

**Кравченко О.П., професор кафедри автомобілів
і транспортних технологій, д.т.н., професор
Чуйко С.П., аспірант кафедри автомобілів
і транспортних технологій
Державний університет «Житомирська політехніка»**

АНАЛІЗ КОМФОРТУ В САЛОНІ МІСЬКОГО АВТОБУСУ ЩОДО НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА

З розвитком сучасних кліматичних засобів, які використовуються на автобусах, компанії стикаються з дилемою: пасажирів цікавить додатковий комфорт транспортних засобів з кондиціонером, а системи кондиціонування повітря можуть зменшити економію палива у великих об'ємних комерційних автомобілях - до 50% і в середніх - більш ніж на 20%, при одночасному збільшенні шкідливих викидів у відпрацьованих газах (NO_x - майже на 80% і CO - на 70%) [1].

Метою роботи є визначення рівня зовнішніх і внутрішніх теплових навантажень салону міського автобусу і тепловтрат при відкритих дверях на планових технологічних зупинках.

Об'єктом дослідження є конструктивні параметри міського автобуса (на прикладі МАЗ-206) і умови його експлуатації, які впливають на мікроклімат.

Для вдосконалення нормування витрати палива міських пасажирських перевезень, важливим фактором слід вважати умови експлуатації транспортного засобу, що включають дорожні умови і режими руху. Ці фактори здійснюють основний вплив на витрату палива і середню швидкість руху.

Комфорт пасажирів в салоні автобуса 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.

Основними визначальними факторами мікроклімату в салоні автобуса, при його експлуатації в літній період, є повітрообмін, який забезпечує нормований перепад температури в салоні з зовнішнім середовищем а також рухливість і вологість внутрішнього повітря. Необхідний повітрообмін салону визначається з умов асиміляції від сонячної радіації і пасажирів. Розрахунок надходження тепла через елементи облицювання конструкції автобуса ускладнюються істотними змінами температури зовнішнього повітря і ще більше коливаннями теплового потоку на зовнішніх поверхнях від сонячного випромінювання. При цьому важливим є надходження тепла від присутніх пасажирів, яке також залежить від параметрів зовнішнього повітря.

Теплова рівновага в салоні автобуса настає тоді, коли вхідні теплові потоки відповідають тепловим потокам, які виходять з салону. Відповідно, рівняння теплового балансу в загальному вигляді салону автобуса матиме вигляд [2]:

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

де Q_i - теплонадходження в салон, Вт; Q_j - тепловідвід із салону, Вт; n - кількість складових, які задіяні в теплонадходженні; m - кількість складових, які задіяні в тепловідводі.

Загальне теплове навантаження в салоні автобусу можна записати у вигляді:

$$(2) \quad Q = Q_{\text{body}} + Q_{\text{grass}} + Q_{\text{sun}} + Q_{\text{passenger}} + Q_{\text{others}},$$

де Q_{body} , Q_{grass} - конвективні теплонадходження, відповідно через непрозорі поверхні салону і вікна, Вт; Q_{sun} , $Q_{\text{passenger}}$, Q_{others} - сонячне випромінювання, тепловиділення від людей, теплові навантаження від агрегатів і вузлів, Вт.

Розрахунками [2] було встановлено, що найбільш важливими факторами, які впливають на температуру повітря в салоні автобуса є: пасажироприсутність, температура повітря в салоні на момент початку руху по маршруту, температура зовнішнього повітря, час руху автобусу з пасажирями, протягом якого включений кондиціонер, час посадки-висадки пасажирів на технологічних зупинках.

Оскільки комфорт - це суб'єктивне поняття, то ефективність охолодження салону автобусу, доцільно проводити за температурно-часовою характеристикою повітря в контрольних точках, розташованих в зоні розміщення пасажирів по обидві сторони салону. Експериментально визначені значення температури і швидкості повітря в салоні при русі автобуса з закритими дверима і в момент планової технологічної зупинки з відкритими дверима.

При вивченні впливу відкриття дверей на тепловий комфорт в салоні автобуса встановлено, що тиск повітря в салоні з працюючим кондиціонером дещо вищий тиску атмосферного повітря за межами автобуса. Залежно від напрямку і швидкості вітру, різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря, тиск безперервно змінюється. Варіація повітряного розподілу, при відкритих дверях на зупинці свідчить, що повітря, яке знаходиться в салоні, має менше температурне значення і при відкритті дверей виходить з салону нижньою частиною дверного отвору. Верхньою частиною, відповідно заходить більш тепле повітря із зовнішнього середовища. Схема повітрообміну через дверний отвір з параметрами автобуса МАЗ-206 на зупинці представлена на рисунку 1.

Взаємозв'язок тепловтрат кондиціонера розглянуто з урахуванням обробки їх повітря по $i - d$ діаграмі вологого повітря. Визначено реперні позначки. Температура повітря, що надходить в салон приймається на $4 - 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ менше, ніж температура повітря в салоні. Для того, щоб уникнути зайвих витрат енергії на охолодження повітря, що потрапляє в салон автобуса, проводиться рециркуляція внутрішнього повітря. В режимі рециркуляції повітря забирається безпосередньо з салону автобуса і відповідно зменшуються витрати на привід компресора кондиціонера.

Процес охолодження в початковій стадії здійснюється без зміни вологості. Надалі з повітря видаляється конденсат, вологості повітря зменшується до температури теплообмінної поверхні кондиціонера. Фактично рух повітря в теплообміннику кондиціонера нерівномірний і турбулентний, завдяки чому повітря, що знаходиться у теплообмінній поверхні, змішується з повітрям, що знаходиться далеко від теплообмінної поверхні.

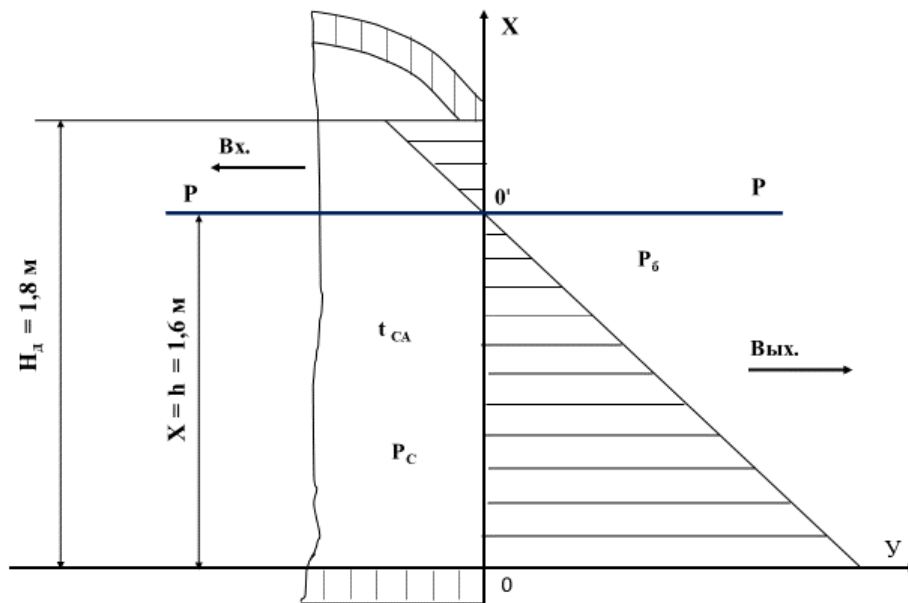


Рис. 1. Схема повітрообміну через дверний отвір автобуса на зупинці

Встановлено, що при середньому часу стоянки автобуса на технологічній зупинці величина теплопритоків в салон становить 106 Вт. Крім того, через відчинені двері автобуса за цей час в салон надходить близько 1 м^3 зовнішнього повітря. При максимальній тепловій потужності автобусного кондиціонера REVO-250, яким укомплектований автобус МАЗ-206, час для видалення надлишків тепла, яке надійшло в період стоянки на зупинці, становить 50 с.

Висновки. Стабілізація тепловіддачі і її кількість дозволяє знизити вплив теплової інертності системи кондиціонування на температурний режим повітря в салоні, реалізувати індивідуальне коригування температури повітря в салоні в межах 40% від потужності кондиціонера, а також використовувати систему кондиціонування, як акумулятор кліматичного режиму. Такий підхід дозволить знизити витрату палива автобусом з кондиціонером при виконанні транспортного процесу в літній період експлуатації.

Литература

1. R. Farrington and J. Rugh. Impact of Vehicle Air Conditioning on Fuel Economy, Tailpipe Emissions, and Electric Vehicle Range. Washington, D.C. October 31, 2000. National Renewable Energy Laboratory 1617 Cole Boulevard Golden, Colorado 80401-3393

2. Кравченко О.П., Чуйко С.П. Дослідження параметрів повітря в салоні міського автобусу / О.П. Кравченко, С.П. Чуйко // Транспорт і логістика: проблеми та рішення: Збірник наукових праць за матеріалами ІХ-ї Міжнародної науково-практичної конференції (22 - 24 травня 2019 р.). – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2019. – С. 154-156.