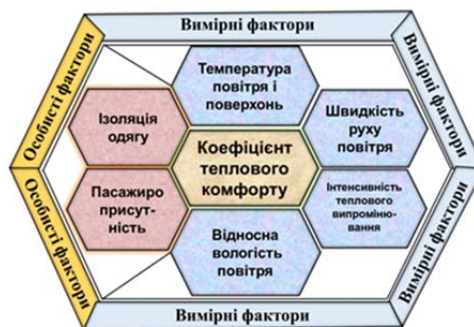


Рис. 1. Вимірні і особисті фактори для визначення теплового комфорту в міському автобусі

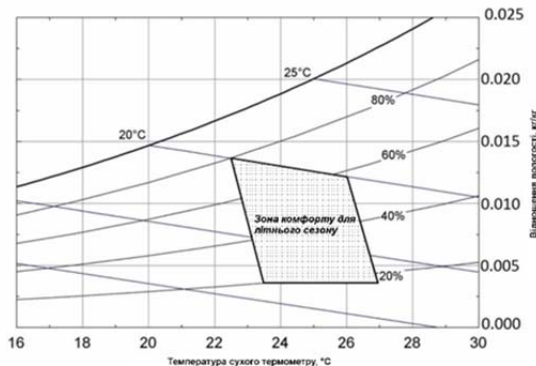


Рис. 2. Залежність температури і вологості повітря в салоні автобусу

В основу проектування вентиляційних систем і організації внутрішніх повітряних потоків в автомобілях повинні бути закладені відомості про фізіологічний зв'язок пасажирів з навколишнім повітряним середовищем.

Для створення теплового комфорту всередині автобусу необхідно врахувати всі розглянуті чинники, оскільки вони можуть змінюватись в часі і при цьому враховувати, що кожна людина по різному сприймає умови знаходження в закритому просторі усередині автобусу. Оскільки люди бувають різними, тепловий комфорт зазвичай відноситься до набору оптимальних параметрів, для яких найбільший відсоток присутніх пасажирів відчувають себе комфортними в навколишньому середовищі.

Теплова рівновага в салоні автобусу настає тоді, коли вхідні теплові потоки відповідають тепловим потокам, які виходять з салону. Відповідно, рівняння теплового балансу в загальному виді салону автобусу буде мати вигляд:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = \sum_{j=1}^m Q_j, \quad (1)$$

де Q_i – теплонадходження в салон, Вт;

Q_j – тепловідвод з салону, Вт;

n – кількість складових, які задіяні в теплонадходженні;

m – кількість складових, які задіяні в тепловідводі.

Балансове рівняння надлишкових тепло- надходжень у салон автобусу можна записати у вигляді:

$$Q_{\text{надл}} = Q_{\text{вік}} + Q_{\text{пов}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{агр}}, \quad (2)$$

де $Q_{\text{вік}}$, $Q_{\text{пов}}$ – теплонадходження з сонячним випромінюванням, відповідно через вікна та непрозорі поверхні, Вт;

$Q_{\text{л}}$ – теплонадходження від людей, які перебувають в салоні, Вт,

$Q_{\text{дв}}$ – теплонадходження через дверні пройми під час посадки-висадки пасажирів, Вт;

$Q_{\text{агр}}$ – тепловідлення від агрегатів та вузлів, Вт.

Визначальними факторами на кількість теплоти, що надходить в салон автобусу є його об'єм, площа прозорих та непрозорих елементів кузову і колір його облицювальних металевих панелей.

Прозорі елементи конструкції кузову наділені високою пропускну здатністю довгохвильового та короткохвильового випромінювання і у меншій мірі, конвективного теплообміну. При цьому відбувається переважно нагрів внутрішніх поверхонь, які випускаючи променисте тепло, збільшують конвективний теплообмін, що сприяє максимальному прогріванню салону.

Коли сонячне випромінювання величиною I падає на прозорий елемент кузову, то деяка його частка $I_{\mathcal{E}} = \mathcal{E} \cdot I$ проникає в приміщення (\mathcal{E} - коефіцієнт проникнення), частина відбивається від шибки $I_r = r \cdot I$ (r - коефіцієнт відбиття), а частина вбирається (адсорбується) шибкою, а потім, з причини конвекційного теплообміну, частково передається до внутрішнього, а частково до зовнішнього повітря, як вторинна теплота [6]:

$$I_a = a \cdot I = a_1 \cdot I + a_2 \cdot I, \quad (3)$$

де a - коефіцієнт адсорбування (вбирання) шибки.

Загалом

$$I_a = \mathcal{E} \cdot I + r \cdot I + a \cdot I, \quad (4)$$

а в салон автобусу входить

$$\mathcal{E} \cdot I + a_2 \cdot I = g_{np} \cdot I, \quad (4)$$

де $g_{np} = \mathcal{E} + a_2$ - коефіцієнт пропускання шибкою (шибками) сонячного випромінювання.

Величина пропущеної через вікно теплоти сонячного випромінювання залежить від довжини хвилі, кута падіння (дії) променів, а також хімічного складу скла.

При зовнішній тепловій взаємодії на кузов автобусу надходження теплоти через боковини та облицювальні панелі будуть різні. Кількість теплоти визначається схемою і тривалістю взаємодії джерела теплового випромінювання на автобус.

Для розгляду ролі панелей обшивки, і теплоізоляційних матеріалів у сумарному теплообміні салону з навколишнім середовищем, доцільно розглядати як фактор теплообміну геометрично закритої системи, при якій параметри теплообміну окремих елементів взаємопов'язані.

Вираз для розрахунку кількості теплоти, яка надходить через панель даху автобусу, має вигляд [8]

$$Q = \frac{(t_{HC} - t_{PC}) F}{\sum \delta_i + \sum a_i}, \quad (5)$$

де t_{HC} - ефективна температур навколишнього повітря, °С;

t_{PC} - температура повітря в салоні автомобіля, °С;

F - площа непрозорих елементів кузову, м²;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності шару, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$;

δ_i - товщина шару, м;

a_i - коефіцієнт тепловіддачі, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$.

Непрозорі елементи кузову мають багат шарову стінку, яка буде частково поглинати і передавати тепловий потік в салон автомобіля. Верхній шар непрозорих конструктивних елементів має різкий колір пофарбування, який характеризується коефіцієнтом світловідбиття і впливає на кількість відбитої і поглинутої енергії.

В результаті аналізу робіт [5, 6, 8, 15] було встановлено, що найбільша кількість теплоти надходить в салон через панель даху автомобіля внаслідок її перпендикулярного розташування відносно потоків сонячного випромінювання в саму теплу пору доби (з 10 до 16 год.) і особливості внутрішньої будови її конструкції, яка полягає в тому, що відсутні додаткові шари пінополістиролу і повітряного прошарку. Облицювання кузову виконано з застосуванням оцинкованого сталюого листа, алюмінієвих та склопластикових панелей, передня і задня частина автобусу склопластикові, кришки люків алюмінієві [12].

Для розрахунку річної кількості автомобіледнів роботи (АДр) маршрутних автобусів м. Житомира з денною температурою навколишнього повітря більше +20°С використані дані з [1]. Прийнято 129 днів як середнє значення за рік: АДр = 21027 авт-дн.

Експериментально досліджувались фактори, які визначають відповідність система вентиляції і кондиціонування повітря міського автобусу вимогам транспортного дизайну та комфорту.

В період дослідження на маршруті працювали усі автобуси у відповідності договору із замовником перевезень. Перед випробуванням були проведені необхідні технічні діагностування на витік холодоагенту в системі кондиціонування та щільність закриття дверей, верхніх люків та кватирок.

Внутрішню температуру вимірювали сухими термометрами в місцях розташування у салоні, що наведено на рис. 3.

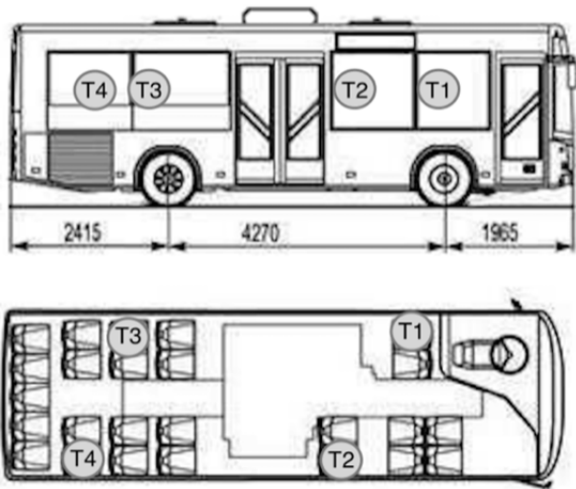


Рис. 3. Точки вимірювання внутрішньої температури

Автобус працює на протязі 16 годин на добу і може стояти під сонцем до 10 хв. на кінцевій зупинці перед поїздкою. Внутрішня температура в салоні автобусу досягає 35° . Після початку руху внутрішня температура і вологість автобусу може досягнути бажаних умов комфорту за короткий проміжок часу при увімкненні кондиціонеру.

Значення температури і відносної вологості реєструвались періодично за допомогою реєстратора.

Температурні режими вимірювались на протязі одного рейсу тривалістю 85 хвилин. Початкова температура зовнішнього повітря становила $24,1^{\circ}\text{C}$. Контроль вологості та швидкості повітря проводилась у вимірвальній зоні між точками 3 і 4 (див. рис. 3).

Найбільші температурні значення у салоні визначені у контрольних точках №3 і №4, які становлять відповідно $+33,6^{\circ}\text{C}$ і $+33,8^{\circ}\text{C}$.

Зовнішня температура на протязі експерименту коливалась в межах $\pm 4^{\circ}\text{C}$, що є підставою вважати її незмінною.

Досвід показує, що найбільш приємно сприймається повітря, вологість якого в залежності від температури знаходиться в межах 30-70%. Відносно високий (але в перерахунку на абсолютні значення досить низький) вміст вологи в повітрі, при низькій температурі приводить до того, що в міру прогріву холодного повітря відносна вологість зменшується

до 20-25%. Таке явище носить позитивний характер оскільки запобігає запотіванню вікон автомобіля.

Сприйняття пасажирями якості комфорту у автомобілі аналізуємо методом шкали Лікерта, при поділені сприйняття у схемі обстеження на п'ять класів з відповідно присвоюванням балів. Більш висока оцінка означає більш високий рівень комфорту. Відповідно до різних пасажирських навантажень фактори навантаження салону пасажирами діляться на п'ять класів (табл. 1) [10].

Таблиця 1

Класифікація рівня завантаженості салону міського автобусу

Рівень навантаження салону	Пасажирський коефіцієнт навантаження	Умови визначення коефіцієнту
1	0,35	Кожний пасажир в автобусі має місце (по критерію сидячих місць)
2	0,50	Не вимушені умови проїзду (відстань між двома пасажирами, що стоять, щонайменше дорівнює ширині однієї людини)
3	0,60	Трохи переповнений (між пасажирами, що стоять, немає контакту але при русі ймовірний)
4	0,75	Переповнений, є легкий контакт між стоячими пасажирами, раптовий поворот чи гальмування призведе до контакту
5	1,0	Дуже переповнений, зі значними контактами між стоячими пасажирами

Надзвичайно високі коливання внутрішньої температури є відображенням таких місць, які визначені найбільшим коефіцієнтом навантаження пасажирів: на 20, 55 та 60 хв. з початку руху по маршруту (рис. 4).

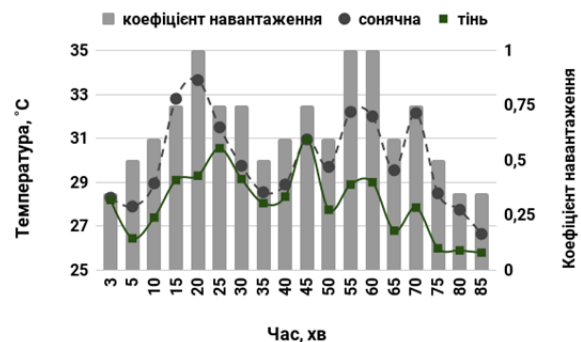


Рис. 4. Залежності за часом температури в салоні автобусу з коефіцієнтом навантаження

Внутрішня температура салону знижувалась при меншому навантаженні пасажирами та у місцях руху автобусу з короткочасними зупинками для висадки пасажирів, що характерно при завершенні проїзду по маршруту. Найбільш тепле місце в салоні автобусу було поблизу вікон сонячної сторони. Внаслідок впливу сонця на автобус, до початку руху, також була температура досить високою у порівнянні з зовнішньою через стоянку на кінцевій зупинці. Максимальні значення теплових відчуттів отримані в задній частині салону автобусу. Причина такої ситуації полягає у тому, що не завжди водій відкриває середні двері на технологічних зупинках та можливий

вплив дії двигуна розташованого в задній частині автобусу.

Дослідження визначення комфорту в салоні автобусу показали, що система вентиляції салону, при зовнішній температурі повітря більше $+20^{\circ}\text{C}$ не забезпечує нормованого теплового комфорту і потребує введення в дію системи кондиціонування внутрішнього повітря.

Висновок. Проведено дослідження температурного комфорту в салоні міського автобусу на маршруті при зовнішній температурі навколишнього повітря $+24^{\circ}\text{C}$. З метою створення комфортної температури в салоні потрібно додаткове охолодження повітря. Баланс між кількістю теплоти, яка надходить ззовні і зсередини і теплообміном через поверхню кузову за рахунок виносу теплоти вентиляційним повітрям особливо утруднений літом в умовах навантаження пасажирів та прямої дії сонячних променів. Продовженням досліджень повинно бути спрямування на отримання результатів з ввімкненням кондиціонером та прогнозуванням нормованої витрати палива.

Л і т е р а т у р а

1. <https://meteo.ua/archive>
2. Dell'Olivo L, Angel I, Patricia C (2011) The quality of service desired by public transport users. *Transp Policy* 18:217–227.
3. Eboli L, Mazzula G (2011) A methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passenger's point of view. *Transp Policy* 18: 172–181.
4. Ivanescu M., Neacsu C., Tabacu S., The human thermal comfort evaluation inside the passenger compartment, in: *World Automotive Congress, Budapest, Hungary, 2010*.
5. Хохряков В.П., Вентиляция, отопление и обеспечение воздуха в кабинах автомобилей: Монография. – М.: Машиностроение, 1987. – 149 с.
6. Жуковский С.С. Организованная естественная вентиляция салонов автобусов: Дис. канд. техн. наук 05.23.03. Львовский политехнический институт. – Львов, 1984. – 240 с.
7. Палутин Ю.И. Определение величины требуемого подпора давления воздуха в салонах автомобилей. *Научный журнал «Наземные транспортные системы», НГТУ, №3(82) 2010.* – С. 133-137.
8. Матюхин Л.М. Теплотехнические устройства автомобилей / Л.М. Матюхин. – М.: МАДИ, 2010. – 89 с.
9. Ivanescu M., Neacsu C. The human thermal comfort evaluation inside the passenger compartment, in: *World Automotive Congress, Budapest, Hungary, 2010*.
10. Xianghao Shen, Shumin Feng, Zhenning Li. Analysis of bus passenger based on passenger load factor and in-vehicle time. *Peoples Republic of China, 2016*.
11. Norin F., Wyon D. Driver Vigilance . The Effects of Compartment Temperature. *SAE 920168, 1992*.
12. Автобусы MAZ 206 и MAZ 226. Руководство по эксплуатации. 206060-0000020 РЭ. ОАО Минский автомобильный завод. – 134 с.
13. Возняк О.Т. Теплогазопостачання та вентиляція /О.Т. Возняк, О.О. Савченко, Х.В. Миронюк, С.П. Шаповал,

Н.А. Сподинюк, Б.І., Гуляй. - Львів: Вид-цтво Львівська політехніка, 2013. – 276 с.

14. ASHRAE Standard 55, Thermal environmental conditions for human occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta, GA, USA, (2004).
15. Ананьев В.А., Балужева Л.Н., Гальперин А.Д., Городов А.К., Еремин М.Ю., Звягинцева С.М., Мурашко В.П., Седых И.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В.А. Ананьев, Л.Н. Балужева, А.Д. Гальперин, А.К. Городов, М.Ю. Еремин, С.М. Звягинцева, В.П. Мурашко, И.В. Седых. Четвертое издание. – М: Изд-во ЗАО «Интердиалект», ЕВРОКЛИМАТ», 2003. – 416 с.

R e f e r e n c e s

1. <https://meteo.ua/archive>
2. Dell'Olivo L, Angel I, Patricia C (2011) The quality of service desired by public transport users. *Transp Policy* 18: 217–227.
3. Eboli L, Mazzula G (2011) A methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passenger's point of view. *Transp Policy* 18:172–181.
4. Ivanescu M., Neacsu C., Tabacu S., The human thermal comfort evaluation inside the passenger compartment, in: *World Automotive Congress, Budapest, Hungary, 2010*.
5. Hohljakov V.P., Ventilacija, otoplenie i obespechenie vozduha v kabinah avtomobilej: Monografija. -M. Mashinostroenie, 1987. – 149 s.
6. Zhukovskij S.S. Organizovannaja ekstestvennaja ventilacija salonov avtobusov: Dis..kand. tehn. nauk 05.23.03 L'vovskij politehnicheskij institut. L'vov, 1984. – 240 s.
7. Palutin Ju.I. Opredelenie velichiny trebuemogo podpora davlenija vozduha v salonah avtomobilej. *Nauchnyj zhurnal «Nazemnye transportnye sistemy», NGTU, №3(82) 2010.* – S.133-137.
8. Matjuhin, L.M. Teplotehnicheskie ustrojstva avtomobilej / L.M. Matjuhin. – М.: МАДИ, 2010. – 89 s.
9. Ivanescu M., Neacsu C. The human thermal comfort evaluation inside the passenger compartment, in: *World Automotive Congress, Budapest, Hungary, 2010*.
10. Xianghao Shen, Shumin Feng, Zhenning Li. Analysis of bus passenger based on passenger load factor and in-vehicle time. *Peoples Republic of China, 2016*.
11. Norin F., Wyon D. Driver Vigilance . The Effects of Compartment Temperature. *SAE 920168, 1992*.
12. Avtobusy MAZ 206 i MAZ 226. Rukovodstvo po jekspluataciji. 206060-0000020 RJe. ОАО Minskij avtomobil'nyj zavod. – 134 s.
13. Voznjak O.T. Teplogazopostachannja ta ventilacija / O.T. Voznjak, O.O.Savchenko, H.V. Mironjuk, S.P. Shapoval, N.A. Spodinjuk, B.I., Guljaj. – L'viv: Vid-ctvo L'viv'ska politehnika, 2013. – 276 s.
14. ASHRAE Standard 55, Thermal environmental conditions for human occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta, GA, USA, (2004).
15. Anan'ev V.A., Balueva L.N., Gal'perin A.D., Gorodov A.K., Eremim M.Ju., Zvjaginiceva S.M., Murashko V.P., Sedyh I.V. Sistemy ventiljacii i kondicionirovanija. Teorija i praktika. Chetvertoe izdanie. – М: Izd-vo ZAO «Interdialekt», EVROKLIMAT», 2003. – 416 s.

Кравченко А.П., Чуйко С.П. Исследование теплового баланса салона автобуса в теплый период года.

В статье приводятся результаты исследований проверки соответствия системы вентиляции воздуха автобуса требованиям комфорта для предоставления качества транспортных услуг. Экспериментальное исследование проведено на регулярном городском автобусном маршруте г. Житомира, при привлечении автобуса MAZ-206, оборудованного кондиционером. Измеряли значение внутренней, внешней температуры и относительной влажности. Мгновенная тепловая нагрузка получена по экспериментальным данным и результаты сравнивались с расчетными значениями и требованиями комфорта для летнего сезона, согласно ASHRAE. Исследованием подтверждено, что при внешней температуре воздуха +24°C в салоне автобуса, при соответствующих перевозочных условиях, не обеспечивается желаемый нормативный температурный микроклимат и система вентиляции салона требует кондиционирования воздуха.

Ключевые слова: городской автобус, микроклимат, коэффициент пассажирской нагрузки, восприятие комфорта.

Kravchenko O., Chuiko S. Study of the heat balance of the passenger compartment in the warm season.

The results of the verification of the compliance of the bus air ventilation system with the comfort requirements regarding the quality of the transport services are shown in this article. An experimental study was carried out on the regular city bus route in the Zhytomyr city on the basis of the MAZ-206 bus equipped with air conditioning. The internal and external temperature and relative humidity were measured. Sudden heat duty was obtained on the basis of the experimental data, and the results were compared with the calculated values and comfort requirements for the warm season in accordance with ASHRAE. The study proved that under appropriate conditions of the passenger transportation, the desired regulatory temperature small-scale climate is not provided in the passenger compartment, and the ventilation system requires air conditioning when outside air temperature is +24°C.

Key words: public transport bus, small-scale climate, coefficient of passenger load, comfort perception

Кравченко О.П. – д.т.н., проф., завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Житомирський державний технологічний університет, avtoap@ukr.net

Чуйко С.П. – аспірант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Житомирський державний технологічний університет, expertauto@ukr.net

Рецензент: д.т.н., проф. **Чернецька-Білецька Н.Б.**

Стаття подана 26.03.2019