

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.942

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2026.112.0.9

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ КОНДИЦІОНЕРА
В КАБІНІ ДОРОЖНІХ МАШИН

Біньковська А. Б., Пімонов І. Г., Дудник О. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. У роботі розглянуто облаштування та принцип дії систем кондиціонування й систем мікроклімату в кабіні дорожніх машин. Розроблено структурну схему, і засобами MATLAB + Simulink синтезовано облаштування керування кондиціонером, що забезпечує нормальну його роботу в режимах стеження без огляду на збурення та в режимі стабілізації температури з огляду на збурення.

Ключові слова: мікроклімат, кондиціонер, система керування, моделювання, стійкість, зворотний зв'язок, збурення, система стабілізація, система стеження.

Вступ

Мікроклімат у салоні дорожньо-будівельних машин, як-от екскаватори, бульдозери, асфальтоукладальники й грейдери, відіграє важливу роль у забезпеченні комфорту й ефективності роботи операторів. Ці машини часто експлуатуються в складних умовах, а отже, необхідні особливі вимоги до мікроклімату.

Мікроклімат у салоні дорожньо-будівельних машин значно впливає на продуктивність і безпеку операторів. Ефективні системи керування температурою, вологістю й вентиляцією, а також фільтрація повітря та зниження рівня шуму відіграють ключову роль у створенні комфортного робочого середовища. Майбутні технології можуть бути спрямовані на інтеграції більш просунутих систем моніторингу й керування, що беруть до уваги індивідуальні переваги операторів і мінливі умови на будівельних майданчиках [1].

Мікроклімат у кабіні дорожньо-будівельних машин – це багатогранна проблема, що потребує комплексного підходу до її розв'язання. Упровадження інноваційних технологій, увага до психологічних аспектів, стандартизація умов праці й турбота про екологію створюють основу для більш безпечного й комфортного робочого середовища. Майбутнє в цьому питанні обіцяє чимало цікавих і корисних рішень, що сприятимуть не лише підвищенню ефективності роботи, але й покращать якість праці операторів на будівельних майданчиках.

Мікроклімат у кабіні дорожньо-будівельних машин є комплексним явищем, від якого залежить не лише комфорт, але й продуктивність і безпека операторів. Сучасні технології та підходи до керування мікрокліматом можуть значно поліпшити умови праці на будівельних майданчиках. Приділення уваги всім аспектам мікроклімату – від температури й вологості до шуму й забруднення – є необхідним кроком до створення ефективного й безпечного робочого середовища, що сприятиме максимальній продуктивності та безпеці співробітників.

Клімат-контроль і системи кондиціонування повітря в дорожньо-будівельних машинах відіграють важливу роль в забезпеченні комфорту й безпеки операторів, які часто працюють в екстремальних умовах: за високої або низької температур, високої запиленості або вологості. Некомфортний мікроклімат у кабіні може спричинити зниження концентрації, втому і, як наслідок, підвищити ризик аварійних ситуацій.

Аналіз наявних рішень

Питання, пов'язані з особливостями процесів формування мікроклімату в салонах дорожньо-будівельних машин, досі залишаються недостатньо висвітленими в науковій літературі.

Робота [2] присвячена обґрунтуванню раціональної технології формування мікроклімату в салонах автотранспортних засобів, що експлуатуються в кліматичній зоні України, за низьких температур навколишнього сере-

довища, із застосуванням підігрівачів різної конструкції.

У дослідженні [3] проаналізовано системи управління мікрокліматом салону автомобіля й сформульовано вимоги до кліматичного комфорту простору, що оточує людину в процесі експлуатації транспортного засобу. Обґрунтовано необхідність формування системи управління кліматичним комфортом як мехатронної системи автомобіля, що має підвищену швидкодію, узгодженість і точність регулювання величин для його визначення. Розроблено математичну модель підвищення якості управління мехатронною системою мікроклімату салону автомобіля. Модель описує багатовимірний нелінійний електропневмомеханічний об'єкт управління та його структуру.

Досліджено динамічні властивості цифрових приводів стеження на основі колекторних двигунів постійного струму, що розташовані у виконавчій частині мехатронної системи керування кліматичним комфортом салону автомобіля.

У роботі [4] описано, як експериментально перевірити, чи відповідає система кондиціонування повітря автобуса вимогам до конструкції та комфорту. Експериментальне дослідження було проведено на прототипі автобуса.

Мета й постановка завдання

На підставі аналізу наявних рішень виявлено, що в роботах не було розглянуто моделювання системи кондиціонування в кабіні дорожніх машин.

Отже, виникає необхідність у синтезі пристрою керування роботою кондиціонера.

Мета роботи – підвищити ефективність регулювання мікроклімату в кабіні дорожніх машин за допомогою забезпечення ефективного керування системою кондиціонування й вибору оптимальних параметрів пристрою.

Завдання дослідження:

- розробити структурну схему кондиціонера;

- синтезувати пристрій керування роботою кондиціонера в таких режимах:

- 1) без огляду на збурення (у режимах стабілізації та стеження);

- 2) з огляду на збурення (у режимі стабілізації температури).

Завдання виконано за допомогою методів аналізу й синтезу систем автоматичного керування.

Основна частина

Структурна схема системи керування кондиціонером

Під керуванням кондиціонером мають на увазі підтримку постійного кліматичного режиму або такого режиму, що змінюється за певними законами, які задаються сигналами керування. Окремий випадок керування, коли регульовані параметри підтримуються незмінними, називається стабілізацією; у цьому разі система керування працює в режимі стабілізації.

Як регульовальні параметри для керування кондиціонером використовуються відхилення параметрів середовища в кабіні автомобіля (температури, вологості, змісту пилу) від заданих значень. Для керування кондиціонером застосовуються замкнуті системи, що забезпечують необхідну точність регулювання.

Структурні особливості системи керування визначаються її законом керування. Законом керування є залежність вихідного сигналу виконавчого механізму від сигналу керування, який формується в керувальному пристрої та складається із сигналів, що надходять від чутливих елементів, зворотних зв'язків і датчиків режимів роботи кондиціонера. У реальних системах через динамічні похибки їх елементів зв'язок між вихідним сигналом і сигналом керування відрізняється від необхідного закону керування.

Надалі вважатимемо, що необхідний закон керування реалізується в системі з належною точністю.

Основним завданням теорії автоматичного керування є вибір структури сигналу управління, що забезпечує технічну реалізацію необхідного закону керування, а також вибір передатних чисел керувального пристрою, які забезпечують отримання заданої якості перехідного процесу. У цьому разі початковими показниками є динамічні властивості кондиціонера як регульованого об'єкта, вимоги до якості перехідного процесу й вимоги простоти системи керування.

Основний метод розв'язання цього завдання – дослідження схеми замкнутої системи кондиціонування та вибір оптимальних параметрів керувального пристрою, які забезпечують необхідну якість перехідного процесу.

Для дослідження системи керування скористаємося замкнутою системою керування

кондиціонером, що, крім самого кондиціонера, містить датчики й керувальний пристрій. Диференціальні рівняння цього пристрою, якщо не брати до уваги динамічні похибки його елементів, збігаються із співвідношенням, що виражає закон керування.

Якщо під сигналом вважати суму всіх сигналів, що утворюються в елементах до виконавчого механізму управління, то для ідеальної (що не має динамічних похибок) системи керування можна написати:

$$T = F(U), \quad (1)$$

де T – вихідна координата кондиціонера (температура);

$F(U)$ – відома функція сигналу керування U .

Сигнал керування U зазвичай містить сигнали, пропорційні регульованим величинам і їх похідним, сигнали від зворотних зв'язків, програмних механізмів, задавачів і т. д.

Іноді функція $F(U)$ може бути як лінійною, так і нелінійною. Якщо функція $F(U)$ лінійна, тоді система керування називається лінійною; за нелінійної функції $F(U)$ система буде нелінійною.

Вираз (1) визначає закон керування ідеальної системи. Точна технічна реалізація цього виразу ускладнена тим, що в реальних системах керування елементи мають динамічні похибки.

Сигнал керування U для налагодження температури кондиціонера можна подати в загальному вигляді:

$$U = k_T(T - T_3) + k_T T + k \int_0^t (T - T_3) dt, \quad (2)$$

де k_T, k_i – передатні числа;

T – температура в кабіні;

T_3 – задане значення температури;

\dot{T} – швидкість зміни температури.

Кожний із складників сигналу керування виконує певні функції в законі керування. Складник $k_T(T - T_3)$ забезпечує створення моменту, пропорційного неузгодженості $(T - T_3)$, під дією якого температура в кабіні змінюватиметься в бік зменшення величини неузгодженості $(T - T_3)$.

Для поліпшення процесу керування необхідно збільшити демпфувальний момент. Для цього в сигнал керування вводиться від-

повідний сигнал $k_T T$, який пропорційний швидкості зміни температури й зменшує коливання перехідного процесу. Для підвищення точності керування, тобто зменшення статичної помилки, в сигнал керування може бути введена стала, пропорційна інтегралу від отриманої неузгодженості $k \int_0^t (T - T_3) dt$.

У цьому разі сигнал керування набуває вигляду

$$U = k_T(T - T_3) + k_T T + k \int_0^t (T - T_3) dt. \quad (3)$$

На підставі вищевикладеного рівняння для системи автоматичного керування кондиціонером можна записати таким чином:

$$T = k_T(T - T_3) + k_T T + k \int_0^t (T - T_3) dt, \quad (4)$$

де k_T, k_T, k – передатні числа, які необхідно визначити внаслідок синтезу системи.

На підставі принципу роботи кондиціонера й рівняння для системи автоматичного керування кондиціонером (4) можна скласти структурну схему системи керування роботою кондиціонера (рис. 1).

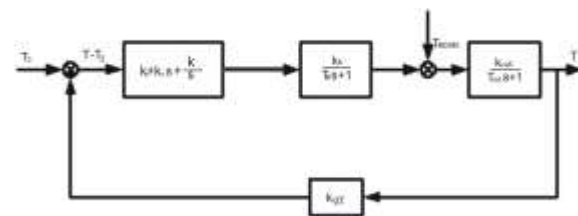


Рис. 1. Структурна схема системи керування кондиціонером

Моделювання роботи кондиціонера

Для дослідження системи керування кондиціонером скористаємося пакетом MATLAB + Simulink. На підставі структурної схеми, поданої на рис. 1, запропоновано машинну систему моделювання (рис. 2) з такими числовими значеннями: $T_k = 0,15$ с; $T_{каб} = 0,02$ с; $k_{me} = 0,25$ В с.

У машинній схемі моделювання використано такі позначки для коефіцієнтів передачі закону керування:

$$k_T = kp; k_T = kd, k = ki.$$

Моделювання проводилося в декілька етапів. На першому визначалася можлива

структура закону керування, що забезпечує необхідну якість керування, і коефіцієнти передачі k_p , k_d , k і k_i для регулятора із використанням машинної схеми, поданої на рис. 2.

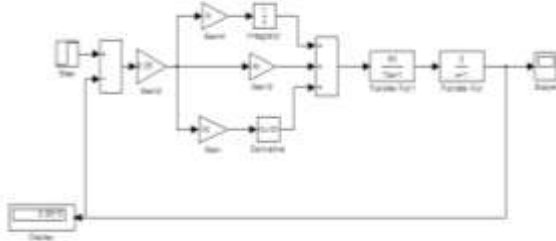


Рис. 2. Машинна схема моделювання кондиціонера в умовах типової дії

Поведінка кондиціонера досліджувалася за таких законів керування:

– пропорційного (П-регулятор):

$$U = k_T(T - T_3); \quad (5)$$

– пропорційно-інтегрального (ПІ-регулятор):

$$U = k_T(T - T_3) + k \int_0^t (T - T_3) dt; \quad (6)$$

– пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД-регулятор):

$$U = k_T(T - T_3) + k_i \int_0^t (T - T_3) dt + k_d \dot{(T - T_3)}. \quad (7)$$

Отримані результати дослідження зображено у вигляді перехідних процесів на рис. 3–5 і подано в табл. 1.

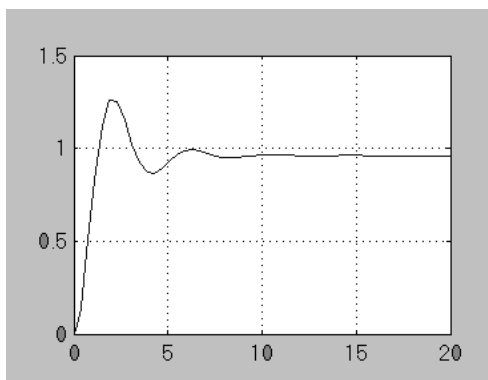


Рис. 3. Графік перехідного процесу роботи кондиціонера для ПІ-регулятора

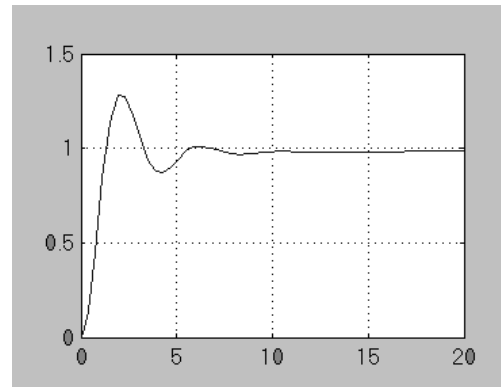


Рис. 4. Графік перехідного процесу роботи кондиціонера для ПІ-регулятора

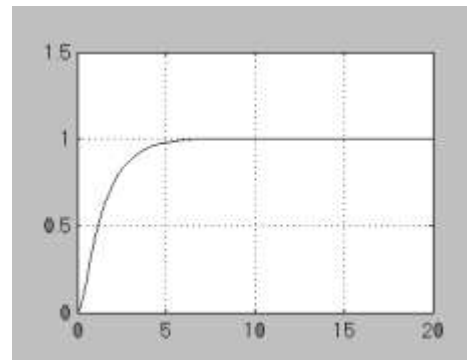


Рис. 5. Графік перехідного процесу роботи кондиціонера для ПІД-регулятора

Таблиця 1 – Порівняння характеристик перехідних процесів

Позначка	П-регулятор $K_p = 5$	ПІ-регулятор $K_i = 0,15$	ПІД-регулятор $K_d = 5,324$
$\sigma, \%$	25	25	0
$\Delta, \%$	3,85	1,51	0,4
t_{mn}, c	15	17	6,5

Для характеристики перехідних процесів у табл. 1 використано такі позначки:

- t_{mn} – тривалість перехідного процесу;
- σ – перерегулювання;
- Δ – статична помилка.

Проведені дослідження продемонстрували, що впровадження в закон керування інтегрального складника із збереженням коливального характеру процесу зменшує статичну помилку з 3,85 % до 1,51 % (рис. 3 і 4). Диференціальний складник у законі керування гасить коливання, спостережувані на рис. 3 і 4, і забезпечує аперіодичний перехідний процес (рис. 5), що відповідає всім вимогам технічного завдання.

Перевірено роботу отриманого ПІД-регулятора в системі стабілізації за температури

20 °С. Машинну схему системи стабілізації температури зображено на рис. 6.

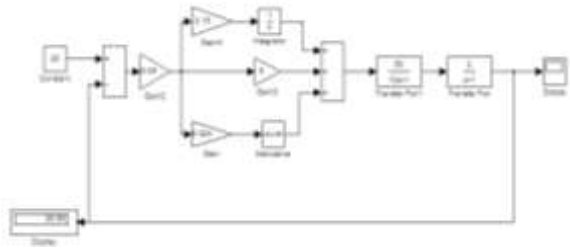


Рис. 6. Машинна схема системи стабілізації температури

Дослідження роботи кондиціонера в режимі стабілізації температури в кабіні 20 °С (рис. 7) показали, що перерегулювання відсутнє $\sigma = 0\%$, статична помилка становить $\Delta = 8\%$, у межах допустимих норм, а тривалість перехідного процесу становить $t_m = 6,5$ с, тобто запропонована система є стабільною.

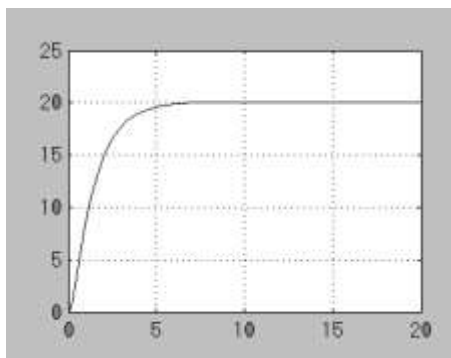


Рис. 7. Графік перехідного процесу роботи кондиціонера в умовах стабілізації температури в кабіні 20 °С

Для перевірки роботи отриманого регулятора в системі стеження на вхід системи подано синусоїдальний сигнал (блок *Sine Wave* на рис. 8).

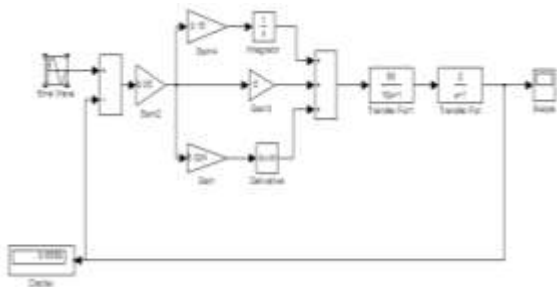


Рис. 8. Машинна схема системи за умови синусоїдального вхідного сигналу

Як показує графік перехідного процесу (рис. 9), замкнута система керування конди-

ціонером повністю відстежує всі зміни вхідного сигналу. Для спрощення оцінювання статичної помилки було встановлено одиничну амплітуду синусоїдального сигналу; у цьому разі статична помилка становила $\Delta = 7,34\%$.

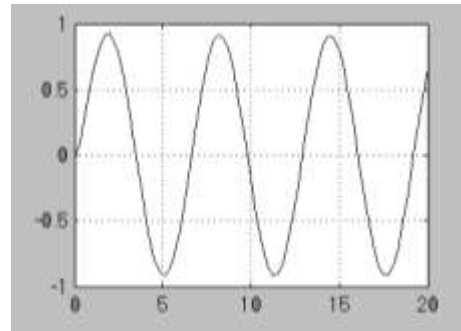


Рис. 9. Графік перехідного процесу роботи кондиціонера в системі спостереження

Дослідження впливу збурень на кондиціонер (відчинення дверей кабінки) проведено на моделі системи керування кондиціонером із законом керування (7). Машинну схему цієї системи подано на рис. 10.

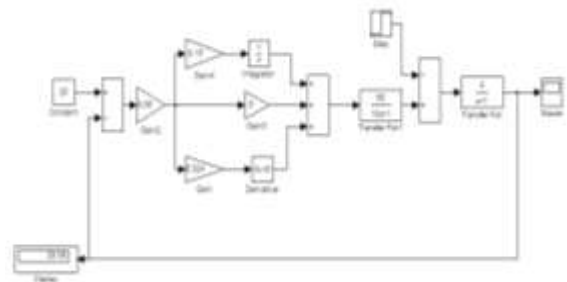


Рис. 10. Машинна схема моделювання кондиціонера за умови збурення

Дослідження продемонстрували, що коефіцієнти закону керування, отримані в процесі синтезу системи без збурення, забезпечують роботу кондиціонера в умовах дії збурення із заданими показниками якості (рис. 11).

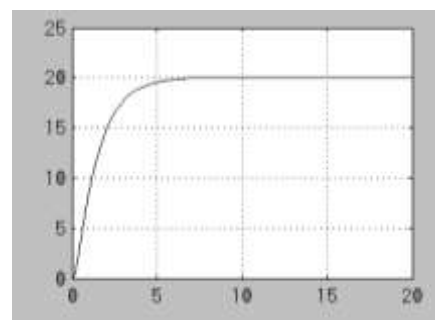


Рис. 11. Вигляд графіка перехідного процесу роботи кондиціонера за умови збурення

Отже, дослідження системи керування роботою кондиціонера дає змогу зробити висновок, що синтезований керувальний пристрій забезпечує нормальну роботу кондиціонера за відсутності збурень у режимах стабілізації та стеження і в режимі стабілізації зі збуренням.

Висновки

Наукова новизна роботи полягає в розробленні та дослідженні структури системи автоматичного керування кондиціонером з огляду на різні режими функціонування, а також в обґрунтуванні ефективності застосування ПД-регулятора за наявності збурювальних впливів. Продемонстровано вплив інтегрального й диференціального складників закону керування на якість перехідних процесів і точність властивостей системи, що дає змогу цілеспрямовано формувати необхідні динамічні властивості.

Практична значущість досягнутих результатів полягає в можливості застосування розробленої системи керування підвищення ефективності роботи кондиціонерів за умов експлуатації.

Запропоновані рішення забезпечують зниження статичної помилки, відсутність перерегулювання й прийнятний час перехідного процесу, що сприяє підвищенню точності підтримки заданої температури й надійності функціонування системи.

Література

1. Дудник О. В. Мікроклімат у кабіні дорожньо-будівельних машин та його особливості. *Комп'ютерні технології для автоматизації технологічних процесів у транспорті та виробництві: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції абітурієнтів вищих навчальних закладів та молодих науковців*, 20 листопада 2024 р. Харків: Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2024. С. 30–35.
URL: https://mf.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-MECHANIC/Автоматизації_та_комп'ютерно-інтегрованих_технологій/publications/Conf_AK_IT/Матеріали_KIT_2024.pdf. (дата звернення: 18.02.2026).
2. Аулін В. В., Магопєць М. С. Формування мікроклімату в салонах автотранспортних засобів підігрівачами різної конструкції. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2024. Col. 9(40), Part II. URL: [https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9\(40\)_II/18.pdf](https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9(40)_II/18.pdf). С. 146–157. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.146-157](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.146-157) (дата звернення: 18.02.2026).

3. Голуб Д. В., Аулін В. В. Математична модель підвищення якості управління мехатронною системою мікроклімату салону автомобіля. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2024. Col. 9(40), Part II. С. 66–78. URL: [https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9\(40\)_II/10.pdf](https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9(40)_II/10.pdf). DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.66-78](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.66-78) (дата звернення: 18.02.2026).
4. Ünal Ş. An Experimental Study on a Bus Air Conditioner to Determine its Conformity to Design and Comfort Conditions. *Yildiz Technical University Press*. 2017. P. 1089–1101. URL: https://www.researchgate.net/publication/312526152_An_Experimental_Study_on_a_Bus_Air_Conditioner_to_Determine_its_Conformity_to_Design_and_Comfort_Conditions (дата звернення: 18.02.2026).
5. Shen X., Feng S., Li Z., Hu B. Analysis of bus passenger comfort perception based on passenger load factor and in vehicle time. Shen et al. *SpringerPlus*. 2016. Vol. 62, No. 5. 10 p.
6. Клімат-контроль в автомобілі: що це таке, як працює і навіщо потрібен? URL: <https://skladshin.com/klimat-kontrol-v-avtomobili-sho-ce-take-princip-roboti-ta-dlya-chogo-vin-potriben/> (дата звернення: 18.02.2026).
7. Гліненко Л. К., Сухоносів О. Г. Основи моделювання технічних систем: навчальний посібник. Львів: Бескид Біт, 2003. 176 с.
8. Войчишин Ю. І., Круць Т. І., Зінько Р. В., Горбай О. З. Дослідження мікроклімату салону міського автобуса. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2020. No. 1(14). С. 49–57.
9. Лук'яненко В. М., Галич І. В. Аналіз вимог до мікроклімату на робочому місці оператора мобільної сільськогосподарської техніки. *Вісник Харківського національного університету сільськогосподарства ім. П. Василенка*. 2010. Т. 2. Вип. 93. С. 232–247.
10. Nishant Agarwall, Ekhlak Khan. Automobile Air Conditioning System. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 05 Issue 06 June, 2018. P. 2121–2125.
11. Гурко О. Г., Єрьомєнко І. Ф. Аналіз і синтез систем автоматичного керування в MATLAB: навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2012. 300 с.

References

1. Dudnyk O. V. Microclimate in the cabin of road construction machines and its features. *Computer-integrated technologies for automation of technological processes in transport and production: materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference of higher education applicants and young scientists*, 20 November 2024. Kharkiv: Kharkiv National Automobile and Highway University, 2024.

- p. 30–35. URL: https://mf.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-МЕCHANIC/Avtomatyzatsii_ta_kompiuterno-intehrovanykh_tekhnolohii/publications/Conf_AKIT/Materialy_KIT_2024.pdf. (accessed: 18.02.2026).
2. Aulin V. V., Mahopets M. S. Formuvannia mikroklimatu v salonakh avtotransportnykh zasobiv pidhrivachamy riznoi konstruksii. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2024. Col. 9(40), Part II. URL: [https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9\(40\)_II/18.pdf](https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9(40)_II/18.pdf). P. 146–157. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.146-157](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.146-157) (accessed: 18.02.2026).
 3. Holub D. V., Aulin V. V. Matematychna model pidvyshchennia yakosti upravlinnia mekhatronnoiu systemoiu mikroklimatu salonu avtomobilia. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2024. Col. 9(40), Part II. P. 66–78. URL: [https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9\(40\)_II/10.pdf](https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9(40)_II/10.pdf). DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.66-78](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.66-78) (accessed: 18.02.2026).
 4. Ünal Ş. An Experimental Study on a Bus Air Conditioner to Determine its Conformity to Design and Comfort Conditions. Yildiz Technical University Press, 2017. P.1089–1101. URL: https://www.researchgate.net/publication/312526152_An_Experimental_Study_on_a_Bus_Air_Conditioner_to_Determine_its_Conformity_to_Design_and_Comfort_Conditions (accessed: 18.02.2026).
 5. Shen X., Feng S., Li Z., Hu B. Analysis of bus passenger comfort perception based on passenger load factor and in vehicle time. Shen et al. *SpringerPlus*. 2016. Vol. 62, No. 5. 10 p.
 6. Climate control in a car: what it is, how it works and why it is needed? URL: <https://skladshin.com/klimat-kontrol-v-avtomobili-sho-ce-take-princip-roboti-ta-dlya-chogo-vin-potriben/> (accessed: 18.02.2026).
 7. Glinenko L. K., Sukhonosov O. G. Fundamentals of modelling of technical systems. Study guide - Lviv: Beskyd Bit Publishing House, 2003. 176 p.
 8. Voichyshyn Yu. I., Kruts T. I., Zinko R. V., Hor-bai O. Z. Doslidzhennia mikroklimatu salonu mi-skoho avtobusa. *Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti*. 2020. No. 1(14). P. 49–57.
 9. Lukianenko V. M, Halych I. V. Analiz vymoh do mikroklimatu na robochomu mistsi operatora mobilnoi silskohospodarskoï tekhniki. *Visnyk Khar'kivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P. Vasylenka*. 2010. T. 2. Vyp. 93. P. 232–247
 10. Nishant Agarwall, Ekhlak Khan. Automobile Air Conditioning System. *International Research Journal of Engeneering and Technology (IRJET)*. 05 Issue 06 June, 2018. P. 2121–2125.
 11. Hurko O. H., Yeromenko I. F. Analiz i syntez system avmatychnoho keruvannia v MATLAB: Navchalnyi posibnyk. Kharkiv: KhNADU, 2012. 300 p.

Біньковська Анжела Борисівна, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, тел. +38(050)301-87-46, binkovska@khadi.kharkov.ua;

Пімонов Ігор Георгійович, магістр механічного факультету, тел. +38(050)2170524, igor_lena_p@ukr.net;
Дудник Олександр Володимирович, випускниця ХНАДУ, магістр за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», тел. +38(066)3215690, akit.khnadu@gmail.com.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Modeling the operation of an air conditioner in the cab of road machinery.

Abstract. Problem. The microclimate in the cabs of road construction machines, such as excavators, bulldozers, asphalt pavers, and graders, also plays an important role in ensuring the comfort and efficiency of operators, just as it does in passenger cars and buses. These machines are often operated in difficult conditions, which places special demands on the microclimate. The microclimate in the cab of road construction machines has a significant impact on the productivity and safety of operators. This paper considers a structural diagram that was developed and, using MATLAB + Simulink, a control system for the air conditioner was synthesized, which ensures its normal operation in tracking modes without taking into account disturbances and taking into account disturbances in the temperature stabilization mode. **Goal.** As a result of the analysis, the purpose of the study was highlighted: improving the efficiency of microclimate control in the cab of road vehicles by ensuring effective management of the air conditioning system and selecting optimal device parameters. **Job tasks:** develop a structural diagram of an air conditioner; synthesize a device for controlling the operation of an air conditioner in the following modes: without taking into account disturbances (in stabilization and tracking modes); taking into account disturbances (in temperature stabilization mode). **Methodology.** The research problems should be solved by methods of analysis and synthesis of automatic control systems. **Results.** The paper develops a structural diagram of an air conditioning system (Figure 1) and uses MATLAB + Simulink to synthesize an air conditioner control device that ensures its normal operation in tracking modes: without taking into account disturbances: in stabilization mode; in tracking mode; taking disturbances into account in temperature stabilization mode. **Originality.** Thus, as a result of studying the air conditioner control

system, it can be concluded that the synthesized control device ensures normal operation of the air conditioner in the absence of disturbances in the stabilization and tracking modes and in the stabilization mode with disturbances. **Practical value.** The scientific novelty of this work lies in the development and study of the structure of an automatic air conditioning control system, taking into account various operating modes, as well as in the justification of the effectiveness of using a PID controller in the presence of disturbances. The influence of the integral and differential components of the control law on the quality of transient processes and the system's accuracy characteristics is demonstrated, which allows for the targeted formation of the necessary dynamic properties. The practical significance of the obtained results lies in the possibility of applying the developed control system to improve the efficiency of air conditioners under operating conditions. The proposed solutions ensure a reduction in steady-state error, the absence of overshoot, and an acceptable transient response time, which contributes to improved accuracy in maintaining the set temperature and the reliability of the system's operation.

Keywords: microclimate, air conditioning, control system, modeling, stability, feedback, disturbance, stabilization system, tracking system.

Binkovska Anzhela, Associate Professor, PhD, Automation and Computer-Integrated Technologies Department,

ORCID: 0000-0001-9788-4321,

tel. +380(50)301-87-46,

binkovska@khadi.kharkov.ua;

Pimonov Ihor, master's degree of the mechanical faculty,

tel. +38(050)2170524,

igor_lena_p@ukr.net;

Dudnyk Oleksandr, graduate of KhNADU, master's degree in specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics",

tel. +38(066)3215690,

akit.khnadu@gmail.com.

Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції / Received:
13.01.2026.

*Прийнята до друку після рецензування / Revised
and Accepted:* 19.01.2026.

Дата публікації статті / Published: 11.05.2026.
