

УДК 629.113

Дослідження швидкісних і температурних показників в процесі вентиляції салону автобуса

Круць¹ Т.І.; Зінько² Р.В.; Музичка³ Д.Г.; Черевко⁴ Ю.М.

1- Львівський державний автомобільно-дорожній коледж НУ «Львівська політехніка», Львів, Україна

2- Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

3- Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Україна

4- Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна

Аноція: Досліджується температурний і вентиляційний режими салону автобуса моделі Електрон А18101. Розроблена твердотільна модель автобуса. На підставі попереднього аналізу виведена спрощена розрахункова область, в якій реалізується неповне обтікання автобуса повітряним потоком. Для розрахунку турбулентних просторових потоків використані рівняння Нав'є-Стокса усереднені по Рейнольдсу. Для замикання системи рівнянь використовується модель турбулентності SST. Розрахунки проведені при трьох різних швидкостях руху (20 км/год., 40 км/год., 60 км/год.) і для конфігурацій вентиляційних отворів: вікна закриті, відкриті тільки вентиляційні люки на даху. На основі отриманих результатів проведена оцінка мікрокліматичних умов в салоні автобуса на відповідність вимогам нормативних документів. Вимоги стандартів по температурних значеннях виконуються. Нормативи по швидкісним показникам не виконуються. В передній частині салону недостатня рухомість повітря, в задній частині салону – значне перевищення регламентних значень швидкості повітряного потоку. Дані рекомендації щодо усунення виявлених недоліків.

Ключові слова: твердотільна модель; автобус турбулентні просторові потоки; мікроклімат.

Дослідження процесів вентиляції салонів транспортних засобів (ТЗ) в даний час грунтуються на проведенні дорожніх випробувань і експериментів. Аналітичні розрахунки вентиляції є дуже складними, оскільки процеси вентиляції салону є процеси трьохмірної турбулентної течії і теплообміну. В таких умовах чисельне моделювання процесів вентиляції салонів ТЗ з використанням систем інженерного аналізу є актуальним методом дослідження. З його допомогою автовиробники можуть отримати відомості про гідродинамічні параметри в салоні ще на стадії проектування, і на їх основі вносити зміни в конструкцію салонів транспортних засобів.

Дослідженням вентиляційних систем ТЗ займалися Куликов Ю. А. [1], Хохлаков В. П. [2], Грибніченко М. В. [3], Матвеев Д. В. [4], Лук'яненко В. М. і Галич І. В. [5] та ін. Палутин Ю. І. [6] проведений аналіз вимог до систем вентиляції салону автобусів. З метою створення комфортного мікроклімату кабін мобільних машин сільськогосподарського призначення проведені дослідження Тарасенко С. Е. [7]

Об'єктом дослідження було обрано салон автобуса моделі Електрон А18101. На основі наявних креслень розроблена твердотільна модель автобуса, в якій, в силу складності створення точної геометрії, прийнятий ряд спрощень: відсутні пасажирів; відсутні поручні; сидіння показані схематично; в геометрії деталей відсутня більшість заокруглень.

У задачі про вентиляцію необхідно розглядати спільно зовнішню і внутрішню аеродинаміку автобуса. В силу значної ресурсоемкості такої постановки завдання, на попередніх етапах дослідження було прийнято рішення від неї відмовитися. На підставі попереднього аналізу виведена спрощена розрахункова область, в якій реалізується неповне обтікання автобуса повітряним потоком. Розрахункова область представлена на рис. 1.

Повітря, огинаючи корпус автобуса, потрапляє в салон через люки, вікна і дефлектори на панелі приладів. Розглядається експлуатація автобуса у теплу пору року.

Температура навколишнього повітря $+33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Початкова температура в пасажирському салоні $+42\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це значення враховує тепловиділення пасажирів і тепловий вплив працюючого двигуна, який в даній моделі автобуса розташований в задній частині салону.

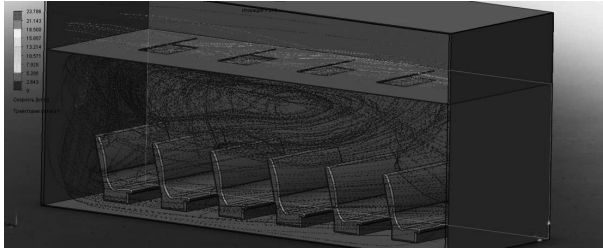


Рис. 1. Розрахункова область

При вирішенні задачі прийняті наступні допущення: завдання вирішується в стаціонарній постановці; потік однофазний; теплообмін стінок із зовнішнім середовищем відсутній; рух повітря розглядається як турбулентний рух нестисливого середовища

Для розрахунку турбулентних просторових потоків використані рівняння Нав'є-Стокса усереднені по Рейнольдсу. Для замикання системи рівнянь використовується модель турбулентності SST. Розрахунки проведені при трьох різних швидкостях руху (20 км/год, 40 км/год, 60 км/год) і для конфігурацій вентиляційних отворів: вікна закриті, відкриті тільки вентиляційні люки на даху. Потік повітря проникає в салон через люки, рухається уздовж даху до заднього скла, поступово вповільнюючись, розтікається і рухається уздовж підлоги у зворотному напрямку. Потік частково залишає салон через вентиляційний отвір на задній стінці. Найбільші значення швидкості повітряного потоку відзначені в разі руху на швидкості 60 км/год. У задній частині салону спостерігаються значення швидкості 8-9 м/с. Найменша рухливість повітря спостерігається в передній частині автобуса. Це обумовлено геометрією салону. Мінімальна швидкість 0,114 м/с зафіксована при русі зі швидкістю 20 км/год. При русі повітря вздовж підлоги з більш низькою температурою, що надійшло в салон через люки, потік зустрічається з перешкодами у вигляді спинок сидінь, і, огинаючи їх, охолоджує сидячих пасажирів. У передній правій частині салону (рис. 2) потік не зустрічає перешкоди у вигляді спинки сидіння і не надходить до пасажирів, виникає локальна застійна зона.

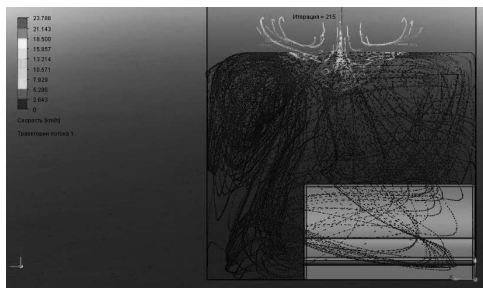


Рис. 2. Структура потоку в області передніх сидінь в правій частині салону

Також ускладненим є поступання повітря до пасажирів, які сидять біля перегородки вхідних дверей (рис. 3). Потік, зіштовхуючись із перешкодою у вигляді перегородки, піднімається і рухається у зворотному напрямі.

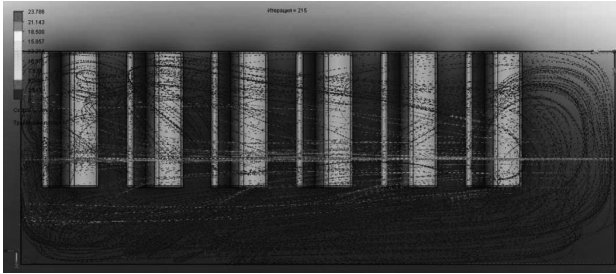


Рис. 3. Структура потоку в області перегородки вхідних дверей

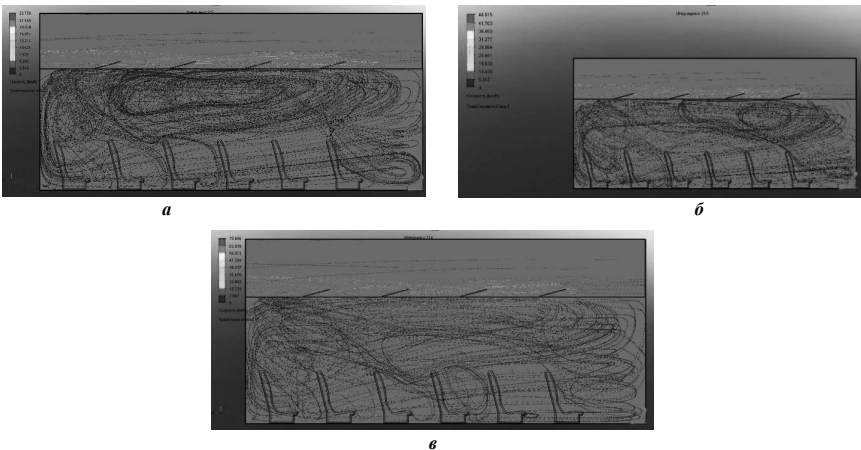


Рис. 4. Поля швидкості повітряного потоку на рівні голови пасажирів при різних режимах руху автобуса: *а* — 20км/год; *б* — 40км/год; *в* — 60км/год

Особливу увагу необхідно приділити швидкісним на висоті, яка відповідає висоті, на якій знаходиться голова і шия сидячих пасажирів. Це робиться через те, що голова і шия – найбільш чутливі до охолодження частини людського тіла.

Швидкісні показники, отримані в результаті розрахунків, наведені у табл. 1.

Як видно з отриманих значень швидкостей в салоні, по мірі збільшення швидкості автобуса впливу цього гідродинамічного параметру на вентиляційний процес і температуру в салоні збільшується.

На основі отриманих результатів проведена оцінка мікрокліматичних умов в салоні автобуса на відповідність вимогам нормативних документів. Показники мікроклімату в салонах ТЗ регламентуються ISO 7243:1989, ISO 7730:2005, ГОСТ Р ИСО 11399-2007 [8-

10]. Порівняння отриманих результатів з вимогами нормативних документів наведено у таблиці 2.

Таблиця 1

Мінімальні і максимальні значення швидкості повітряного потоку в салоні автобуса

Швидкість руху автобуса, км/год	Швидкість повітряного потоку на рівні голови пасажирів, м/с	
	Мін.	Макс.
20	0,12	3,08
40	0,14	4,98
60	0,17	8,36

Вимоги стандартів по температурних значеннях виконуються. Нормативи по швидкісним показникам не виконуються. В передній частині салону недостатня рухомість повітря, в задній частині салону – значне перевищення регламентних значень швидкості повітряного потоку.

Таблиця 2

Порівняння результатів розрахунків з вимогами ДОСТ

Регламентований параметр	ISO	Розрахунки
Перепад між температурами в салоні та ззовні, °С	0,5—1,5	0,114—9,17
Перепад між температурами в салоні та ззовні, °С	до 5	до 4,3
Допустима температура в салоні в теплу пору року, °С	18—25	20,2—24,3

Для усунення виявлених недоліків рекомендується виконати перегородку вхідних дверей у вигляді перил, а не суцільної пластини. Окрім цього, для забезпечення рівномірного руху повітря по салону з регламентованими стандартами швидкості необхідно використовувати комбіновану або примусову систему вентиляції.

The study of speed and temperature indicators in the process of ventilation of the bus

Kruts T., Zinko R., Muzychka D., Cherevko Y.

Abstract: *The temperature and ventilation regimes of the cabin of the Electron A18101 bus are being investigated. Developed solid model bus. Based on a preliminary analysis, a simplified computational domain has been derived in which the air flow is not fully wrapped around the bus. For the calculation of turbulent spatial flows, the Navier-Stokes equations averaged over Reynolds were used. For the closure of the system of equations used model of turbulence SST. The calculations were carried out at three different speeds (20 km/h, 40 km/h, 60 km/h) and for air vent configurations: the windows are closed, only the vents on the roof are open. Based on the obtained results, the assessment of the microclimatic conditions in the cabin of the bus was carried out for compliance with the requirements of regulatory documents. The requirements of standards for temperature values are met. Standards for speed indicators are not met: in front of the cabin lack of air mobility, in the rear of the cabin a significant excess of the prescribed values of the air flow rate. Recommendations are made to eliminate the identified deficiencies.*

Keywords: *solid model; bus; turbulent spatial flows; turbulent spatial flows.*

Исследование скоростных и температурных показателей в процессе вентиляции салона автобуса

Круць Т.И., Зинько Р.В., Музыка Д.Г., Черевко Ю.Н.

Анотація: *Исследуется температурный и вентиляционный режимы салона автобуса модели Электрон А18101. Разработанная твердотельная модель автобуса. На основании предварительного анализа выведена упрощенная расчетная область, в которой реализуется неполное обтекание автобуса воздушным потоком. Для расчета турбулентных пространственных потоков использованы уравнения Навье-Стокса усредненные по Рейнольдсу. Для замыкания системы уравнений используется модель турбулентности SST. Расчеты проведены при трех различных скоростях движения (20 км/ч, 40 км/ч, 60 км/ч) и для конфигураций вентиляционных отверстий: окна закрыты, открыты только вентиляционные люки на крыше. На основании полученных результатов выполнена оценка микроклиматических условий в салоне автобуса на соответствие требованиям нормативных документов. Требования стандартов по температурным значениям выполняются. Нормативы по скоростным показателям не выполняются: в передней части салона недостаточная подвижность воздуха, в задней части салона - значительное превышение регламентных значений скорости воздушного потока. Даны рекомендации по устранению выявленных недостатков.*

Ключевые слова: *твердотельная модель; автобус; турбулентные пространственные потоки; микроклимат.*

Список літератури

1. Куліков Ю.А., Грибнінченко М.В., Гончаров А.В. Системи охолодження, вентиляції та опалення автомобілів: Монографія. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля. – 2006. – 248 с.
2. Хохряков В.П. Вентиляция, отопление и обеспыливание воздуха в кабинах автомобилей: Монография. – М.: Машиностроение, 1987. – 149 с.
3. Грибнінченко М.В. Удосконалення систем опалювання і вентиляції салону автомобілів ЗАЗ: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / ХНАДУ. – Харків, 2006. – 24 с.
4. Матвеев Д.В. Разработка технологии расчета системы отопления и вентиляции легкового автомобиля: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03. – Ижевск, 2006. – 123 с.
5. Лук'яненко В.М. Аналіз вимог до мікроклімату на робочому місці оператора мобільної сільськогосподарської техніки / В.М. Лук'яненко, І.В. Галич // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, випуск 93, «Механізація сільськогосподарського виробництва», Вісник ХНТУСГ, Випуск 93, Том 2, 2010. – С. 232-247.
6. Палутин Ю.И. Методические основы совершенствования параметров воздушной среды салонов автомобилей: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 Н. Новгород, 1997. – 327 с.
7. Тарасенко С.Е. Усовершенствование конструкции кабины с улучшением микроклимата для самоходной сельскохозяйственной техники: Дис. канд.техн. наук. – К., 2005. – 181 с.
8. ISO 7243:1989 Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature).
9. ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
10. ГОСТ Р ИСО 11399-2007. Эргономика тепловой окружающей среды. Принципы и применение признанных международных стандартов.