УДК 621.313.333

В.В. Поцєпєєв (канд. тех. наук, доц.), О.І. ВоропєєвДержавний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет», м. Покровськ
кафедра автоматики та телекомунікацій

E-mail: valerii.potsepaiev@donntu.edu.ua, oleksandr.voropayev63@gmail.com

**ВИБІР МОДЕЛІ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВИКОНАВЧИХ ОРГАНАХ В ЗАВДАННЯХ
АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ САК ВИДОБУВНИМ КОМБАЙНОМ**

Метою роботи є вибір математичної моделі навантажень на виконавчих органах в завданнях аналізу та синтезу систем автоматичного керування видобувними комбайнами. Для цього методом імітаційного моделювання виконано порівняльний аналіз двох моделей систем управління, котрі відрізняються моделлю обчислення навантажень на виконавчих органах. Перша з моделей є спрощеною статичною, друга – повна модель, що відтворює процес стружкоутворення на кожному різці і момент навантаження та сили реакції вибою на виконавчому органі визначаються як сума навантажень на різцях. Показано, що достовірні результати моделювання можуть бути отримані тільки при використанні повної моделі.

Ключові слова: математична модель, система автоматичного керування, навантаження, видобувний комбайн.

DOI: 10.31474/2075-4272-2019-1-32-17-26

Загальна постановка проблеми. Сучасні видобувні комбайни оснащуються системами автоматичного керування (САК), призначенням яких є управління технологічними режимами видобувного комбайна – швидкістю подачі та навантаженням приводу виконавчих органів. Видобувний комбайн як об'єкт управління є складною нелінійною автоколивальною системою з багатьма ступенями свободи. З огляду на це аналіз якості існуючих САК та перевірка прийнятих структурних й параметричних рішень при синтезі нових систем виконується шляхом математичного моделювання.

Існуючі математичні моделі видобувних комбайнів складаються з двох частин – моделі системи подачі та моделі навантажень на виконавчих органах [1 – 11]. Моделі систем подачі достатньо визначені та розроблені і їх використання в завданнях управління є загально відомим. На відміну від останніх, моделі навантажень на виконавчих органах, які відтворюють збурення в системі, забезпечуючи формування моменту опору в приводі різання та реакції вибою на шнеках, мають принципові відмінності. Це може стати причиною хибних результатів при дослідженні та побудові САК видобувним комбайном.

Постановка завдань дослідження. Метою роботи є вибір коректної, універсальної та адекватної моделі навантажень на виконавчих органах для будь-яких завдань аналізу та синтезу САК видобувними комбайнами в усіх режимах роботи. Задля досягнення поставленої мети сформульовано та вирішено наступні задачі:

- побудова та реалізація найбільш поширеної спрощеної математичної моделі САК видобувним комбайном;
- побудова та реалізація повної математичної моделі САК видобувним комбайном;
- порівняльний аналіз моделювання роботи САК видобувним комбайном з повною та спрощеною моделями формування навантажень на виконавчих органах.

Результати розробок та досліджень. Спрощена модель, що описана, наприклад, в [1 – 3], має вигляд

$$P_g = a_g + b_g \cdot v_n; \quad (1)$$

$$a_g = 0.0025 \frac{v_g n_{pp}}{\eta} (\alpha + \beta \cdot A); \quad (2)$$

$$b_g = 2 \frac{B \cdot H \cdot \delta}{\eta} \cdot A. \quad (3)$$

де P_g – активна потужність, що споживається приводом виконавчого органу; v_g – швидкість руху різців, які знаходяться на виконавчому органі; η – ККД привода; B – ширина захвату виконавчого органа; H – потужність пласта; A – опірність різанню вугільного масиву; α , β , δ – коефіцієнти, що визначаються маркою вугілля і його крихко-пластичними властивостями.

Кількість різців виконавчого органу n_{pp} , які одночасно контактують з вибоєм, визначається на основі співвідношення (4):

$$n_{pp} = 0.5 n_p H / D, \quad (4)$$

де n_p – кількість різців на виконавчому органі; D – діаметр виконавчого органу.

Струм, що споживається приводом виконавчого органу, може бути визначений на основі активної потужності:

$$I_g = \frac{P_g}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos(\phi)}. \quad (5)$$

Цей струм вимірюється датчиком струму, що знаходиться на одній з фаз електродвигуна приводу виконавчих органів.

Зазначимо, що розглянута спрощена модель формування навантажень на виконавчому органі [1...3] є статичною, не враховує запізнення в стружкоутворенні та кінематичну нерівномірність навантажень.

Відповідно з метою та поставленими завданнями в роботі розроблено та реалізовано в середовищі Simulink дві моделі САК видобувним комбайном, що виконуються паралельно для можливості їх порівняльного аналізу, що наведено на рис.1. Кожна з моделей відтворює видобувний комбайн з вбудованим частотно керуваним приводом подачі, параметри якого ідентичні для обох моделей. Рівень докладності моделі привода подачі цілком достатній для завдань роботи. В кожній з моделей контур керування швидкістю подачі є підлеглим для зовнішнього контура стабілізації навантажень на виконавчих органах, в якому застосовано ПІД регулятор з ідентичними налаштуваннями для обох моделей. Контрольованим параметром є струм електродвигуна привода виконавчих органів I_g . Відмінність моделей САК полягає в моделюванні навантажень на виконавчих органах.

В моделі, що розташована в верхній частині рисунка, формування навантажень на виконавчому органі виконується за спрощеною математичною моделлю, що розглянута вище. Ця модель оформлена з використанням блоку підсистеми Subsystem, зміст якого не потребує пояснень, оскільки імена змінних й структура блоку повністю співпадають з описаними співвідношеннями та позначеннями в спрощеній математичній моделі формування навантажень. Структуру блока та значення компонентів показано на рис. 2.

Рисунок 1 – Реалізація в Simulink спрощеної та повної моделі САК видобувним комбайном з частотно керованим асинхронним приводом подачі

Рисунок 2 – Реалізація в Simulink підсистеми Subsystem формування навантажень на виконавчих органах в спрощеній моделі САК видобувним комбайном

В другій моделі САК, що розташована внизу рис.1, розрахунок навантажень на виконавчих органах – момент опору і сили реакцій вибою на виконавчому органі виконується програмно при звертанні до функції `shearercpp`, котра викликається через блок

MATLAB Fcn. Ця функція є інтерфейсом, через який викликається Мех-функція K103хсрр [11], котра для прискорення обчислень написана на мові C++, що дозволяє скоротити час моделювання в 8...10 разів порівняно з такою ж функцією на мові MATLAB.

З огляду стану питання найбільш повною, універсальною та відповідною поставленому завданню є модель формування навантажень, що вперше розглянута в [4] та успішно використана в завданнях аналізу та синтезу САК комбайнами в роботах [5..9]. Саме вона обрана для програмної реалізації тому що повністю відтворює процес стужкоутворення і, отже, формування моменту навантаження на шнеках.

В цій моделі момент сил опору на виконавчому органі M і сили реакції вибою R_a, R_b, R_c в будь-який момент часу визначаються сумою моментів і сил, що діють на кожний i -тий різець, що контактує з вибоєм:

$$M = R \sum_{i=1}^N z_i; \quad R_a = \sum_{i=1}^N a_i; \quad R_b = \sum_{i=1}^N b_i; \quad R_c = \sum_{i=1}^N c_i;$$

$$a_i = -y_i \cos \gamma_i + z_i \sin \gamma_i; \quad b_i = -y_i \sin \gamma_i - z_i \cos \gamma_i; \quad c_i = x_i,$$

тут R_a, R_b, R_c - відповідно вертикальна, горизонтальна та бічна сила реакції вибою; z_i, y_i, x_i відповідно сила різання, сила подачі й бічна сила, діюча на i -тий різець, γ_i - кутове положення i -того різця; $\gamma_i = \gamma_{0i} + \gamma$, де γ - координата виконавчого органу, одержувана з розв'язку рівнянь динаміки приводу виконавчих органів, γ_{0i} - початковий кут установки i -того різця на виконавчому органі. Значення z_i, y_i, x_i визначаються залежно від товщини стружки на кожному i -тому різці.

Товщина стружки i -того різця h_i при його завданім кутовім переміщенні γ_i визначається за виразом

$$h_i = R - \sqrt{R^2 - ((\Delta x)^2 + (\Delta y)^2) \sin^2 \alpha_i} + (\text{sign}(\Delta y)) \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \cos \alpha_i,$$

$$\text{де } \alpha_i = \gamma_i - \arctg \frac{\Delta x}{\Delta y}.$$

Рисунок 3 – Визначення товщини стружки на різці виконавчого органу

У формулі значення прирощень Δx , Δy , γ_i є функціями просторових координат виконавчого органу x , y , γ , отриманих з розв'язку рівнянь руху комбайна в просторі лави й рівнянь динаміки приводу виконавчих органів:

$$\Delta x = x - x_n, \Delta y = y - y_n, \gamma_i = \gamma + \gamma_{0i},$$

де x , y та x_n , y_n - відповідно абсциса й ордината виконавчого органу в даний момент часу t й у момент часу t_n , коли різець, що йде спереду та перебуває в одній лінії різання з розглянутим i -тим різцем, перетинає радіус, що має кут нахилу γ_i ; γ - кутова координата виконавчого органу в момент часу t .

Для одного різця в лінії різання, різець, що йде попереду, буде сам же розглянутий різець, і для знаходження збільшень Δx , Δy необхідно знати його ж координати x_n й y_n на попередньому оберті виконавчого органу. Отже, при програмній реалізації формули на кожному кроці обчислення h_i у загальному випадку необхідно мати передісторію руху комбайна x_n , y_n за один оберт виконавчого органу.

У реалізованому алгоритмі формування передісторії і обчислення h_i виконується через кут $\Delta\varphi$, що знаходиться як $\Delta\varphi = 2\pi/p$, де p - число положень за один оберт виконавчого органу, у яких обчислюються значення h_i . Значення p обумовлене збереженням частотних властивостей і форми спектра навантажень на виконавчому органі. По значенням h_i по формулам ГАСТ [10] обчислюються зусилля на різцях, що контактують з вибоєм, і далі на виконавчому органі. Розрахунок зусиль в кожному положенні шнеку закінчується занесенням поточних координат x і y в рядок масивів передісторії для подальшого використання на наступному оберті виконавчого органу.

Відповідно до припущень про відсутність вертикальних переміщень виконавчих органів, при визначні товщини стружки координата $y=0$.

Рисунок 4 – Моделювання моменту навантаження на шнеках

Відтворення моделюючою функцією моментів навантаження на випереджаючому шнеку – M_1 , відстаючому – M_2 та сумарного моменту на шнеках M при стрибках швидкості подачі – v від 3 м/хв до 2 м/хв на 2 секунді та до 4 м/хв на 4 секунді для потужності пласта 0,8 м та опірності пласта різанню 250 Н/мм при схемі роботи випереджаючий шнек вниз, відстаючий – вверху наведений на рис. 4.

Наведені модельні реалізації мають очікуваний коректний вид: середні значення моментів близькі до експериментальних. В коливаннях моментів чітко видно період коливання з частотою обертання шнеків. Період коливання містить дві гармоніки від кінематичної невірності шнека з двома заходами. Реакцією на стрибок швидкості подачі є інтегральний характер зростання моменту навантаження. Прямокутність піків сигналу пов'язана з дискретним обчисленням навантажень через кут $\Delta\varphi$, що обговорено вище. Зазначимо, що в спрощеній моделі навантаження просто повторюють стрибки швидкості подачі з відповідним масштабуванням в силу її статичності, що не є коректним.

Рисунок 5 – Порівняльне моделювання спрощеної та повної моделі САК комбайном в режимі стабілізації навантажень привода виконавчих органів

Результати порівняльного моделювання двох САК комбайном в режимі стабілізації навантажень на виконавчому органі наведені на рисунку 5. Налаштування ПД регуляторів в контурах стабілізації навантажень виконані для САК зі спрощеною моделлю обчислення навантажень. В модельному експерименті на 35 секунді система збурюється стрибком збільшення опірності різанню A з 200 Н/мм до 250 Н/мм і далі іде перехідний процес відпрацювання збурення обома системами: червона лінія – струм електродвигуна привода виконавчих органів в САК зі спрощенню моделлю навантажень, синя – САК з повною моделлю навантажень. Як видно з рисунка, перехідний процес в моделі спрощеної САК цілком прийнятний як за часом регулювання, так і за величиною перерегулювання і практично аперіодичний. В САК з повною моделлю навантажень перехідний процес коливальний і має тривалість майже 9 секунд. Такі показники якості не можуть бути прийнятними.

Таким же чином виконується збурення системи на 45 секунді її роботи, але стрибок опірності завдано з 250 Н/мм до 350 Н/мм. Результат подібний до розглянутого коливального

процесу з таким же часом згасання амплітуди коливань в повній САК та якісним перехідним процесом в спрощеній моделі САК.

Висновки.

Проведене порівняльне дослідження спрощеної та повної моделі формування навантажень на виконавчих органах в САК видобувним комбайном свідчить, що використання спрощеної статичної моделі дає невірні показники якості регулювання.

В завданнях аналізу та синтезу САК видобувними комбайнами має використовуватися математична модель формування навантажень на виконавчих органах, що відтворює процес стружкоутворення на різцях та переміщення виконавчих органів в просторі лави

Перелік використаної літератури

1. Цуканов, В.Г. Регулятор нагрузки для комбайнов с электрической встроенной системой подачи / В.Г. Цуканов, В.Н. Ставицкий // Автоматизация технологических объектов та процесів. Пошук молодих. Збірник наукових праць XII міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та студентів в м. Донецьку 17-20 квітня 2012 р. - Донецьк, ДонНТУ, 2012. – с. 256-258
2. Ставицкий, В.М. Математична модель видобувного комбайну / Д.Л. Капустняк, В.Н. Ставицкий // Автоматизация технологических объектов та процесів. Пошук молодих. Збірник наукових праць XIV міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та студентів в м. Донецьку 22-24 квітня 2014 р. - Донецьк, ДонНТУ, 2014. – с. 123-128
3. Гуляев, В.Г. Имитационное моделирование рабочего процесса и обоснование параметров очистного комбайна нового технического уровня / В.Г. Гуляев, К.В. Жуков // Донбас-2020: наука і техніка - виробництву : Матеріали наук.-практ. конф., 5-6 лютого 2002р., м. Донецьк / Донец. нац. техн. ун-т. - Донецьк, 2002. - С. 156-161
4. Позин, Е.З. Моделирование разрушения углей режущими инструментами / Е.З. Позин, З.Я. Хургин, В.Е. Бурдин и др.: Под ред. Ю.Д. Красникова. – М.: Наука, 1981. – 181 с
5. Бурдин, В.Е. Усовершенствованный метод имитации динамических нагрузок привода резания очистного комбайна / В.Е. Бурдин, Б.Д. Либерман, В.В. Поцеваев, В.Л. Советов. - Науч. тр. / ИГД им. А.А. Скочинского, 1984, вып. 228. Параметры и надежность машин для подземной добычи угля. – С. 57 – 65.
6. Бурдин, В.Е. Усовершенствованный метод имитации динамических нагрузок привода резания очистного комбайна / В.Е. Бурдин, Б.Д. Либерман, В.В. Поцеваев, В.Л. Советов. - Науч. тр. / ИГД им. А.А. Скочинского, 1984, вып. 228. Параметры и надежность машин для подземной добычи угля, с. 57 – 65.
7. Косинський, І.С. Дослідження способу вдосконалення динамічних характеристик системи автоматичного управління видобувним комбайном з приводом подачі з електромагнітним гальмом ковзання [Текст] / І.С. Косинський // Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених «ТАК»: телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології, 29-30 листопада 2017 р.: збірник доповідей. – ДВНЗ «ДонНТУ», м. Покровськ 2017. – С. 218 – 221.
8. Кондрахин, В.П. Математическая модель процесса стружкообразования, учитывающая осевые перемещения исполнительного органа горного комбайна / В.П. Кондрахин, В.Л. Головин // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Гірничо-електромеханічна. - 2004. - Вип. 83. – 263 С.
9. Кондрахин, В.П. Имитационное моделирование усилий резания и подачи при резании горных пород / В.П. Кондрахин, А.И. Хищенко // Вісті Донецького гірничого ін-ту / Донецький національний технічний університет. – Донецьк, 2010. – №2. – С. 150-154.
10. ОСТ 12.44.258-84 «Комбайны очистные. Выбор параметров и расчет сил резания и подачи на исполнительных органах. Методика».
11. Подключение С кода к MATLAB посредством MEX-функций. [Електронний ресурс] //

Режим доступу <https://www.youtube.com/watch?v=2ocfAPMwh3M> Дата доступу 10.03.2017.

References

1. Cukanov, V.G. and Stavickij, V.N. (2012), "Load controller for combines with electric integrated feed system", *Zbirnik naukovih prac' XII naukovo-tehnichnoï konferencii aspirantiv ta studentiv* [Proceedings of XII scientific conference and students], *Avtomatizacija tehnologichnih ob'ektiv ta procesiv. Poshuk molodih* [Automation of technological objects and processes. Search young], DVNZ "DonNTU", Donetsk, Ukraine, 17-20 April 2012, pp. 256-258.
2. Stavickij, V.N. and Kapustnjak, D.L. (2014), "Mathematical model of the harvester", *Zbirnik naukovih prac' XIV naukovo-tehnichnoï konferencii aspirantiv ta studentiv* [Proceedings of XIV scientific conference and students], *Avtomatizacija tehnologichnih ob'ektiv ta procesiv. Poshuk molodih* [Automation of technological objects and processes. Search young], DVNZ "DonNTU", Donetsk, Ukraine, 22-24 April 2014, pp. 123-128.
3. Guljaev, V. G. and Zhukov, K.V. (2002), "Simulation of the workflow and justification of the parameters of a shearer of a new technical level", *Materiali naukovo-praktichnoï konferencii* [Materials of scientific-practical conference], *Donbas-2020: nauka i tehnika - virobnictvu* [Donbass-2020: science and technology - production], DVNZ "DonNTU", Donetsk, Ukraine, 5-6 February 2002, pp. 156-161.
4. Pozin, E.Z., Hurgin, Z.Ja. and Burdin, V.E. (1981), *Modelirovanie razrushenija uglej rezhushhimi instrumentami* [Simulation of the destruction of coal by cutting tools], in Krasnikov, Ju.D. (ed.), Nauka, Moscow, Russia.
5. Burdin, V.E., Liberman, B.D., Pocepaev, V.V. and Sovetov, V.L. (1984), "Advanced method for simulating dynamic loads of a shearer cutting drive", *Nauchnye trudy / IGD im. A.A. Skochinskogo. Parametry i nadezhnost' mashin dlja podzemnoj dobychi uglja* [Scientific works of the IGD named after A.A. Skochinsky], *Parametry i nadezhnost' mashin dlja podzemnoj dobychi uglja*, no. 228, pp. 57 – 65.
6. Pocepaev, V.V. (2017), "The mathematical model of navantazhen on the viscous organs of a vidobuvny combine", *Materiali s'omoï mizhnarodnoï naukovo-tehnichnoï konferencii* [Proceedings of the Seventh International Scientific and Technical Conference], *Modeljuvannja i komp'juterna grafika* [Modeling and computer graph], DonNTU, Pokrovsk, Ukraine, 18-24 September 2017, pp. 263-266.
7. Kosins'kij, I.C. (2017), "Investigation of the method of improving the dynamic characteristics of the system of automatic control of the harvester with a feed actuator with electromagnetic sliding brake", *Vseukraïns'ka naukovo-praktichna konferencija molodih vchenih* [All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists], «TAK»: *telekomunikacii, avtomatika, komp'juterno-integrovani tehnologii* [TAK: telecommunications, automation, computer-integrated technologies], DVNZ "DonNTU", Pokrovsk, Ukraine, 29-30 November 2017, pp. 218 – 221.
8. Kondrahin, V.P. and Golovin, V.L. (2004), "Mathematical model of the process of chip formation taking into account the axial displacements of the executive body of a mining combine", *Naukovi praci DonNTU. Serija: Girnicho-elektromehanichna*, no. 83, pp. 263.
9. Kondrahin, V.P. and Hicenko, A.I. (2010), "Simulation modeling of cutting and feeding forces when cutting rocks", *Visti Donec'kogo girnichogo iniversitetu*, no. 2, pp. 150-154.
10. Dongiprouglesh (1984), *OST 12.44.258-84 Kombajny ochistnye. Vybory parametrov i raschet sil rezanija i podachi na ispolnitel'nyh organah. Metodika* [10. OST 12.44.258-84 Shearers. Selection of parameters and calculation of cutting and feed forces at executive bodies. Methodology], Dongiprouglesh, Donetsk, Ukraine.
11. MATLABinRussia (2012), "Connecting C code to MATLAB using MEX functions", available

at: <https://www.youtube.com/watch?v=2ocfAPMwh3M> (Accessed September 2019).

В.В. Поцепенев, А.И. Воропаев

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Покровск

Выбор модели нагрузок на исполнительных органах в задачах анализа и синтеза САУ очистным комбайном

Целью работы является выбор математической модели нагрузок на исполнительных органах в задачах анализа и синтеза систем автоматического управления очистными комбайнами. Для этого методом имитационного моделирования выполнен сравнительный анализ двух моделей систем управления, которые отличаются моделью вычисления нагрузок на исполнительных органах. Первая из моделей является упрощенной статической, вторая - полная модель, воспроизводящая процесс стружкообразования на каждом резце и момент нагрузки и силы реакций забоя на исполнительном органе определяются как сумма нагрузок на резцах. Показано, что достоверные результаты моделирования могут быть получены только при использовании полной модели.

Ключевые слова: математическая модель, система автоматического управления, нагрузки, очистной комбайн.

V.V. Potsepaiev, O.I. Voropayev

Donetsk National Technical University Department of Automation and Telecommunications

Selection of the loads model on the executive bodies in the tasks of analysis and synthesis of the shearer automatic control systems

The work is devoted to the issue of modeling the loads on the executive bodies in the tasks of research and synthesis of automatic control systems for coal combines. The aim of the work is the selection of an adequate load model suitable for modeling of any technological conditions of coal shearers. A complete detailed model for calculating the loads on the executive body is known, in which the thickness of the chips on each cutter in contact with the coal seam is calculated based on the spatial movement of the executive body along the lava. In this model the load on the screw - moment of resistance forces and slaughtering reactions are defined as the sum of the forces acting on each individual tool. Such a model is universal, but requires large computational costs, which slows down the simulation. For a comparative analysis of the two indicated load calculation models in Simulink, two models of the load stabilization system on the executive body, identical in structure and parameters, were constructed, one of which had a simplified one, the second - a full load calculation model. The adjustable parameter was the current of the actuator electric motor. The settings of the proportional-integral-derivative regulators of the current stabilization loops are made for a system with a simplified model. In a model experiment, the control system was indignant at the abrupt increase in the resistance of coal to cutting, and the development of the disturbing effect of each of the stabilization systems was studied. Modeling has shown that in a control system with a simplified model, perturbation testing is an aperiodic transient with good regulatory quality indicators. In a stabilization system with a full load model for an identical experiment, an oscillatory transient with a decay time of 9 s was obtained, which corresponds to a real system. Such a qualitative and quantitative difference between the two models is completely unacceptable. Summary: A comparative study of a simplified and complete model of forming loads on executive bodies in the system of automatic control of the harvester shows that the use of a simplified static model gives incorrect indicators of the quality of regulation. The tasks of analysis and synthesis of systems for automatic control of mining combines should use a mathematical model of forming loads on the executive bodies, which reproduces the process of chip formation on the cutters and the movement of the executive bodies in the space of the lava.

Key words: mathematical model, automatic control system, loads, coal shearer.

Поцепаєв Валерій Валерійович, Україна, закінчив Донецький національний технічний університет (ДПТ), канд. техн. наук, доцент, зав. каф. «Автоматика і телекомунікації», ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, 85300, Україна).

Основний напрямок наукової діяльності – системи автоматичного управління, методи дослідження, моделювання та оптимізації динамічних систем. Більшість наукових робіт присвячені створенню систем автоматичного управління видобувними комбайнами

Воропаєв Олександр Іванович, Україна, закінчив Донецький національний технічний університет, аспірант кафедри автоматики та телекомунікацій ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, Донецька обл., 85301, Україна).

Основний напрямок наукової діяльності – системи автоматичного управління, методи дослідження, моделювання та оптимізації динамічних систем.