

Наукова робота під шифром «Обігрів автобуса»

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ ПАСАЖИРСЬКОГО
САЛОНУ АВТОБУСА**

АНОТАЦІЯ

В даній науковій роботі розглядається питання розробки перспективної системи опалення салону автобуса.

В роботі міститься огляд можливих конструкцій систем опалення транспортних засобів, проєктована система опалення та вентиляції, а також математичне моделювання нестационарного теплового режиму обігріву салону автобуса.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
ВСТУП	4
1. СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ І АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПОВІТРЯ В АВТОМОБІЛІ	7
1.1. Забезпечення умов комфорності в салоні транспортних засобів ...	7
1.2. Огляд патентів забезпечення комфорності в салоні транспортних засобів.....	10
1.3. Висновки по огляду	14
2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ САЛОНУ МІСЬКОГО АВТОБУСА	16
2.1. Компоновка системи опалення та вентиляції салону міського автобуса.....	16
2.2. Розрахунок системи опалення	18
3. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ В САЛОНІ МІСЬКОГО АВТОБУСА	22
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛУТЕРАТУРИ	29
ДОДАТКИ	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

При експлуатації транспортних засобів, особливо автобусів, в літній період істотно погіршується рівень теплового комфорту в салоні, основним показником якого є температура навколишнього повітря. Невідповідність її рівня оптимального, впливає на пасажирів і призводить до швидкої стомлюваності водія, що негативно позначається на безпеці дорожнього руху [1].

Підвищення або зниження температури погіршує самопочуття водія знижує його працездатність. При високій температурі порушуються функції мислення, уваги, пам'яті, збільшується час і зменшується точність сенсомоторних реакцій. В результаті водій несвоєчасно зауважує зміну дорожньої обстановки, запізнюється з виконанням необхідних управляючих впливів, припускається помилок, швидше втомлюється.

Для створення комфортних умов водієві та пасажирам і виконання вимог, представлених в Міжгалузевих правилах з охорони праці при експлуатації промислового транспорту, [2-8] стає актуальним питання про створення сприятливого мікроклімату в салоні автобуса.

У літній період пори року зростає кількість сонячних днів, збільшується кутова висота сонця, що тягне за собою збільшення сонячної радіації, підвищення ефективної температури навколишнього повітря, що тягне за собою підвищення температури повітря в салоні автобуса і погіршення мікроклімату.

Тому в даній роботі проведено дослідження системи опалення салону автобуса (СОСЛА) та її розрахунок.

Актуальність проблеми. Система обігріву салону автобуса покликана забезпечувати мікроклімат в межах комфортності і забезпечувати ефективну експлуатацію при низькій собівартості виготовлення. В автобусах, особливо в міських, не завжди вдається досягнути компромісу між цими показниками.

Таким чином, задача удосконалення СОСЛА є актуальною, бо її рішення сприяє підвищенню техніко-експлуатаційних показників і конкурентоздатності.

Об'єктом дослідження є процеси обігріву салону міського автобуса.

Предметом досліджень є система обігріву салону міського автобуса.

Метою досліджень було підвищення техніко-експлуатаційних показників СОСЛА шляхом вибору параметрів елементів СОСЛА з урахуванням впливу набігаючого потоку, застосування більш ефективної поверхні тепловіддачі радіатора.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні **задачі**:

- теоретично досліджений вплив потоків в салоні міського автобуса;
- проведено комп'ютерні дослідження теплових потоків з урахуванням характеристик розрахованого СОСЛА.

Методи дослідження. Задача удосконалення СОСЛА вирішена методами теплового балансу і математичного моделювання з рішенням отриманих диференціальних рівнянь методом чисельного інтегрування. Вплив потоку, що набігає, на режим роботи вентилятора досліджувався методами аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено теоретичне рішення для нестационарного режиму обігріву салону міського автобуса, в основу рішення встановлений розгляд теплового балансу стінок, даху, підлоги салону замість теплопровідності в суміжному шарі.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблена математична модель нестационарного режиму обігріву салону міського автобуса, яка дозволяє отримувати залежності температур повітря і внутрішніх поверхонь стінок, даху, підлоги при прогріванні салону.

Положення, що їх винесено на захист

Отримано теоретичне рішення та розроблена математична модель роботи системи обігріву в режимі нестационарного режимів.

Запропоновано методику розрахунку елементів СОСЛА, яка забезпечує максимальну ефективність роботи.

1. СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ І АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПОВІТРЯ В АВТОМОБІЛІ

1.1. Забезпечення умов комфорності в салоні транспортних засобів

Теплова підготовка транспортних засобів (ТЗ) в умовах холодного періоду експлуатації вимагає забезпечення своєчасного випуску ТЗ на лінію, працездатності енергетичних установок і силових агрегатів в пусковий період і створення відповідних комфортних умов для водія в період переходу від зберігання до введення ТЗ в експлуатацію. Тому важливою умовою підтримки комфортних умов для водія в холодний період експлуатації ТЗ є створення оптимального мікроклімату в салоні (кабіні).

Мікроклімат на робочому місці водія колісного транспортного засобу є однією з найважливіших складових єдиного завдання отримання високої продуктивності ТС. Під мікрокліматом прийнято розуміти сукупність фізичних властивостей і хімічного складу повітряного середовища, а також пил і мікроорганізми. Найбільш важливим параметром мікроклімату є температура повітря [1] в салоні (кабіні) ТЗ. На відміну від температури вологість повітря має непрямий вплив на самопочуття людей.

Мікроклімат в кабіні залежить від особливостей систем опалення, вентиляції, а також ряду конструктивних параметрів самого автомобіля (герметичність кабіни (салону), розташування двигуна, його теплоізоляція, теплоємність і теплопровідність матеріалів, ступінь скління кабіни). З метою виявлення необхідних параметрів, що характеризують комфортабельність роботи водія, особливо в передпусковий і післяпускової період, необхідно виконати аналіз вимог державних і міжнародних нормативних документів щодо мікроклімату салону (кабіни) ТЗ.

Аналізом вимог до кліматичних систем колісних транспортних засобів і нормалізації мікроклімату ТЗ займалися Куликов Ю.А., Хохряков В.П. [9], Грїбніченко М.В., Гухо В.Г., Михайлівський Є.В., Матвєєв Д.В., Лук'яненко В.М. і Галич І.В. та ін. В роботі [10] розглянуто вплив несприятливого

мікроклімату на працездатність водія. В роботі Верещагіна С.Б. [11] наведені результати кліматичних випробувань, що показують реальні умови роботи водіїв, проведений аналіз температурного режиму і вологості в кабіні дорожніх транспортних засобів. Палутіним Ю.І. [12] проведений аналіз вимог до систем вентиляції салону автобусів. З метою створення комфортного мікроклімату кабіні мобільних машин сільськогосподарського призначення проведені дослідження Тарасенко С.Є. [13] і Голубєвої Ю.В. [14].

Однак, конструктивні рішення обладнання ТЗ і салону (кабіни) в часі змінюються. Змінюються також і вимоги до створення мікрокліматичних умов усередині салону (кабіни), що є одним зі складових створення конкурентного ТЗ, що відповідає нормам державних і міжнародних стандартів в цілому. Тому для проектування засобів забезпечення мікроклімату, особливо на основі нових екологічно чистих і ресурсозберігаючих технологій і матеріалів, необхідне знання сучасних вимог як державних, так і міжнародних нормативних документів, що стосуються мікроклімату робочого місця водія ТЗ.

У стандарті [2] наведені формули розрахунку середньої температури внутрішніх поверхонь досліджуваного ТЗ. Крім того, в стандарті [3] встановлені дещо інші вимоги. А саме:

- надлишковий тиск в кабіні не повинен бути нижче 50 Па і перевищувати 200 Па;
- повинна забезпечена подача в кабіну свіжого повітря - не менше 43 м³;
- результати вимірювання температури в кабіні не повинні відрізнятися між собою більше, ніж на 5 ° С;
- рекомендується, щоб максимальна швидкість руху повітря перед очима оператора не перевищувала 0,3 м / с.

Крім цього, санітарні правила з гігієни праці водіїв автомобілів регламентують вимоги до мікроклімату і повітря робочої зони [7]. Такі ж норми встановлені в [8]. Санітарно-технічні засоби (вентиляція, опалення, теплоізоляція, кондиціонування) повинні забезпечувати підтримку в кабіні автомобіля оптимальних (таблиця 1) або допустимих (таблиця. 2) параметрів

мікроклімату не пізніше ніж через 30 хв. після початку безперервного руху автомобіля з прогрітим двигуном [7-8].

Таблиця 1

Оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в кабінах автомобілів

Сезон року	Типи автомобілів	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м / с, не більше
Холодний і перехідний періоди року	Легкові	20 – 23	60-40	0,2
	Вантажні та автобуси	18 – 20	60-40	0,2
Теплий період року	Легкові	20 – 25	60-40	0,2
Вантажні і автобуси	21 – 23	60-40	0,3	

Таблиця 2

Припустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в кабінах автомобілів в холодний і перехідний періоди року

Типи автомобілів	температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м / с, не більше
Легкові	19 – 25	75	0,2
Вантажні автобуси	17 – 23	75	0,3

Перепад температури повітря по висоті кабіни не повинен перевищувати 3°С. При цьому абсолютні величини температури повітря на різних рівнях кабіни повинні знаходитися в межах величин при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату. Температура внутрішніх поверхонь кабіни не повинна відрізнятись від температури повітря в кабіні більш ніж на 3°С.

Європейські виробники транспорту для визначення оптимальних показників мікроклімату салону автомобіля використовують стандарти з питань ергономіки теплової зовнішнього середовища. Для нормування використовують такі показники: температуру повітря, середню температуру випромінювання, швидкість переміщення повітря, теплоізоляцію одягу, виділення метаболічного тепла, терморегуляцію організму, теплопередачу, рівняння теплового балансу і ін. [9].

Ряд зарубіжних виробників, для визначення комфортних умов всередині салону проводить розрахунок теплового навантаження на працюючу людину, заснований на показнику WBGT (Wet Body Global Temperature) [2], або аналітичне визначення та інтерпретацію комфортності теплового режиму з використанням розрахунку показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту [3].

Зокрема, ґрунтуючись на положеннях [2], [3], концерн Volkswagen запропонував оптимальні температурні параметри для здійснення поїздки на автомобілі середнього класу на рівні різних частин тіла водія [11]. Рекомендовані температури в салоні автомобіля: в районі голови - 19°C, в районі грудей - 22°C, в районі ніг - 25°C.

Таким чином, результати проведених досліджень дозволяють зробити висновок, що основним завданням при створенні комфортних умов в салоні автомобіля є досягнення оптимальних параметрів значень температури, відносної вологості та руху повітря в залежності від фізіологічних особливостей організму водія

1.2. Огляд патентів забезпечення комфортності в салоні транспортних засобів

Автомобільні системи кондиціонування пройшли широкий шлях розвитку від примітивних водяних опалювачів, що представляють собою невеликий радіатор з вентилятором, до фреонових систем [1].

Однак фреонова система кондиціонування неекологічних, хоча і має в порівнянні з іншими системами охолодження високий ККД, невелику металоємність, невисоку вартість і не вимагає великих потужностей на привід агрегатів.

Останнім часом все більше набувають поширення термоелектричні системи кондиціонування повітря, що працюють на основі ефекту Пельтьє.

Перевага даного пристрою полягає в тому, що воно дозволяє підвищити ефективність роботи термоелектричних батарей, усунути втрати теплової енергії, виключити установку кондиціонера, як додаткового пристрою, при мінімальній зміні його конструкції, завдяки постачанню пристрої термоелектричним генератором харчування і електронним блоком управління і індикації, виконання блоку автономних термоелектричних батарей з двох термобатарей і розташуванню їх між трьома теплообмінниками так, що холодні спаї термо Атар спрямовані всередину, назустріч один одному, а гарячі спаї - назовні, а також підключення рідинного контуру до системи обігріву та вентиляції салону автомобіля і

Винахід відноситься до шумопоглинальним покриттям, призначеним для зниження аеродинамічного шуму, що поширюється в воздуховодних каналах, переважно опалювально-вентиляційних систем (ОВС) [16].

Технічне завдання, яке вирішується пропонованим винаходом, полягає в поліпшенні акустичних характеристик шумопоглинального покриття шляхом створення умов, що підсилюють інтенсифікацію процесів динамічних деформацій пористого скелета структури шумопоглинального покриття і супутніх дисипативних розсіювань енергії, посилення крайового дифракційного механізму поглинання енергії звукових хвиль і збільшення активної поверхні звукопоглинання, виключення процесів генерування паразитних вихрошумових випромінювань при транспортуванні високошвидкісних повітряних потоків в ОВС АТС.

Технічний результат в системі обігріву транспортного засобу (Рис. 1.2.) досягається застосуванням інфрачервоного випромінювача у вигляді активного

електричного опору, в якому енергію може виробляти електрогенератор, в комбінації з ребрами випромінювачем-конвектором, робота якого забезпечується потоком вихлопних газів [17].

У разі живлення випромінювача-конвектора необхідно обов'язково передбачити технічне виконання поверхонь випромінювача з антикорозійних матеріалів. В першу чергу самим раціональним є застосування середньо- або високолегованих сталей з метою використання їх високої корозійної стійкості, а так само їх здатності до полірування для підвищення випромінювальних оптичних властивостей. Променистий потік природно, відповідно до законів випромінювання направляєється в точки поверхонь зовнішнього огороження, що мають найнижчу температуру. Поворотний інфрачервоний випромінювач забезпечений електромеханічним приводом, пов'язаних з системою управління та регулювання.

На рис. 1.2. схематично зображено логічна схема багато параметрової системи обігріву.

Винахід [18] відноситься до систем кондиціонування повітря в салонах і кабінах пасажирських або вантажних транспортних засобів. Установа для зміни температури повітря містить термоелектричні батареї з джерелом живлення і каналами для протоки рідкого теплоносія з боку гарячих і холодних теплопереходів.

Винахід [19] відноситься до двигунобудування, а саме до пристроїв для підігріву двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) і обігріву салону міського автобуса при непрацюючому ДВС (Рис.1.3.), експлуатованого в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Система підігріву додатково обладнана розширювальним баком, компенсаційний трубопровід якого з'єднаний зі всмоктуючим патрубком водяного насоса ДВС. а дренажний - з водяним радіатором, причому тепловий акумулятор фазового переходу і радіатори-опалювачі салону підключені паралельно водяному радіатора, а перед тепловим акумулятором фазового переходу встановлені теплообмінник-утилізатор теплової енергії

відпрацьованих газів з датчиком температури тосолю. мають електричну зв'язок з регулюючим вентиляем. Винахід забезпечує істотне підвищення температури рідкого теплоносія, що надходить в тепловий акумулятор фазового переходу в процесі накопичення їм теплоти, що не знижуючи при цьому температури повітря в салоні автобуса.

Система підігріву міського автобуса (Рис. 1.4.), що складається з двигуна внутрішнього згоряння з водяним радіатором і водяним насосом, теплового акумулятора фазового переходу, радіаторів-опалювачів салону, автономного електронасоса і запірної арматури, об'єднаних рідинними трубопроводами, що відрізняється тим, що система підігріву додатково обладнана розширювальним баком, компенсаційний трубопровід якого з'єднаний зі всмоктуючим патрубком водяного насоса двигуна внутрішнього згоряння, а дренажний - з водяним радіатором, причому тепловий акумулятор фазового переходу і радіатори-опалювачі салону підключені паралельно водяному радіатора, а перед тепловим акумулятором фазового переходу встановлені регулюючий вентиль, який має електричний зв'язок з датчиком температури тосолю, і теплообмінник- утилізатор теплової енергії відпрацьованих газів, в рідинному тракті якого розташований датчик температури тосолю.

Винахід [20] відноситься до систем кондиціонування повітря в салонах і кабінах пасажирських або вантажних транспортних засобів (Рис. 1.5.). Установа для охолодження і нагрівання повітря містить блок термоелектричних батарей з джерелом живлення і каналами для протоки рідкого теплоносія з боку гарячих і холодних теплопереходів. Теплопереходи підключені до замкнутих контурам циркуляції гарячого і холодного теплоносіїв. Контур циркуляції холодного теплоносія включає радіатор-охолоджувач повітря і перший циркуляційний насос. Контур циркуляції гарячого теплоносія включає радіатор-обігрівач і другий циркуляційний насос. Радіатор-обігрівач і радіатор-охолоджувач забезпечені вентиляторами для продувки через них. відповідно, нагрівається і охолоджується повітря. Блок

термоелектричних батарей встановлених в корпусі з утворенням двох рівних за обсягом порожнин. На холодних і гарячих теплопереходах встановлені теплообмінні радіатори. коефіцієнт упаковки яких складає не менше $1000 \text{ м}^2/\text{м}^3$. В результаті досягається спрощення конструкції, поліпшення вагових і габаритних характеристик, зниження експлуатаційних витрат підвищення екологічної безпеки при експлуатації установки.

Блок регулювання мікроклімату салону транспортного засобу [21], що містить органи управління температурою в салоні (Рис. 1.6.), кондиціонером транспортного засобу, швидкістю вентилятора обігрівача транспортного засобу і автоматичної підтримки заданої температури в салоні, підключені відповідно до першого, другого, третього і четвертого входів мікроконтролера, перший вихід якого з'єднаний з пристроєм індикації, а другий, третій і четвертий виходи через відповідні драйвери підключені відповідно до опалювачі, кондиціонеру і вентилятору обігрівача транспортного засобу, який відрізняється тим, що датчик температури транспортного засобу в салоні з'єднаний з п'ятим входом мікроконтролера, датчик температури транспортного засобу за бортом з'єднаний з шостим входом мікроконтролера і додатково введені органи управління режимом індикації температури за бортом транспортного засобу, режимом діагностики двигуна транспортного засобу і режимом індикації температури в салоні транспортного засобу, підключені відповідно до сьомого, восьмого і дев'ятого входів мікроконтролера, п'ятий вихід якого з'єднаний з додатково введеним драйвером управління діагностикою, вихід якого підключений до електронної системи управління двигуна транспортного засобу.

1.3. Висновки по огляду

У наведеному огляді систем кондиціонування і автоматичного регулювання повітря в автомобілі розглянуті типові конструкції таких систем і тенденції розвитку систем кондиціонування повітря.

Одним з важливих питань покращення систем кондиціонування та обігріву салону, зокрема салону міського автобуса, є забезпечення їх стабільності роботи в перехідних режимах.

2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ САЛОНУ МІСЬКОГО АВТОБУСА

2.1. Компоновка системи опалення та вентиляції салону міського автобуса

Опалення салону автобуса проводиться від системи охолодження двигуна. Схеми роботи системи опалення та розігріву двигуна на міських автобусах (з трьома СО), на приміських (з чотирма СО) і на міжміських (з шістьма СО) представлені на рис.2.1..

У систему охолодження двигуна (рис.2.1) - входять: рідинної підігрівач, трубопроводи, насос, демпфер, повітровідділювача, кран зливу, клапани випуску повітря, крани № 1, № 2 і № 3, представлені на згаданих схемах. Стрілками вказується напрямок циркуляції рідини в системі.

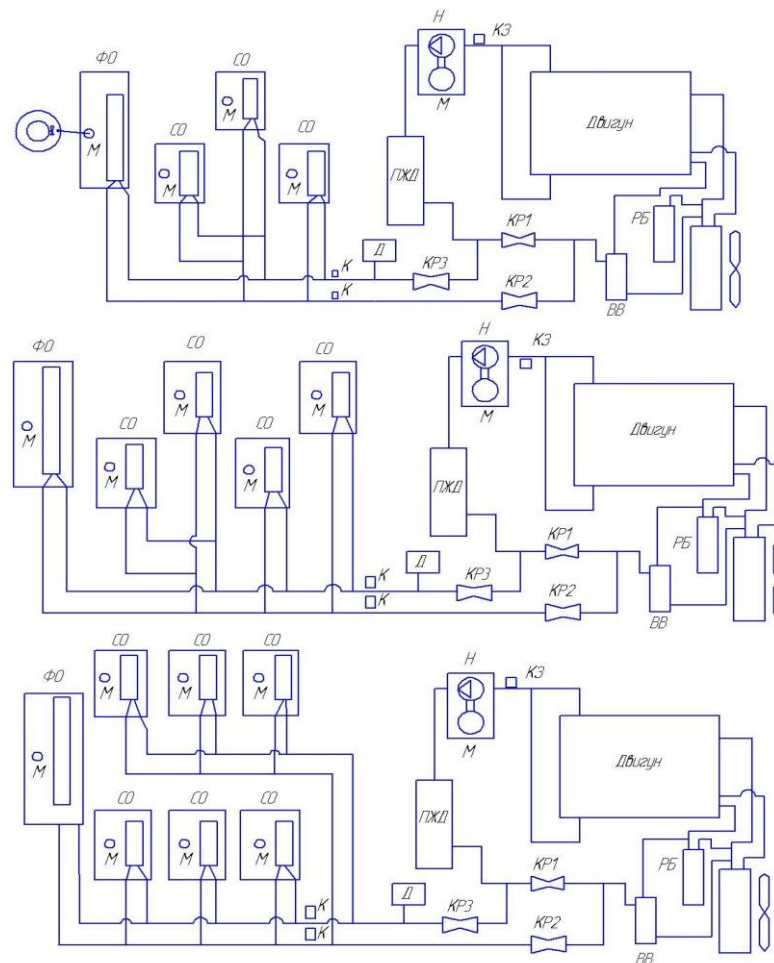


Рис. 2.1. - Схеми роботи системи опалення та розігріву двигуна на міських автобусах (з трьома СО), на приміських (з чотирма СО) і на міжміських (з

шістьма СО) ПЖД - підігрівач; ФО - фронтальний обігрівач; СО - салонні опалювачі; Н - насос ПЖД; Кр1 - Кр3 - крани системи; М - електродвигуни; ВО – повітряний відділювач; Д -демпфер; К - клапани випуску повітря; КС - кран зливу ОЖ; РБ - розширювальний бачок

Для салону автобуса пропонується система вентиляції і опалення, яка розміщена спереду салону, після двигуна автомобіля. Основним вузлом системи вентиляції та опалювання є опалювач з додатковими пристроями [24]. При використанні опалювача для вентиляції в салон надходить повітря із зони, розміщеної перед вітровим шклом, де при русі автобуса створюється підвищений тиск. Через отвори в задній частині капота, повітря надходить в спеціальний короб, що розміщений перед переднім щитком салону автомобіля.

Температура повітря, що надходить у салон, регулюється кількістю рідини, що надходить в радіатор опалювача із системи охолодження двигуна. До неї опалювач підключений паралельно. Таке підключення дозволяє користуватися опалювачем незалежно від теплового стану двигуна.

Проте, коли тепловий режим в салоні підтримується системою вентиляції, а кондиціонер з опалювачем відімкнені не забезпечується ефективна вентиляція кабіни. Це пов'язане з тим, що при роботі системи вентиляції не використовуються насадки. Таким чином, вентиляція салону здійснюється через насадки повітрерозподільвача, або тільки опалювача при відповідному використанні вентилятора випаровувала або опалювача. Також недоліком є те, що а додатковий осьовий вентилятор конденсатора збільшує розмір і масу системи.

Характер потоку повітря на вході в радіатор опалювача здійснює помітний вплив на ефективність тепловіддачі від його поверхні [23]. При встановленні вентилятора на вході в радіатор повітряний потік не омиває в однаковій мірі всі відсіки радіатора: одна частина обдувається зі швидкостями, які значно перевищують розраховані, а друга- із швидкостями меншими розрахованих або взагалі не обдувається. В цих умовах тепловіддача від поверхонь радіатора виявляється нижче тої, яка могла б бути при рівномірному розподіленні швидкостей. Для кількісної оцінки нерівномірності поля

швидкостей на вході в радіатор використовуються різні коефіцієнти. Тому доцільним при проектуванні подібних систем є дослідження нестационарного теплового режиму обігріву салону автобуса [24].

Система опалення, обігріває салон автобуса, складається з трубопроводів і трьох дворежимних опалювачів, розташованих усередині подіумів арок коліс. Опалювачі салону - радіаторного типу з примусовою подачею повітря електровентиляторами через радіатори. Такий же обігрівач встановлений в кабіні під сидінням водія. Опалювачі з'єднані паралельно між собою і підключені до системи охолодження двигуна

Для видалення бульбашок повітря в трубопроводах системи опалення в салоні за перегородкою водія є клапани випуску повітря.

В системі опалення салону автобуса передбачена установка відцентрового повітро відводу 2 для видалення повітря з системи, і установка демпфера 1 - для виключення гідравлічних ударів в системі (для згладжування стрибків тиску робочої рідини в системі).

2.2. Розрахунок системи опалення

Дані для розрахунку:

Температура зовнішнього повітря $T_3 = -45^\circ\text{C}$,

Температура повітря в салоні $T_B = +15^\circ\text{C}$,

Кількість осіб в салоні $n = 90$,

Кількість свіжого повітря на одного пасажера $V_H = 7 \text{ м}^3/\text{Год}$,

Площа поверхні елементів кузова, м^2 :

даху $F_D = 37 \text{ м}^2$

вікон $F_A = 0,5 \text{ м}^2$

боковин $F_B = 33 \text{ м}^2$

Середня швидкість руху автомобіля $V_0 = 60 \text{ км/Год}$,

Теплопродуктивність системи опалення. Розрахунок опалення проводимо із умов, що при зовнішній температурі повітря мінус 45°C в салоні має бути температура повітря не менше плюс 15°C .

Потрібну теплопродуктивність системи опалення визначаємо по формулі

$$Q=K(Q_k+Q_{пов}+Q_{пас})=1,1(2265+655,48+3212)=6132,7 \text{ Вт},$$

де $K=1,1$ -поправочний коефіцієнт,

Q_k - втрати тепла через поверхні кузова, кВт,

$Q_{пов}$ - втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря, кВт,

$Q_{пас}$ -тепловиділення від пасажирів, кВт.

Втрати тепла через поверхні кузова

Втрати тепла через поверхні кузова визначаємо по формулі

$$Q_{дах}=F_{дах}(T_v-T_3)=15(15-(-45))=90 \text{ Вт};$$

$$Q_{бок}=F_{бок}(T_v-T_3)=12 \times 60=72 \text{ Вт};$$

$$Q_{ос}=F_{ос}(T_v-T_3)=5,5 \times 60=30 \text{ Вт};$$

де F -площа поверхні кожного елемента кузова, м^2 ,

K -коефіцієнт теплопередачі кожного елемента кузова, як багат шарової стінки, $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо по формулі:

$$K_{дах}=1/(1/\alpha_v)+(\sum \delta_i/\lambda_i)+(1/\alpha_3)=1/(1/15,577)+((0,0012/50)+(0,04/0,0435)+$$
$$+(0,0032/0,16))+(1/75,725)=0,9833 \text{ Вт}/\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$K_{бок}=1/(1/15,577)+((0,001/50)+(0,04/0,0435)+(0,0032/0,16))+$$
$$+(1/75,725)=0,9833 \text{ Вт}/\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$K_{вік}=1/(1/15,577)+((0,005/0,76)+(0,007/0,84))+(1/75,725)=10,832 \text{ Вт}/\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$K_{\text{під}}=1/(1/15,577)+((0,012/0,16)+(0,003/0,15))+1/75,725=5,8 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

де $\alpha_{\text{в}}$ -коефіцієнт тепловіддачі на внутрішній поверхні кузова, Вт/м^2

δ_i -товщина шару матеріалу, м;

λ_i -коефіцієнт теплопровідності матеріалу;

α_3 -коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній стінці, $\text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Значення величин для пофарбованих поверхонь визначаємо по формулі:

$$\alpha_{\text{в}} = 4,9 + 15,1 V_{\text{а}} = 4,9 + 15,1 \cdot 0,5 = 15,577 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\alpha_3 = 4,9 + 15,1 V_3 = 4,9 + 15,1 \cdot 22 = 75,725 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$V_{\text{в}}$ - середня швидкість повітря в салоні міського автобуса, м/с;

V_3 -середня швидкість зовнішнього повітря, враховуючи і швидкість зустрічного повітря, $V_3=22\text{м/с}$;

Перепад температур повітря

$$T = T_{\text{в}} - T_3 = 15 - (-45) = 60^\circ\text{C}.$$

Втрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря необхідного із умов забезпечення достатньої кількості кисню в повітрі кабіни і для забезпечення достатнього рівня комфорту.

Кількість тепла визначаємо по формулі:

$$Q_{\text{пов}} = 0,28 C_{\text{п}} V \gamma_{\text{п}} \Delta T = 0,28 \times 1,01 \times 7 \times 1,24 \times 60 = 147,282 \text{ Вт};$$

$C_{\text{п}}$ - теплоємність повітря, $C_{\text{п}}=1,01\text{кДж/кг } ^\circ\text{C}$;

$\gamma_{\text{п}}$ - питома маса повітря, $\gamma_{\text{п}} = 1,24\text{кг/м}^3$;

V - об'єм холодного повітря, що поступає в кузов в годину, $\text{м}^3/\text{год}$,

Приймаємо, що для комфортних умов пасажирів необхідно подати у салон не менше $V_n=7\text{ м}^3/\text{год}$ зовнішнього повітря. Кількість зовнішнього повітря забезпечується за рахунок проникнення в салон через часте відкривання дверей, а також за рахунок інфільтрації при русі автобуса або подачі повітря електровентиляторами опалювача.

$$V=V_n n=7\times 1=7 \text{ м}^3/\text{год};$$

Загальна кількість тепла, що потрібна для опалення автомобіля складає

$$Q=1.1(Q_k+Q_{\text{пов}})=1,1(192+147,282)=373,21 \text{ Вт};$$

3. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ В САЛОНІ МІСЬКОГО АВТОБУСА

Додаткове охолодження повітря салону необхідно при температурі зовнішнього середовища вище 30°C і інтенсивному сонячному випромінюванні. В цьому випадку, температура повітря в салоні, щоб уникнути небезпечності переохолодження, не повинна бути нижче температури зовнішнього середовища більш ніж на 10°C , причому температура холодного повітря, поступаюче з теплообмінника, не повинна бути нижче 5°C . Доцільно охолоджувати тільки частина свіжого повітря (приблизно 30%), решта надходить повітря слід використовувати для освіження повітря в салоні, тоді зростає ефективність використання повітря і зменшуються конструктивні витрати на кондиціонер [6]. Звичайно, вікна автомобіля (з тонованими вікнами) повинні залишатися закритими. Проте, для охолодження повітря споживається велика потужність, оскільки потрібно не тільки охолоджувати повітря, але і компенсувати нагріваючи його від сонячного випромінювання і внутрішній «по-догрів» салону. За даними Фіала для середнього легкового автомобіля це нагрівання становить приблизно 5233,5 Вт. Велика перевага додаткового охолодження полягає в тому, що з ним зменшиться відносна вологість повітря в салоні. Вона зменшується приблизно на 35% внаслідок охолодження конденсаційної вологи в теплообміннику, що при високій температурі зовнішнього середовища і високої вологості сприймається особливо приємно.

Тому, якщо неможливо отримати прийнятну температуру в салоні за допомогою природної вентиляції, то необхідно передбачити кондиціонування повітря, що надходить в салон. За допомогою такої системи можна регулювати не тільки температурний режим в салоні, але і вологість повітря.

В досліджуваному автобусі джерело обігріву знаходиться в передній і центральній частині салону. Температура повітря, що подається через трубопроводи може змінюватися в досить широких межах. При дослідженнях

температура приймалася 20°C. Тепловий потік піднімається у верхню частину салону і рухається в дозадю салону (рис. 4.1).

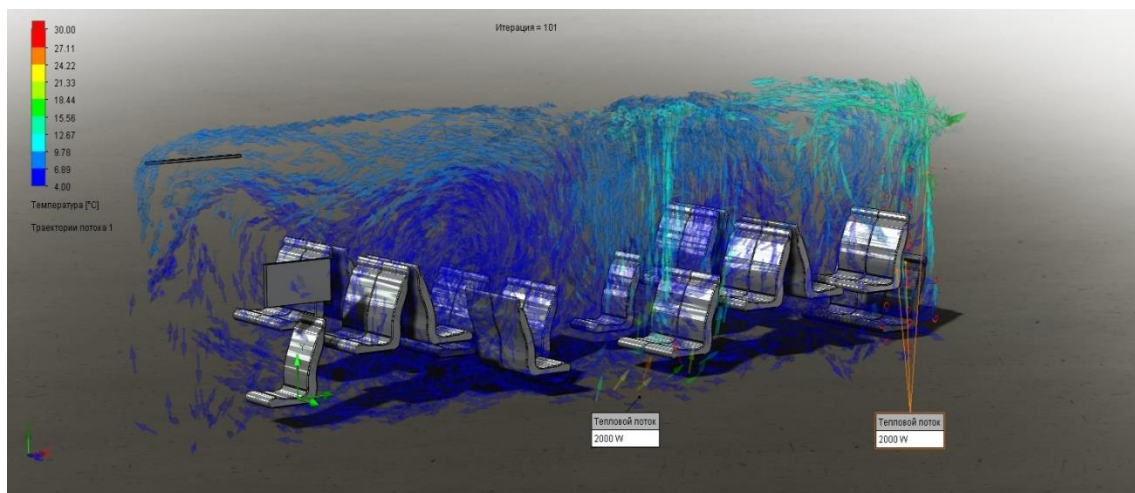


Рис. 4.1. Рух теплових потоків від двох джерел обігріву

Хоча моторне відділення має термічну ізоляцію, можна побачити, що вона не достатньо щільна (рис.4.2).

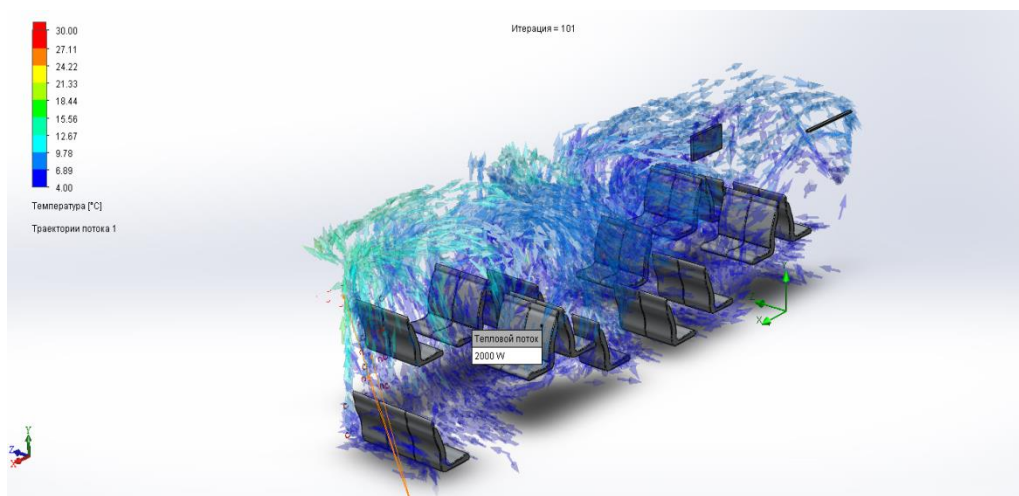


Рис. 4.2. Вплив моторного відділення на тепловий фон задньої частини салону

При використанні обігрівачів потужністю 2 кВт спостерігається два вертикальних потоки теплого повітря, які в верхній частині салону перемішуються і далі турбулентними струменями опускаються на сидіння пасажирів, що встановлені між обігрівачами (рис. 4.3).

Оскільки обігрівачі знаходяться в правій частині салону, можна побачити, що в лівій частині, біля дверей спостерігаються зони холодної турбулентності з температурою 4...6°C (Рис. 4.4).

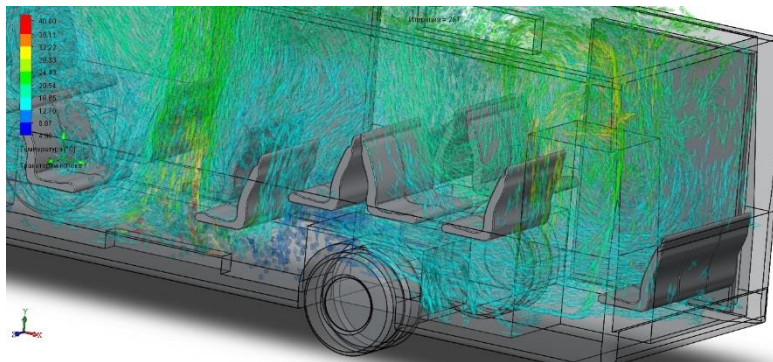


Рис. 4.3. Завихрення теплових потоків в задній частині салону.

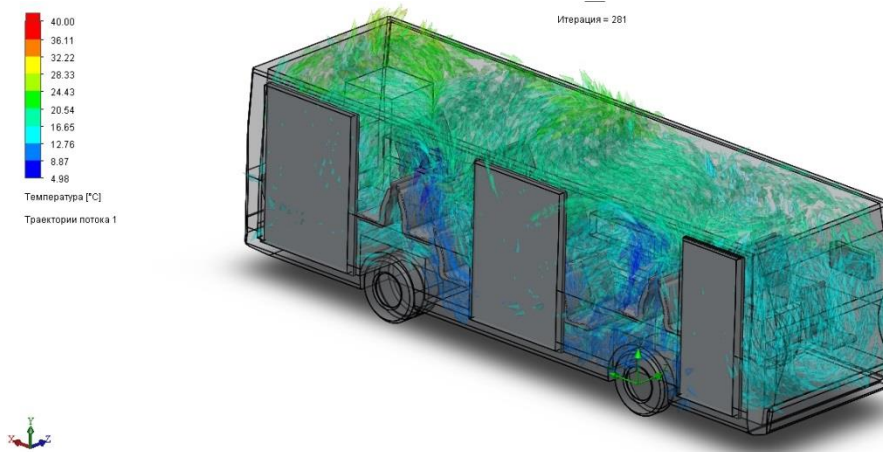


Рис. 4.4. Зони холодної турбулентності

Подібні зони також спостерігаються під сидіннями в задній частині салону в протилежній стороні від дверей (Рис. 4.5).

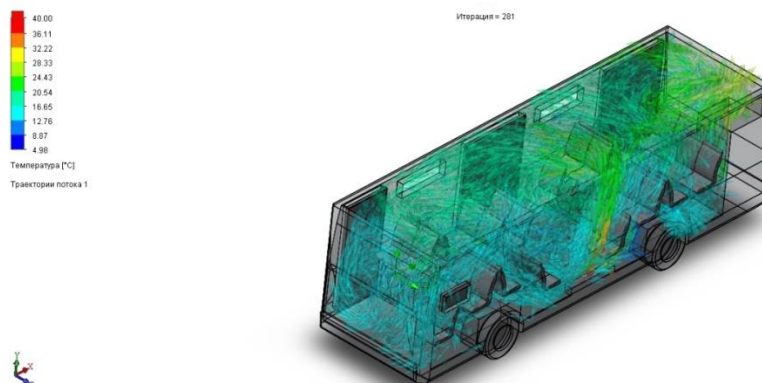


Рис. 4.5. Зони холодної турбулентності під сидіннями задньої частини салону

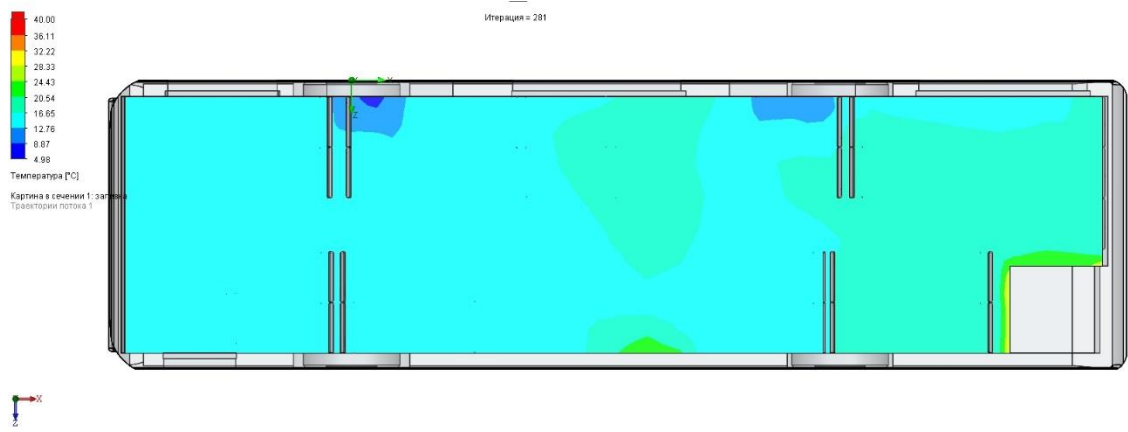


Рис. 4.6. Загальний фон теплового навантаження на рівні голови пасажирів

Загальний фон теплового навантаження на рівні голови пасажирів можна побачити на рис. 4.6. Спостерігається два джерела теплоти і дві невеликі зони холодного повітря між передніми і центральними дверима, а також між центральними і задніми дверима.



Рис. 4.7. Зони холодного повітря в боковій проекції салону.

В боковій проекції салону ці зони мають досить значні розміри і охоплюють значну частину сидінь (рис. 4.7). При цьому спостерігається суттєвий контраст температур.

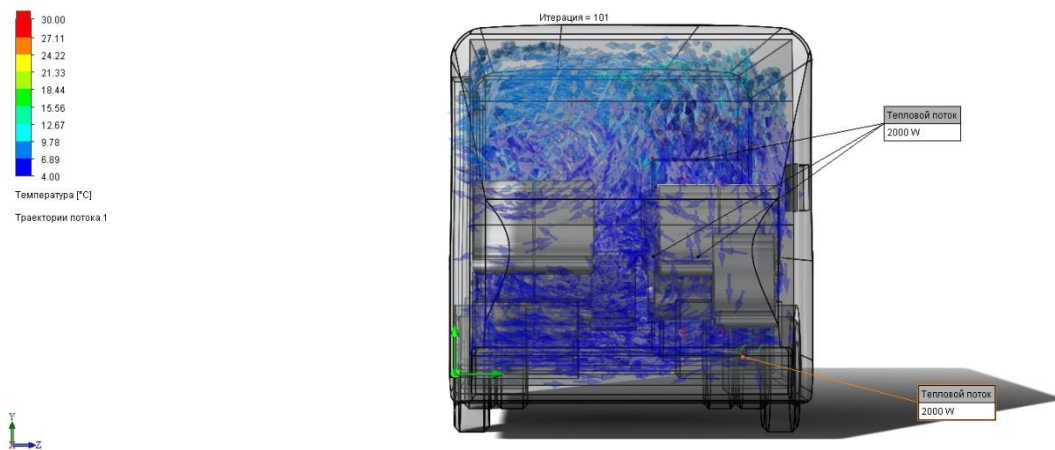


Рис. 4.8. Несиметричність холодного повітря в правій частині салону в фронтальній проекції

Різниця температур в 12-16 °С є суттєвою і потребує корегування (рис.4.9). Також слід зменшити зони холодної турбулентності між дверима.

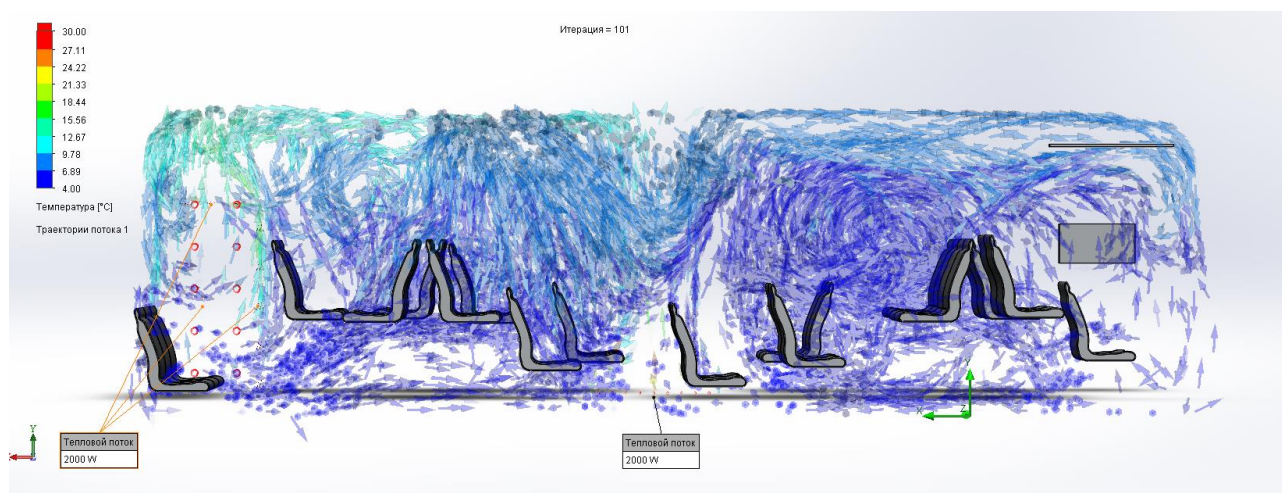


Рис. 4.9. Перепад температур між передньою і задньою частинами салону
 Пропонується біля задніх і центральних дверей встановити додаткові обігривачі, які будуть працювати від системи охолодження двигуна.

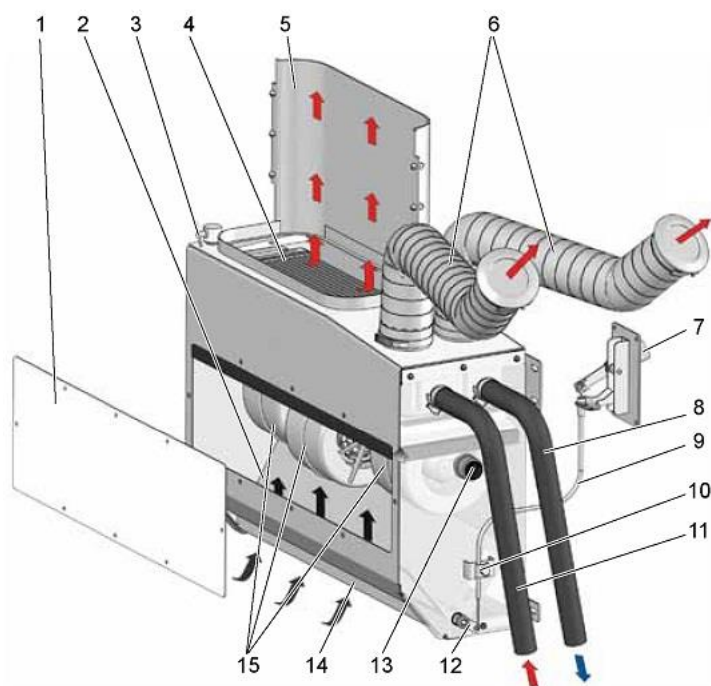


Рис.4.10. Обігрівач компактний:

1 - кришка доступу до вентиляторів обігрівача; 2 - заслінка; 3 - кран випуску повітря; 4 - радіатор опалення; 5 - центральний воздуховод; 6 - повітроводи; 7 - ручка перемикавання забору повітря; 8 - шланг відведення рідини; 9 - трос; 10 - притиск; 11 - шланг підведення рідини; 12 - важіль; 13 - електричний роз'єм вентиляторів обігрівача; 14 - фільтр; 15 – вентилятори.

При відкритому крані 4 теплоносій підводиться по шлангу 11 (рис. 4.10) до радіатора 4, встановленому горизонтально в корпусі отопітеля, і відводиться в систему охолодження двигуна по шлангу 8. Для видалення повітря з системи на радіаторі встановлений кран 3. Повітря через радіатор проганяється трьома електричними вентиляторами 15, інтенсивність подачі теплого повітря може змінюватися регулятором, який розташований на лівій панелі щитка приладів. Забір повітря для обігріву робочого місця водія може здійснюватися як зовні, так і зсередини автобуса. Управління заслінкою 2 здійснюється ручкою 7. При верхньому положенні ручки здійснюється забір повітря зовні автобуса, а при нижньому – з середини. Правильне функціонування приводу заслінки забезпечується закріпленням оболонки троса 9 притиском 10 при горизонтальному положенні ручки 7 і важеля 12. При заборі повітря зовні повітря очищається від пилу фільтром 14, наклеєним на корпус обігрівача.

ВИСНОВКИ

Можливість розрахунку нестационарного теплового режиму обігріву салону автобуса дозволяє знайти оптимальний варіант системи опалення і теплотехнічні параметри салону вже на стадії проектування автобуса. Для цього за допомогою креслень визначають розміри стінок кабіни, по довідниках знаходять теплотехнічні параметри, складають систему рівнянь і на ЕОМ розраховують зміну температур в салоні в часі при роботі системи опалення для різних відношень теплотехнічних параметрів стінок і параметрів системи опалення.

При деяких спрощуючих припущеннях побудовано математичні моделі, які описують процеси теплопередачі у салоні автобуса.

Експериментальні дослідження показують, що ефективність системи опалення при нестационарному тепловому режимі визначається тепловою характеристикою радіатора опалювача, втратами теплоти через корпус опалювача і втратами теплоти з повітрям, яке виділяється з автобуса. Підтримання великої витрати води через радіатор опалювача також забезпечує стабільну високу температуру повітря на виході з радіатора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛУТЕРАТУРИ

1. Зінько Р. В. Перспективи використання мобільних роботизованих комплексів в широкому спектрі вирішення задач мілітарного спрямування / Р. В. Зінько, П. І. Ванкевич, А.Д. Черненко, О.В. Федін, Є.Г. Іваник // Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – 2018, №1(9). С. 17-28.
2. 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.
3. ISO 7243:1989 Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature).
4. 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.
5. ГОСТ Р ИСО 11399-2007 Эргономика тепловой окружающей среды. Принципы и применение признанных международных стандартов.
6. ГОСТ 12.2.002-91 ССБТ. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности.
7. ОСТ ИСО 14269-2-2003 Тракторы и самоходные машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Окружающая среда рабочего места оператора. Часть 2. Метод испытаний и характеристики систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ISO 14269-2:1997, IDT).
8. СанПиН 4616-88. Санитарные правила по гигиене труда водителей автомобилей.
9. СанПиН 1110-94 Санитарные правила по гигиене труда водителей автомобилей. Издание официальное Министерство здравоохранения Республики Беларусь г. Минск, 1994 г.

10. Хохряков В.П. Вентиляция, отопление и обеспыливание воздуха в кабинах автомобилей. – М.: Машиностроение, 1987. – 152 с.
11. Михайлов М.В. Микроклимат в кабинах мобильных машин/ Михайлов М.В., Гусева С.В. – М: Машиностроение, 1977. – 230 с.
12. Верещагин С.Б. Исследование климатических условий работы водителя. – М.: МАДИ (ГТУ), 2009.
13. Палутин Ю.И. Методические основы совершенствования параметров воздушной среды салонов автомобилей: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 Н. Новгород, 1997. – 327 с.
14. Тарасенко С.Е. Усовершенствование конструкции кабины с улучшением микроклимата для самоходной сельскохозяйственной техники: Дис. канд.техн. наук. – К., 2005. – 181 с.
15. Голубева Ю.В. Автоматизированные средства нормализации микроклимата в кабинах мобильных сельскохозяйственных агрегатов: Дис. канд. техн. наук: 05.20.01, 05.13.06. М. – 116 с.
16. Патент Россия № 2046257, МКИ F24 F3/14. Установка для регенеративного посредственно-испарительного охлаждения/ Майсоценко В.С., Видяев М.И. Оpubл. 20.10.95. БИ №29.
17. Патент RU (11) 2 442 698(13) Структуроване шумопоглинаюче покриття повітроводних каналів опалювально-вентиляційної системи пасажирського приміщення (кабіни водія) автотранспортного засобу. С1В60Н 1/04 (2006.01) В60R 13/08 (2006.01) 21)(22) Заявка: 2010136240/11, 27.08.2010 (24) Дата початку відліку терміну дії патенту: 27.08.2010 Пріоритет(и):(22) Дата подачі заявки: 27.08.2010 (45) Опубліковано: 20.02.2012 Бюл. № 5
18. Патент RU(11) 163 057(13) U1 (51) СИСТЕМА ОБІГРІВУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ Заболотна Алла Олександрівна (RU), Попов Микола Олександрович (RU), Галкін Єгор Олексійович (RU), Манойліна Світлана Зіновіївна (RU) Патентовласник (і): Журавець Ігор Борисович (RU), МПК В60Н 1/00 (2006.01) Заявка: 2015139933/11, 18.09.2015 Дата початку

відліку терміну дії патенту: 18.09.2015 Пріоритет(и): Дата подачі заявки: 18.09.2015 Оpubліковано: 10.07.2016

19. Патент RU 2 472 641 Опалювальньо-вентиляційна система пасажирського приміщення (кабіни водія) автотранспортного засобу. С2 В60Н 1/04 (2006.01) В60R 13/08 (2006.01) F24F 13/24 (2006.01) Заявка: 2011116503/11, 26.04.2011 Дата початку відліку терміну дії патенту: 26.04.2011. Пріоритет(и): Дата подачі заявки: 26.04.2011 Оpubліковано: 20.01.2013 Бюл. № 2

20. Система підігріву міського автобуса. RU 2 230 929 С2 МПК F02N 17/00 (2006.01) В60Н 1/04 (2006.01) заявка: 2001133376/06, 2001.12.07 Дата початку звіту терміну дії патенту: 2001.12.07. Дата подачі заявки: 2001.12.07 Оpubліковано: 2004.06.20 автори: Шульгін В.В. (RU) Ніколаєнко Г.А. (RU) Кулігін Д.А. (RU) Гулін С.Д. (RU) Никифоров Г.І. (RU) Золотарьов Г.М. (RU). патентовласники: Військовий інженерно-технічний університет (RU). Санкт-Петербурзький ГУП "Пасажиравтотранс" (RU)

21. Патент RU 2 290 575 С1. Пристрій для охолодження і нагріву повітря. МПК F25B 21/02 (2006.01) Заявка: 2005112894/06, 2005.04.28 Дата початку звіту терміну дії патенту: 2005.04.28 Дата подачі заявки: 2005.04.28 Оpubліковано: 2006.12.27 автори: Прилепо Юрій Петрович (RU) Прилепо Єгор Юрійович (RU) (73) патентовласники: Прилепо Юрій Петрович (RU) Прилепо Єгор Юрійович (RU)

22. Патент RU 51 565 U1. Блок регулювання мікроклімату салону транспортного засобу Формула корисної моделі RU51565U1 МПК В60Н 1/00 (2006.01) Заявка: 2005127433/22, 2005.09.01 Дата початку звіту терміну дії патенту: 2005.09.01 Дата подачі заявки: 2005.09.01 Оpubліковано: 2006.02.27 автори: Панов Олексій Миколайович (RU) Солинін Дмитро Володимирович (RU) М'ячев Владислав Євгенович (RU) Носов Володимир Вікторович (RU) Патентовласники: ТзОВ "Мікро Лайн" (RU)

23. Cool-Colored Cars to Reduce Air-Conditioning Energy Use and Reduce CO2 Emission - Lawrence Berkeley National Laboratory One Cyclotron Road Berkeley.2011. 102 pp

