

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

МАТЕРІАЛИ III Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції «Розвиток сучасної науки та освіти:
реалії, проблеми якості, інновації»

MATERIALS of the III International Scientific and Practical
Internet Conference “The development of modern science and
education: realities, problems of quality, innovations”

30 вересня 2022 року
September 30, 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова НАН України
Технічний університет Дортмунда (Німеччина)
ЗАТ «Національний центр ядерних досліджень» Міністерства транспорту,
зв'язку та високих технологій Азербайджанської республіки
(Азербайджанська Республіка)
Інститут іонно-плазмових і лазерних технологій Академії наук Республіки
Узбекистан (Республіка Узбекистан)
Маріямпольська колегія (Литва)

**«РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ НАУКИ ТА ОСВІТИ:
РЕАЛІЇ, ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ, ІННОВАЦІЇ»**

МАТЕРІАЛИ

**ІІІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ**

30 вересня 2022 року

Запоріжжя - 2022

УДК [001.895÷378.1](043.2)
Т13

Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: матеріали III Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 30 вересня 2022 р.) / [за наук. ред. С. В. Кюрчева, В. В. Кідалова, В. І. Кравця та інш.]. Запоріжжя : ТДАТУ, 2022. 527 с.

Рекомендовано до друку Вченою радою
Таврійського державного агротехнологічного
університету імені Дмитра Моторного
(протокол № 3 від 04.10.2022 р.)

Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації» вміщує результати наукових досліджень науковців, наукових співробітників, викладачів, здобувачів різних рівнів вищої освіти, вчителів з актуальних проблем гуманітарних, природничо-математичних і технічних наук. Напрямки роботи конференції: актуальні питання та проблеми фізико-математичних наук; інновації та закономірності розвитку технічних наук; перспективні напрями наукових досліджень з біосистемної агроінженерії, агротехнологій та агроекології; стан, шляхи і перспективи розвитку фізико-математичної освіти в умовах сучасних викликів та глобалізаційних змін; використання інноваційних технологій в освітньому процесі як складова системи забезпечення якості вищої освіти.

Редакційна колегія:

Кюрчев С. В. – доктор технічних наук, професор;

Кідалов В. В. – доктор фізико-математичних наук, професор;

Кравець В. І. – кандидат фізико-математичних наук, доцент;

Дьоміна Н. А. – кандидат технічних наук, доцент;

Тараненко Г. Г. – кандидат педагогічних наук, доцент;

Дяденчук А. Ф. – кандидат технічних наук, старший викладач.

Відповідальність за грамотність, автентичність цитат, достовірність фактів і посилань, зміст тез несуть автори публікацій. Матеріали видані в авторській редакції.

© Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2022
© Автори, 2022

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ПРОБЛЕМИ ФІЗИКО- МАТЕМАТИЧНИХ НАУК

Chichek Abbasova, Валерій Кідалов, Альона Дяденчук, Володимир Батурін, Олександр Карпенко, Олександр Гудименко, Віталій Кідалов. Синтез і характеристика тонкоплівкових гетероструктур на основі SiC	12
Б. М. Абдурахманов, М. Ш. Курбанов, С. А. Тулаганов, М. Ерназаров, Ж. А. Панжиев. Синтез нанопорошків аморфного SiO ₂ з техногенних металургійних відходів	17
Georgii Tarasov, Valeriy Kidalov, Azer Sadigov, Olga Okhrimenko, Andriy Lyubchuk, Oleksii Liubchenko, Valentina Ponomarenko, Yuriy Bacherikov. Voltage generation in hydrated calcium structures	24
Олександр Станжицький, Василь Кравець, Вікторія Могильова. Дослідження умов існування оптимальних керувань для детермінованих та стохастичних систем диференціальних рівнянь	28
Валентин Собчук, Ірина Зеленська. Побудова рівномірної асимптотики розв'язку систем сингулярно збурених диференціальних рівнянь з точкою звороту	34
Ярослав Бігун, Ігор Скутар, Василь Кравець. Усереднення в багаточастотних системах із запізненням і нелокальними умовами	40
Олексій Капустян, Тарас Юсипів. Стійкість щодо збурень атрактора хвильового рівняння	46
Роман Редько, Григорій Міленін, Микола Заяць, Світлана Редько. Оцінка ступеня планарності поверхні плівок AlN для високочастотних телекомунікаційних систем	49
Зоя Халецька. Зв'язок між коливністю розв'язків диференціальних та відповідних їм різницевих рівнянь другого порядку	54

Оксана Федунік-Яремчук, Світлана Гембарська. Наближення класів періодичних функцій багатьох змінних із заданою мажорантою мішаних модулів неперервності	59
Тетяна Гришанович. Алгоритм генерування математичних формул за допомогою випадкового бінарного дерева	64
Вікторія Леонтєва, Наталія Кондрат'єва, Артем Єременко, Карина Мажай. Автоматизація процесу аналізу та прогнозування великих послідовностей впорядкованих за часом основних характеристик процесів довільної фізичної природи	71
Вікторія Леонтєва, Наталія Кондрат'єва, Денис Лаур, Надія Собокар. Автоматизація процесу аналізу керованості, спостережуваності й параметричної ідентифікованості динамічної системи з гіроскопічною структурою	77
Наталія Кондрат'єва, Вікторія Леонтєва, Антон Гусєв, Геннадій Усатенко. Автоматизація процесу розв'язання системних задач засобами системології	84
Вікторія Цань. Деякі властивості розв'язків лінійних динамічних рівнянь другого порядку на часових шкалах	92
Grygoriy Petryna. Conditions for asymptotic equivalence of functional stochastic differential equations	96
Юлія Оксентюк. Опуклі функції та їх властивості	98

СЕКЦІЯ 2.

ІННОВАЦІЇ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ НАУК

Микола М. Ткачук, Наталя Дьоміна, Микола А. Ткачук, Андрій Грабовський. Інноваційні проектно-технологічні рішення як основа проривних технічних рішень машинобудівних конструкцій	102
Дмитро Журавель. Обґрунтування перспективних напрямків оцінки ремонтпридатності блоків циліндрів двигунів мобільної техніки	108
Юлія Постол, Іван Глазирін. Використання сонячної енергії для тепловодопостачання систем гарячого водопостачання в індивідуальному житловому будівництві	114

Олена Горбенко. Обґрунтування вибору конструктивно-технологічних параметрів вдосконаленого рішення сепаратора насіння овочевих та баштанних культур	120
Роман Гнатюк. Кібератаки в Україні	124
Олександр Мацулевич, Євген Гавриленко. Дослідження питань взаємозв'язку між двовимірними і тривимірними моделями поверхонь геометричних об'єктів	130
Олександр Мацулевич, Андрій Чаплінський. Дослідження сфери застосування інтелектуального аналізу даних	136
Olena Dereza, Iliia Tetervak. Technical means for design	143
Альона Дяденчук, Наталя Дьоміна, Владислав Аврамов. Моделювання характеристик сонячних елементів на основі пористого кремнію	149
Альона Кріпак, Валерій Міщенко. Регресійний аналіз для отримання оптимального хімічного складу жароміцного сплаву	153
Володимир Яблонський. Інновації та закономірності розвитку технічних наук	157
Вадим Яблонський. Шкідливе програмне забезпечення	161
Іванна Шукалович. Комп'ютерний вірус – найбільша загроза майбутньому	165
Софія Довган. Прихований майнінг	171
Тарас Сльозко. Сучасні технології комп'ютерної безпеки	178
Назарій Гарбарчук. Фішинг, прихований майнінг та USB	183
Валентина Шилан. Загрози, що несуть мережеві хробаки та захист від них	186
Олександр Рижук. Як поводитися з шкідливим ПЗ. Методи профілактики	191
Владислав Ващук. Шкідливе програмне забезпечення та основні його категорії	196
Карина Горошко. Визначення основних термінів при вивченні дисципліни діагностика шкідливого програмного забезпечення	201

СЕКЦІЯ 3.
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З
БІОСИСТЕМНОЇ АГРОІНЖЕНЕРІЇ, АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА
АГРОЕКОЛОГІЇ

Оксана Семерня. Моделювання та прогнозування стану довкілля в Україні в післявоєнний час	205
Odo Bauer, Валерій Кідалов, Альона Дяденчук, Юрій Забелін. Universal technology for processing the aquatic environment by electromagnetic fields in a single stream	209
Оксана Цехмістренко, Світлана Цехмістренко, Володимир Бітюцький. Неорганічний та нанопрепарат селену, їх характеристика та вплив на вирощування перепелів	212
Любов Онищенко, Сергій Мерзлов, Оксана Цехмістренко. Верміремедація промислового осаду з використанням <i>Eisenia Fetida</i>	218
Олександр Мацулевич, Галина Антонова, Микита Поспєлов. До питання доцільності проектування та експлуатації довідково-аналітичних систем оптимізації роботи виробників сільськогосподарської продукції	225
Андрій Чаплінський. Вплив кутів нахилу тяг заднього навісного механізму енергетичного модуля (ЕМ) на тяговий ККД модульного енергетичного засобу (МЕЗ)	231
Іван Глазирін. Очищення води та стоків методом прямого електролізу	237

СЕКЦІЯ 4.
СТАН, ШЛЯХИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ФІЗИКО-
МАТЕМАТИЧНОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ ТА
ГЛОБАЛІЗАЦІЙНИХ ЗМІН

Віталій Ачкан, Анна Сіпєєва. Інноваційні форми проведення уроків з математики в старшій школі	241
Тетяна Повєда. Підготовка майбутнього вчителя до організації проєктної діяльності з фізики у ЗЗСО	247
Яна Довгенко, Зоя Халецька, Людмила Яременко. Особливості підготовки бакалаврів за освітньо-професійною програмою Статистика (інтелектуальний аналіз даних та цифрова економіка)	254
Оксана Мироненко. Роль математичних дисциплін для сучасних інженерних професій	260
Ольга Швай. Методична підготовка майбутніх вчителів математики	265
Руслан Повєда. Перспективи використання систем моделювання фізичних процесів	271
Оксана Бронішевська. Дистанційне навчання – технологія майбутнього	277
Оксана Стецюк. Використання технології доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі фізичної освіти	282
Дарина Галян, Сергій Кубай. Програмне забезпечення технологій доповненої реальності в системі STEM-орієнтованого навчання	287
Денис Шалатов. Три розв’язки однієї фізичної задачі для розвитку критичного мислення	296

СЕКЦІЯ 5. ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Регіна Андрюкайтене, Роман Олексенко, Альона Дяденчук. Проблеми мотивації здобувачів вищої освіти в умовах дистанційного навчання	302
Наталія Грона. Особливості застосування електронних словників під час вивчення лексикології і фразеології	306
Євген Гавриленко, Андрій Чаплінський. Використання сучасних САД-систем при підготовці фахівців технічних спеціальностей	312
Світлана Цехмістренко, Оксана Цехмістренко, Віталій Поліщук, Світлана Поліщук, Надія Гаюк. Використання сучасних можливостей та технологій у разі викладання фізичної хімії	317
Ілона Бацуровська. Компетентнісний підхід в підготовці магістрів з електричної інженерії в умовах масових відкритих дистанційних курсів в аграрних університетах	323
Наталія Доценко. 3D моделювання при виконанні практичних робіт із загальнотехнічних дисциплін	328
Олександр Голік, Олена Кривильова. Підготовка майбутніх учителів до організації та режисури виховних заходів на основі проєктної діяльності	334
Наталія Куриш. Організація інноваційної освітньої діяльності педагогів у системі післядипломної освіти: регіональний аспект	339
Лілія Мельничук, Галина Перун. Реалізація методу візуалізації для здобувачів освіти шляхом використання платформи Genially для створення інтерактивного анімованого контенту	343
Галина Тараненко. Системне мислення як універсальна компетенція людини XXI століття	349
Ольга Сташук, Юлія Короткова. Сучасні засоби соціокультурної діяльності із розвитку правової компетентності студентської молоді	353

Світлана Трегуб. Кейс-метод навчання студентів-стоматологів як складова системи забезпечення якості вищої медичної освіти	361
Ірина Лапшина, Світлана Лупінович. Етапи формування навичок інформаційної безпеки у магістрів спеціальності 013 Початкова освіта	365
Сергій Шептун. Можливості онлайн формату при проведенні лабораторних і практичних робіт	376
Людмила Щербак. Шляхи підвищення професійної компетентності педагогів професійного навчання в умовах дистанційного навчання	381
Юлія Холодняк. Використання систем автоматизованого проектування при вивченні інженерних дисциплін	386
Аліса Попович, Олена Алієва, Олександр Приходько. Використання інтерактивних методів для формування професійних якостей студентів-медиків на заняттях з медичної біології	391
Олександр Мацулевич, Олександр Вершков. Методика виконання лабораторної роботи «Розробка керуючої програми для обробки коробки диференціалу автомобіля» при вивченні дисципліни «Програмування автоматизованих процесів обробки деталей»	397
Вікторія Акмен, Світлана Сорокіна, Валентина Сорокіна. Чинники, що обумовлюють необхідність застосування інновацій у ЗВО	403
Олександр Мацулевич, Олександр Івженко. Методика розв'язання задачі визначення лінії перетину просторових поверхонь із застосуванням математичних засобів ПЕОМ	408
Лариса Бондаренко, Олександр Вершков, Ілля Тетервак. Використання технологій візуалізації в освітньому процесі, як складової системи інтелектуального навчання	413
Олена Дереза. Цифрові інструменти для навчання і роботи	419
Лариса Бондаренко, Олександр Вершков. Мультимедійні системи та 3D-технології в освітньому процесі	424

Лариса Бондаренко. Інтелектуальні системи навчання в освітньому процесі	429
Вікторія Вертегел, Ірина Мурко. Innovative technologies in the educational process as an integral part of the qualitative teaching a foreign language to students	434
Olena Alieva, Alisa Popovich. Search for the most effective interactive methods in studying medical biology in groups of students with the english form of training	439
Олена Вишник. «Soft skills» як складник підготовки здобувача вищої педагогічної освіти	445
Vadym Hulevskiy, Victoria Myhulia. Analysis of modern electrochemical protection design systems	449
Олександр Сахновський. Освіта і проблеми формування множинної ідентичності в інформаційному полі цифрової медіа культури	455
Галина Антонова, Олександр Мацулевич, Микита Поспелов. Викладання «Інженерної механіки» та «Механіки матеріалів та конструкцій» за допомогою комп'ютерних технологій	463
Сергій Кулешов. Технологічні тенденції у закладах вищої освіти США	469
Валентина Ющенко, Олена Попружна. Інновації в професійному розвитку викладача-філолога фахової передвищої освіти	473
Геннадій Циммерман. Адаптація системи професійної підготовки майбутніх вчителів інформатики до викликів сучасності	478
Олена Соляненко. Інноваційні технології як один із способів організації самостійної роботи студентів	484
Ольга Бересток. Blended learning as one of means to overcome obstacles caused by war in Ukraine	488
Олена Кравець. Самостійна робота здобувача вищої освіти.....	493
Ольга Курило. Підготовка майбутніх інженерів-педагогів харчової галузі до творчої професійної діяльності на основі компетентнісного підходу	498

Каріна Олексенко. Залучення майбутніх учителів початкової школи до педагогічної рефлексії в оволодінні проектною діяльністю	502
Ілля Горбатюк. Оцінка вартості програмного забезпечення як методологічна проблема ІТ-галузі	506
Тетяна Григорчук. Розвиток логічного мислення майбутніх учителів початкової школи в процесі фахової підготовки	510
Роман Шнит. Троянські програми у сучасному інформаційному просторі	515
Володимир Литвин. Вплив інноваційних технологій на якість навчання студентів у закладах вищої освіти	522

УДК 517.9, 517.929

Ярослав Бігун, доктор фізико-математичних наук, професор,

Чернівецький національний університет

імені Юрія Федьковича,

м. Чернівці, Україна

Ігор Скутар, кандидат фізико-математичних наук,

Чернівецький національний університет

імені Юрія Федьковича,

м. Чернівці, Україна

Василь Кравець, кандидат фізико-математичних наук, доцент,

Таврійський державний агротехнологічний

університет імені Дмитра Моторного,

м. Запоріжжя, Україна

УСЕРЕДНЕННЯ В БАГАТОЧАСТОТНИХ СИСТЕМАХ ІЗ ЗАПІЗНЕННЯМ І НЕЛОКАЛЬНИМИ УМОВАМИ

Анотація. Для багаточастотних систем із лінійними запізненнями і багатоточковими й інтегральними умовами побудовано усереднену за фазовими змінними задачу. Досліджено існування та єдиність розв'язку точної задачі. Одержано оцінку похибки методу усереднення, яка явно залежить від малого параметра.

Ключові слова: метод усереднення, малий параметр, багаточастотна система, лінійне запізнення, резонанс, інтегральна умова.

Abstract. The problem averaged over phase variables is constructed for multi-frequency systems with linear delays and multi-point and integral conditions. The existence and uniqueness of the solution for the original problem have been studied. An estimate of the error of the averaging method is obtained, which clearly depends on a small parameter.

Key words: averaging method, small parameter, multifrequency systems, linearly delay, resonance, integral condition.

Вступ. Різноманітні коливні системи, які в процесі еволюції проходять через резонанси, описуються диференціальними рівняннями вигляду [4, 5, 8, 9]

$$\frac{da}{d\tau} = X(\tau, a, \varphi), \quad \frac{d\varphi}{d\tau} = \frac{\omega(\tau, a)}{\varepsilon} + Y(\tau, a, \varphi), \quad (1)$$

де $a \in D \subset R^n, \varphi \in R^m, m \geq 2, \omega$ – вектор частот, малий параметр $\varepsilon \in (0, \varepsilon_0], \tau = \varepsilon t$; вектор-функції X і Y 2π –періодичні за змінними $\varphi_\nu, \nu = \overline{1, m}$.

Ефективним методом побудови розв'язку і таких систем є метод усереднення за швидкими змінними φ_ν , у результаті чого системі (1) відповідає простіша система

$$\frac{d\bar{a}}{d\tau} = X_0(\tau, \bar{a}), \quad \frac{d\bar{\varphi}}{d\tau} = \frac{\omega(\tau, \bar{a})}{\varepsilon} + Y_0(\tau, \bar{a}). \quad (2)$$

В усередненій системі вектор повільних змінних $\bar{a}(\tau)$ знаходяться незалежно від $\bar{\varphi}$, а швидких змінних $\bar{\varphi}(\tau, \varepsilon)$ – одержується інтегруванням, якщо відомо $\bar{y} = \bar{\varphi}(0; \varepsilon)$.

У монографії [8] обґрунтування методу усереднення для систем вигляду (1) із початковими, багатоточковими та інтегральними умовами здійснено на підставі оцінок відповідних осциляційних інтегралів. Такий підхід застосовано і для багаточастотних систем із запізненням аргументу у працях [1–3]. Системи рівнянь з інтегральними умовами досліджуються, наприклад у [2–4, 7].

Постановка задачі. У даній праці розглянено m -частотну систему диференціальних рівнянь із лінійно перетвореними аргументами вигляду

$$\frac{da}{d\tau} = X(\tau, a_\Lambda, \varphi_\Theta), \quad (3)$$

$$\frac{da}{d\tau} = X(\tau, a_\Lambda, \varphi_\Theta), \quad (4)$$

де $\tau \in [0, L]$, малий параметр $\varepsilon \in (0, \varepsilon_0], \varphi_{\theta_j}(\tau) = \varphi(\theta_j \tau), \Lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_p), 0 < \lambda_1 < \dots < \lambda_p \leq 1, a_{\lambda_i}(\tau) = a(\lambda_i \tau), \Theta = (\theta_1, \dots, \theta_q), 0 < \theta_1 < \dots < \theta_q \leq 1$. Вектор-функції X, Y і ω достатньо гладкі за всіма аргументами при $\tau \in [0, L], a \in D, D$ – обмежена замкнена опукла область в $R^n, \varphi \in R^m, m \geq 1, 2\pi$ -періодичні за змінними φ_{θ_j} .

Для системи рівнянь (3), (4) задано умови

$$\sum_{v=1}^r \alpha_v a(t_v) = f\left(\int_0^L A(\tau) a(\tau) d\tau\right), \quad (5)$$

$$\sum_{v=1}^r \beta_v \varphi(t_v) = g\left(\int_0^L h(\tau, a_\Lambda(\tau), \varphi_\Theta(\tau)) d\tau\right), \quad (6)$$

Усереднена задача за швидкими змінними як система рівнянь, так і умови набувають вигляду

$$\frac{d\bar{a}}{d\tau} = X_0(\tau, \bar{a}_\Lambda), \quad (7)$$

$$\frac{d\bar{\varphi}}{d\tau} = \frac{\omega(\tau)}{\varepsilon} + Y_0(\tau, \bar{a}_\Lambda), \quad (8)$$

$$\sum_{v=1}^r \alpha_v \bar{a}(t_v) = f\left(\int_0^L A(\tau) \bar{a}(\tau) d\tau\right), \quad (9)$$

$$\sum_{v=1}^r \beta_v \bar{\varphi}(t_v) = g\left(\int_0^L h_0(\tau, a_\Lambda) d\tau\right). \quad (10)$$

Усереднена задача простіша, ніж точна, оскільки окремо розв'язується задача (7), (9). Якщо розв'язок $\bar{a} = \bar{a}(\tau; \bar{y})$, $\bar{y} = \bar{a}(0; \bar{y})$, $\tau \in [0, L]$, знайдено, то розв'язок $\bar{\varphi} = \bar{\varphi}(\tau; \bar{y}, \bar{\psi}, \varepsilon)$, $\bar{\psi} = \bar{\varphi}(0; \bar{y}, \bar{\psi}, \varepsilon)$ знаходимо шляхом інтегрування рівняння (8). Задача полягає у встановленні достатніх умов існування та єдиності розв'язку задачі (3)–(6) й отримання оцінки відхилення розв'язків точної й усередненої систем задач, залежної від параметра ε .

Нехай $V(\tau)$ – визначник Вронського порядку m_q , побудований за системою функцій $\{\omega(\theta_1 \tau), \dots, \omega(\theta_q \tau)\}$, $\bar{z} := \int_0^L A(\tau) \frac{\partial \bar{a}(\tau; \bar{y})}{\partial \bar{y}} d\tau$,

$$P(\bar{y}) := \sum_{v=1}^r \alpha_v \frac{\partial \bar{a}(t_v; \bar{y})}{\partial \bar{y}} - \frac{\partial f(\bar{z})}{\partial \bar{z}} \int_0^L A(\tau) \frac{\partial \bar{a}(\tau; \bar{y})}{\partial \bar{y}} d\tau.$$

Терема. Нехай виконуються умови:

- 1) $(X, Y) \in C_{\tau, a_\Lambda, \varphi_\Theta}^{2, 2, m_q+2}(G, \sigma_1)$, $G = [0, L] \times D^p \times R^{m_q}$;
- 2) $\omega \in C^{m_q-1}[0, L]$;

- 3) визначник Вронського $V(\tau)$ відмінний від нуля на $[0, L]$;
- 4) існує єдиний розв'язок усередненої задачі (7)–(9) і компонента $\bar{a}(\tau; \bar{y})$ належить області D із деяким ρ -околом;
- 5) матриця $P(\bar{y})$ не вироджена і $\sum_{v=1}^q \beta_v \neq 0$;
- 6) елементи матриці $A_{ij} \in C[0, L]$, $f, g \in C^2(G_1)$.

Тоді для досить малого $\varepsilon_0 > 0$ для кожного $\varepsilon \in (0, \varepsilon_0]$ існує єдиний неперервно диференційований розв'язок $(a(\tau, \bar{y} + \mu, \bar{\psi} + \xi, \varepsilon), \phi(\tau, \bar{y} + \mu, \bar{\psi} + \xi, \varepsilon))$ задачі (3)–(6) виконується оцінка $\|a(\tau; \bar{y} + \mu, \bar{\psi} + \zeta, \varepsilon) - \bar{a}(\tau; \bar{y})\| + \|\phi(\tau; \bar{y} + \mu, \bar{\psi} + \zeta, \varepsilon) - \bar{\phi}(\tau; \bar{y}, \bar{\psi}, \varepsilon)\| \leq c_1 \varepsilon^\alpha$

для всіх $(\tau, \varepsilon) \in [0, L] \times (0, \varepsilon_0]$, водночас

$$\|\mu(\varepsilon)\| \leq c_2 \varepsilon^\alpha, \quad \|\zeta(\varepsilon)\| \leq c_3 \varepsilon^\alpha,$$

де $\alpha = (mq)^{-1}$, додатні сталі c_1, c_2, c_3 не залежать від ε .

Умова 3 забезпечує вихід із малого околу резонансу, умова якого в точці $\tau \in [0, 1]$ визначена в [1] і набуває вигляду

$$\sum_{v=1}^q \theta_v(k_v, \varpi(\theta_v \tau)) = 0, \quad k_v \in Z^m, \quad \max \|k_v\| \neq 0.$$

Доведення теореми ґрунтується на оцінці відхилення розв'язків систем рівнянь (3), (4) і (7), (8) із початковими умовами, які збігаються в точці $\tau = 0$ [1]. На підставі принципу стискаючих відображень доведено існування і єдиність початкових умов $(\bar{y} + \mu(\varepsilon), \bar{\psi} + \xi(\varepsilon))$ для розв'язку системи рівнянь (3), (4), який задовольняє умови (5), (6).

Застосування одержаного результату розглянуто на контрольному прикладі Понтрягіна [10, с. 57] із параметрами керування u і v :

$$\ddot{x} + \alpha \dot{x} = \rho u + \varepsilon X(\tau, \varphi_\theta),$$

$$\begin{aligned}\ddot{y} + \beta \dot{x} &= \sigma v + \varepsilon Y(\tau, \varphi_{\Theta}), \\ \dot{\varphi} &= \omega(\tau) + \varepsilon Z(\tau, \varphi_{\Theta}).\end{aligned}\tag{11}$$

де $\varphi \in R^m, m \geq 1$, малий параметр $\varepsilon \in (0, \varepsilon_0]$, вектор-функції X, Y і Z 2π – періодичні за компонентами векторів швидких змінних $\varphi_{\Theta}, v = \overline{1, m}$.

Заміною змінних $z_1 = x - y, z_2 = \dot{x}, z_3 = \dot{y}$ система рівнянь зводиться до системи вигляду

$$\begin{aligned}\dot{z}_1 &= z_2 - z_3, \\ \dot{z}_2 &= \rho u - \alpha z_2 + \varepsilon X(\tau, \varphi_{\Theta}), \\ \dot{z}_3 &= \sigma v - \beta z_3 + \varepsilon Y(\tau, \varphi_{\Theta}), \\ \dot{\varphi} &= \omega(\tau) + \varepsilon Z(\tau, \varphi_{\Theta}).\end{aligned}$$

До одержаної системи застосовується метод усереднення. Процес переслідування завершений, якщо $x(T) = y(T), T > 0$.

Список використаних джерел

1. Бігун Я.Й. Усереднення в багаточастотних системах диференціально-функціональних рівнянь: дис. ... докт. фіз.-мат. наук: 01.01.02 – диференціальні рівняння. Київський нац. ун-т імені Тараса Шевченка. Київ, 2009. 298 с.
2. Бігун Я. Й., Краснокутська І. В., Петришин Р. І. Усереднення в багаточастотних системах із лінійно перетвореними аргументами і багаточастотними та інтегральними умовами. *Буковинський матем. журнал*. 2016. Т. 4, № 3–4. С. 30–35.
3. Ya. Bihun, R. Petryshyn, I. Skutar and H. Melnyk. Multifrequency system with multipoint and integral conditionsю Acta et Coomentationes, *Exact and Natural Sciences*. 2021. Nr. 2(12). P. 11–24.
4. Бігун Я. Й., Скутар І. Д. Усереднення в багаточастотних системах із запізненням та локально-інтегральними умовами. *Буковинський матем. журнал*. 2020. Т. 8, № 2. С. 14–23.
5. Гребеников Е.А., Рябов Ю.А. Новые качественные методы в небесной механике. Москва: Наука, 1971. 444 с.
6. Neishtadt A. I. Averaging, passage through resonances and capture into resonance in two-frequency system. *Russian Mathematical Surveys*. 2014. Vol. 69, Nr. 5. P. 771–843.

7. Henderson J., Luca R. Boundary Value Problems for Systems of Differential, Difference and Fractional Equation. Kluwer, Dordrecht–Boston–London, Netherlands, 2016. 307 p.
8. Samoilenko A., Petryshyn R. Multifrequency Oscillations of Nonlinear Systems. Dordrecht: Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2004. 317 p.
9. Хапаев М. Усреднение в теории устойчивости. Москва: Наука, 1986. 192 с.
10. Chikrij A.A. Conflict-Controlled Processes. Kluwer, Boston-London–Dordrecht: Springer Science and Business Media, 2013. 424 p.

МАТЕРІАЛИ

ІІІ МІЖНАРОДНІОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ

30 вересня 2022 року

«РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ НАУКИ ТА ОСВІТИ: РЕАЛІЇ, ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ, ІННОВАЦІЇ»

(м. Запоріжжя, 30 вересня 2022 р.)

Відповідальний за випуск: Н. А. Дьоміна
Дизайн і верстка: А. Ф. Дяденчук

Адреси для листування:
69600, Україна, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66
E-mail: alena.dyadenchuk@tsatu.edu.ua
Сайт конференції: <https://sites.google.com/tsatu.edu.ua/mvfconf/>

