

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2024 • 4



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

БАС РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:

РАМАЗАНОВ Тілекқабыл Сәбитұлы, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Ноганович, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Хамдард университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжін профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), Н = 26

МАЛЫМ Анна, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н=1

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), Н = 42

ҚАШИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

БОШҚАЕВ Қуанғай Авағзыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

QUEVEDO Nemandó, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), Н = 5

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 5

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93ZYU00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы құалық.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

http://reports-science.kz/index.php/en/archive

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

РАМАЗАНОВ Тлексабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендирович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

ЛОКШИН Вячеслав Нотанович, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

ФАРУК Асана Дар, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджиди, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (СПША), Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктур-рваных материалов (Рим, Италия), Н = 26

МАЛЫМ Анна, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарной медицины ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии» (Нур-Султан, Казахстан), Н = 1

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), Н = 42

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 7

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 10

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖУСУНОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), Н = 5

ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 5

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), Н = 10

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 12

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы). Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219; тел. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

EDITOR IN CHIEF:

BENBERIN Valery Vasilievich, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

EDITORIAL BOARD:

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

RAMANKULOV Erlan Mirkhaidarovich, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

SANG-SOO Kwak, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

BERSIMBAEV Rakhmetkazi Iskendirovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

ABIYEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), H = 14

LOKSHIN Vyacheslav Notanovich, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

SEMENOV Vladimir Grigorievich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), H = 26

MALM Anna, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), H = 42

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 7

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), H = 28

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 7

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), H = 5

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 5

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 352 (2024), 16–32

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.304>

MPHTI 29.19.13

УДК 534.16

© **G. Yensebaeva, I. Makhambayeva*, A. Seitmuratov, K. Kanibaikyzy,
Z. Suleimenova, 2024.**

Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan.

E-mail: indira_mah@mail.ru

PROBLEMS ON THE PROPAGATION OF HARMONIC WAVES UNDER RHEOLOGICAL VISCOUS PROPERTIES OF A MATERIAL

Yensebayeva Gulzat – Ph.D., Senior lecturer. Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan, E-mail: gulzat-y83@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8175-1644>;

Makhambayeva Indira – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan, E-mail: indira_mah@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5854-0718>;

Seitmuratov Angysyn – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan, E-mail: angisin_@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>;

Kanibaikyzy Kundyzy – Master of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer, Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan. E-mail: VIP_kundyzy@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3713-1608>;

Suleimenova Zhanat – Senior Lecturer, Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan, E-mail: zhanka2005@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5860-7655>

Abstract. When studying harmonic waves, the concept of phase velocity is introduced as the rate of change in the state of the medium, while the phase velocity is expressed through the frequencies of natural oscillations and therefore the study of the propagation of harmonic waves is directly related to the problems of determining the natural forms and frequencies of oscillations of plane elements limited in plan. The work examines a number of problems of vibration of flat rectangular elements under arbitrary boundary conditions at the edges of the element in order to determine the frequencies of natural vibrations and considers some problems on the propagation of harmonic waves for various material properties. The general solution refers to an equation of hyperbolic type, which describes the oscillatory and wave process in a flat element. Limiting ourselves to a finite number of first terms in the series of the general equation, we obtain approximate equations for the vibration of a particular plane element. Further, the work considers a number of problems of vibration of flat rectangular elements under arbitrary boundary conditions at the edges of the element in order to determine the natural frequencies of vibrations using the Bland and Filippov method. We presented

the flat method when the element is elastic. In the future, this method will be used for elements made of elastic material.

Keywords: vibrations of flat elements, displacement point, frequency stress, hyperbolic type equations, phase velocity, frequency equation. harmonic waves.

© Г. Еңсебаева, И. Махамбаева*, А. Сейтмұратов, Қ. Қанибайқызы,
Ж. Сүлейменова, 2024.

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан.
E-mail: indira_mah@mail.ru

МАТЕРИАЛДЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ НЕГІЗІНДЕ ГАРМОНИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУ ЕСЕБІ

Еңсебаева Гүлзат – PhD, аға оқытушы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан, E-mail: gulzat-y83@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8175-1644>;

Махамбаева Индира – ф.-м.ғ.к., аға оқытушы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан, E-mail: indira_mah@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5854-0718>;

Сейтмұратов Аңғысын – ф.-м.ғ.д., профессор, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан,
E-mail: angisin_@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>;

Қанибайқызы Құндызай – педагогика ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан, E-mail: VIP_kundyz@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3713-1608>;

Сүлейменова Жанат – аға оқытушы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан, E-mail: zhanka2005@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5860-7655>.

Аннотация. Гармоникалық толқындарды зерттеу кезінде фазалық жылдамдық ұғымы орта күйінің өзгеру жылдамдығы ретінде енгізіледі, ал фазалық жылдамдық ортаның тербеліс жиіліктері арқылы көрсетіледі, сондықтан гармоникалық толқындардың таралуын зерттеуге тікелей байланысты болады. Мақалада алдын ала шектелген жазық элементтердің тербелістерінің формалары мен жиіліктерін анықтау мәселелері қарастырылды. Орта тербелістердің жиіліктерін анықтау үшін элементтің шеттеріндегі ерікті шекаралық жағдайларда жазық тікбұрышты элементтердің тербелістерінің бірқатар мәселелері қарастырылған және әртүрлі материалдық қасиеттер үшін гармоникалық толқындардың таралуының кейбір мәселелері де зерттелді. Үш өлшемді есептің жалпы шешімдерінде жазық элементтің қарастырылатын жеке түрлеріне байланысты негізгі белгісіз функциялар таңдалады: жазық элементтің қозғалмайтын жазықтық нүктелеріндегі, атап айтқанда, ортаңғы жазықтықтағы орын ауыстырулар немесе деформациялар тұрақты қалыңдықтағы пластина. Жазық элементтің ерікті нүктесіндегі орын ауыстырулар мен кернеулер жазық элементтің беттеріндегі шекаралық шарттардан анықталатын негізгі белгісіз функциялар арқылы өрнектеледі. Жалпы шешім жазық элементтің тербелмелі және толқындық процесті сипаттайтын гиперболалық типті теңдеуге жатады. Жалпы теңдеу қатарындағы бірінші мүшелердің саны шектеліп, белгілі бір жазық элементтің

тербелісі үшін жуықталған теңдеулерді аламыз. Одан әрі зерттеу жұмысымызда Бланд және Филиппов әдісі бойынша тербелістердің торта жиіліктерін анықтау мақсатында элементтің шеттеріндегі еркін шекаралық жағдайларда жазық тікбұрышты элементтердің тербелістерінің бірқатар мәселелері қарастырылады. Бұл жуық әдіс жазық элементтердің табиғи тербелістерінің жиіліктерін табуға мүмкіндік береді. Жазық элементтің тұтқыр серпімді жағдайындағы есептер де осылай шығарылады. Біз элементтің материалы серпімді болған кездегі жазық элемент жағдайына арналған әдісті тұжырымдадық. Болашақта бұл әдіс тұтқыр серпімді материалдан жасалған элементтер үшін қолданылады.

Түйін сөздер: жазық элементтер тербелісі, орын ауыстыру нүктесі, жиілік кернеу, гиперболалық типті теңдеулер, фазалық жылдамдық, жиілік теңдеуі, гармоникалық толқындар.

© Г. Енсебаева, И. Махамбаева*, А. Сейтмуратов, К. Канибайқызы,
Ж. Сулейменова, 2024.

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан.
E-mail: indira_mah@mail.ru

ЗАДАЧИ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЛН ПРИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ВЯЗКИХ СВОЙСТВАХ МАТЕРИАЛА

Енсебаева Гульзат – PhD, старший преподаватель, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан, E-mail: gulzat-y83@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8175-1644>;

Махамбаева Индира – к.ф.-м.н., старший преподаватель, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан, E-mail: indira_mah@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5854-0718>;

Сейтмуратов Ангысын – д.ф.-м.н., профессор, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан, E-mail: angisin_@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>;

Канибайқызы Кундызай – магистр педагогических наук, старший преподаватель, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан, E-mail: vip_kundyz@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3713-1608>;

Сулейменова Жанат – старший преподаватель, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан, E-mail : zhanka2005@mail.ru, ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-5860-7655>.

Аннотация. При исследовании гармонических волн вводится понятие фазовой скорости как скорости изменения состояния среды, при этом фазовая скорость выражается через частоты собственных колебаний и поэтому исследование распространения гармонических волн имеет прямое отношение к проблемам определения **частот и форм собственных колебаний** плоских элементов. В работе рассматривается ряд задач колебания плоских прямоугольных элементов при произвольных граничных условиях по краям элемента с целью определения частот собственных колебаний и рассматриваются некоторые задачи о распространении гармонических волн при различных свойствах материала. В зависимости от рассматриваемых частных видов плоского элемента в общих

решениях трехмерной задачи выбираются основные неизвестные функции: перемещения или деформации в точках фиксированной плоскости плоского элемента, в частности, в срединной плоскости пластинки постоянной толщины. Перемещения и напряжения в произвольной точке плоского элемента выражаются через основные неизвестные функции, которые определяются из граничных условий на поверхностях плоского элемента. Общее решение относится к уравнению гиперболического типа, которое и описывает колебательный и волновой процесс в плоском элементе. Ограничиваясь в рядах общего уравнения конечным числом первых слагаемых, получаем приближенные уравнения колебания того или иного плоского элемента. Далее в работе рассматривается ряд задач колебания плоских прямоугольных элементов при произвольных граничных условиях по краям элемента с целью определения частот собственных колебаний методом Бленда и Филиппова. Этот метод приближенный позволяет находить частоты собственных колебаний плоских элементов. Изложили постановку метода на случай плоского элемента, когда материал элемента упругий. В дальнейшем метод будет применяться и для элементов из вязкоупругого материала.

Ключевые слова: колебания плоских элементов, точка перемещения, напряжения частоты, уравнения гиперболического типа, фазовая скорость, частотное уравнение, гармонические волны.

Введение

Плоские пластинки прямоугольной формы являются одними из основных элементов конструкций и сооружений.

При решении прикладных задач колебания прямоугольных плоских элементов возникает широкий класс задач колебаний, связанных с различными краевыми задачами: приближенными уравнениями колебания, различными граничными условиями на краях плоского элемента и начальными условиями. В теории колебания важным моментом является определение частот собственных колебаний, решение задач о вынужденных колебаниях плоского элемента и исследование распространения гармонических волн в них (Филиппов, 1983).

Большинство задач по определению частот собственных колебаний плоских элементов, шарнирно опертых по краям и на основе приближенных теорий, полученных на основе гипотез и предположений механического и геометрического характера, в частности, на основе приближенных уравнений типа уравнения Кирхгофа параболического типа, плохо описывающих волновой и колебательный характер поведения плоского элемента при нестационарных внешних воздействиях.

При исследовании гармонических волн в деформируемых телах вводится понятие фазовой скорости как скорости изменения состояния среды, при этом фазовая скорость выражается через частоты собственных колебаний и поэтому исследование распространения гармонических волн имеет прямое отношение к проблемам определения собственных форм и частот колебание ограниченных в плане плоских элементов.

В настоящей работе приводятся результаты по исследованию собственных и вынужденных колебаний плоских элементов с учётом слоистости материала элемента, реологических вязких свойств, влияния окружающей среды, деформируемого основания, анизотропии и т.д.

Влияние указанных факторов значительно затрудняет исследование задач о собственных и вынужденных колебаниях плоского элемента, о распространении в них гармонических волн.

Материалы и основные методы

В общей постановке считается, что плоский элемент слоистый, верхняя и нижняя поверхности которого ограничены функциями $z = F_1(x, y)$ и $z = -F_2(x, y)$ соответственно. В плоскости (x, y) плоский элемент неограничен. К верхней и нижней поверхностям в момент $t = 0$ прикладываются нестационарные внешние усилия

$$\sigma_{zz}^{\pm} = f_z^{\pm}(x, y, t); \sigma_{jz}^{\pm} = f_{jz}^{\pm}(x, y, t) \quad (z = F_1, F_2) \quad (j = x, y) \quad (1)$$

Теория колебания и методика расчета колебаний плоского элемента строится на основе рассмотрения плоского элемента в трехмерной постановке механики твердого деформированного тела, при тех же граничных и начальных условиях. Трехмерная задача решается с использованием методов интегральных преобразований Фурье и Лапласа. В преобразованиях строятся общие решения трехмерной динамической задачи. (Филиппов, 1989)

Рассмотрим ряд задач колебания плоских прямоугольных элементов при произвольных граничных условиях по краям элемента с целью определения частот собственных колебаний методом декомпозиции.

Изложим постановку метода на случай плоского элемента, когда материал элемента упругий. В дальнейшем метод будем применять и для элементов из вязкоупругого материала.

В случае плоского элемента из упругого материала приближённое уравнение поперечного колебания четвёртого порядка запишем в виде

$$\Delta^2 W_0 + D_0 \left(\frac{b}{h}\right)^2 \xi^2 \Delta W_0 + \xi^2 \left(\frac{b}{h}\right)^2 \left[D_1 \left(\frac{b}{h}\right)^2 \xi^2 - D_2 \right] W_0 = 0 \quad (4)$$

Для применения метода декомпозиции удобнее ввести новые независимые и зависимые переменные

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\pi}{l_1} x; & \beta &= \frac{\pi}{l_2} y; & W_0 &= \frac{l_1^4}{\pi^4} v; \\ \lambda &= \frac{l_1}{l_2}; & \lambda_1 &= \frac{l_1}{\pi h} \end{aligned} \quad (5)$$

В переменных (5) уравнение (4) принимает вид

$$\begin{aligned} &\left[\frac{\partial^4 v}{\partial \alpha^4} + 2\lambda^2 \frac{\partial^4 v}{\partial \alpha^2 \partial \beta^2} + \lambda^4 \frac{\partial^4 v}{\partial \beta^4} \right] + \lambda_1^2 D_0 \left(\frac{b}{h}\right)^2 \xi^2 \left[\frac{\partial^2 v}{\partial \alpha^2} + \lambda^2 \frac{\partial^2 v}{\partial \beta^2} \right] + \lambda_1^4 \left(\frac{b}{h}\right)^2 \xi^2 \times \\ &\times \left[D_1 \left(\frac{b}{h}\right)^2 \xi^2 - D_2 \right] v = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Метод декомпозиции в теории колебания в общей постановке сводится к следующему.

Формулируется постановка вспомогательных задач. (Seitmuratov, 2017).

а) Найти решение уравнения

$$\frac{\partial^4 v_1}{\partial \alpha^4} = f^{(1)}(\alpha, \beta) \quad (7)$$

при граничных условиях

$$L_1(\alpha, \beta) = 0; \quad L_2(\alpha, \beta) = 0; \quad (\alpha = 0; \pi) \quad (8)$$

б) Найти решение уравнения

$$\lambda^4 \frac{\partial^4 v_2}{\partial \beta^4} = f^{(2)}(\alpha, \beta) \quad (9)$$

при граничных условиях

$$L_3(\alpha, \beta) = 0; \quad L_4(\alpha, \beta) = 0; \quad (\beta = 0; \pi) \quad (10)$$

Граничные условия на краях пластинки зависят от условий её закрепления или на свободном крае от напряжений.

в) Оставшаяся часть уравнения (6)

$$\begin{aligned} &2\lambda \frac{\partial^4 v_3}{\partial \alpha^2 \partial \beta^2} + \lambda D_0 \left(\frac{b}{h}\right)^2 \xi^2 \left(\frac{\partial^2 v_3}{\partial \alpha^2} + \lambda^2 \frac{\partial^2 v_3}{\partial \beta^2} \right) + \lambda_1^4 D_0 \left(\frac{b}{h}\right)^2 \xi^2 \left[D_1 \left(\frac{b}{h}\right)^2 \xi^2 - D_2 \right] v_3 + \\ &+ f^{(1)}(\alpha, \beta) + f^{(2)}(\alpha, \beta) = 0, \end{aligned} \quad (11)$$

где $f^{(j)}(\alpha, \beta)$ произвольные функции, вид которых зависит от решаемых краевых задач.

Следуя методу декомпозиции, будем считать, что

$$v_3 = \frac{1}{2}[v_1 + v_2] \quad (12)$$

и условие должно выполняться в заданных точках плоского элемента.

Общие решения уравнений вспомогательных задач (7) и (9) имеют вид

$$v_1 = f_1(\alpha, \beta) + \frac{\alpha^3}{6}\varphi_1(\beta) + \frac{\alpha^2}{2}\varphi_2(\beta) + \alpha\varphi_3(\beta) + \varphi_4(\beta); \quad (13)$$

$$v_1 = f_1(\alpha, \beta) + \frac{\beta^3}{6}\psi_1(\alpha) + \frac{\beta^2}{2}\psi_2(\alpha) + \beta\psi_3(\alpha) + \psi_4(\alpha);$$

где φ_j, ψ_j произвольные функции аргументов и определяются из граничных условий (8) и (10).

В дальнейшем произвольные функции в общем виде представим как

$$f^{(j)}(\alpha, \beta) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} a_{n,m}^{(j)} \sin(\alpha n) \sin(\beta m), \quad (14)$$

где $a_{n,m}^{(j)}$ произвольные постоянные, а функции $f_j(\alpha, \beta)$ в общих решениях (13) равны

$$f_1(\alpha, \beta) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(j)}}{n^4} \sin(\alpha n) \sin(\beta m);$$

$$f_2(\alpha, \beta) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(2)}}{m^4} \sin(\alpha n) \sin(\beta m). \quad (15)$$

Используя частные решения задач при заданных граничных условиях и используя приближённые представления (12), для нахождения неизвестных $a_{n,m}^{(j)}$ получаем однородную линейную систему алгебраических уравнений, нетривиальное решение которых приводит к частотному уравнению. (Ashirbayev, 2018; Seitmuratov, 2017).

Результаты

Проиллюстрируем метод декомпозиции на ряде частных краевых задач колебания плоского элемента.

Анализ решения некоторых задач

Рассмотрим простейшую задачу, когда все края шарнирно опёрты.

Граничные условия имеют вид

$$\begin{aligned} v_1 = \frac{\partial^2 v_1}{\partial \alpha^2} = 0 \quad (\alpha = 0; \pi); \\ v_2 = \frac{\partial^2 v_2}{\partial \beta^2} = 0 \quad (\beta = 0; \pi), \end{aligned} \quad (16)$$

удовлетворяя которым общие решения (12), получим

$$v_1 = f_1(\alpha, \beta); \quad \lambda^4 v_2 = f_2(\alpha, \beta) \quad (17)$$

или частные решения равны

$$\varphi_j(\beta) = \psi_j(\alpha = 0) \quad j = (1, \dots, 4)$$

Удовлетворения решения (17) условиям (12) и уравнению (11), для частоты ξ получаем уравнение

$$B_0 \xi^4 + \frac{2B_0}{\tau_0} \xi^3 + \left(1 + \frac{B_0}{\tau_0^2} + B_1 \gamma\right) \xi^2 + \frac{1}{\tau_0} (1 + B_1 \gamma) \xi + B_2 \gamma^2 = 0 \quad (18)$$

Таким образом, приближённый метод декомпозиции даёт тот же результат, что и точный прямой метод (Таймуратова, 2023; Seitmuratov, 2017). Следовательно, метод декомпозиции можно с достаточной степенью достоверности применять при решении и других краевых задач. (Pshenichnov, 1985; Aladag, 2012),

Жёстко закреплённая пластинка по краям. Граничные условия имеют вид

$$\begin{aligned} v_1 = \frac{\partial v_1}{\partial \alpha} = 0 \quad (\alpha = 0; \pi); \\ v_1 = \frac{\partial v_2}{\partial \beta} = 0 \quad (\beta = 0; \pi); \end{aligned} \quad (19)$$

Используя общие решения (13) и граничные (19), для искомым величин V_1, V_2 получаем выражения

$$\begin{aligned} v_1 = f_1(\alpha, \beta) - \frac{\alpha^3}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(1)}}{n^3} [1 + (-1)^n] \sin(\beta m) + \\ + \frac{\alpha^2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(1)}}{n^3} [2 + (-1)^n] \sin(\beta, m) - \alpha \frac{\alpha^3}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(1)}}{n^3} \sin(\beta m); \\ v_2 = f_2(\alpha, \beta) - \frac{\beta^3}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(1)}}{m^3} [1 + (-1)^m] \sin(\alpha m) + \\ + \frac{\beta^2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(1)}}{m^3} [2 + (-1)^m] \sin(\alpha m) - \beta \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(1)}}{m^3} \sin(\alpha n). \end{aligned} \quad (20)$$

Ограничимся первыми коэффициентами в рядах произвольных функций (14) и условием $v_1 = v_2$; $(\alpha, \beta) = \frac{\pi}{2}$, получаем систему алгебраических уравнений

$$\begin{aligned} & \left[a_{1,1}^{(1)} + \lambda^{-4} a_{1,1}^{(2)} \right] \left\{ \lambda^2 \left(1 - \frac{2}{\pi} \right) + \frac{(2-\gamma)}{2} \lambda_1^2 \xi^2 \left[\frac{2}{\pi} - 1 + \lambda^2 \left(\frac{\pi}{4} - 1 \right) \right] \right\} + \\ & + \frac{1}{2} \lambda_1^4 \xi^2 \left[\frac{(7-8\nu)}{8} \xi^2 - \frac{3(1-\nu)}{2} \right] \left\{ \left(1 + \frac{\pi}{4} \right) + \frac{1}{2} \right\} = 0; \\ & a_{1,1}^{(1)} = \lambda^{-4} a_{1,1}^{(2)} \end{aligned} \quad (21)$$

Нетривиальное решение системы (21) к частотному уравнению

$$\begin{aligned} & \lambda_1^4 \frac{(7-8\nu)}{8} \xi^4 - \frac{\lambda_1^2}{2} \left[3 - (1-\nu)\lambda_1^2 + (2-\nu) \left(2 - \frac{1}{\pi} \right) (1 + \lambda^6) \right] \xi^2 + \\ & + \left[2\lambda^2 \left(1 - \frac{1}{\pi} \right) + (1 + \lambda^4) \right] = 0 \end{aligned} \quad (22)$$

Края пластинки $\beta = 0$; $\beta = \pi$ жёстко закреплены, а края $\alpha = 0$; $\alpha = \pi$ свободны от напряжений, т.е. имеем граничные условия

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 v_1}{\partial \alpha^2} + Q_0 v_1 = 0; \quad \frac{\partial^3 v_1}{\partial \alpha^3} = 0, \quad (\alpha = 0; \pi) \\ & Q_0 = \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \left[2\lambda^2 \frac{\partial^2}{\partial \beta^2} + \lambda_1^2 \xi^2 \right]; \\ & v_2 = \frac{\partial v^2}{\partial \beta} = 0 \quad (\beta = 0; \pi) \end{aligned} \quad (23)$$

Решение задачи для определения V_2 имеет вид (20).

Для нахождения неизвестной функции V_1 из граничных условий

$$\frac{\partial^3 v_1}{\partial \alpha^3} = 0 \quad \text{при} \quad \alpha = 0; \pi$$

Получаем

$$\varphi_1 = - \frac{\partial^3 f_1}{\partial a^3} \Big|_{a=0}; \quad \varphi_1 = - \frac{\partial^3 f_1}{\partial a^3} \Big|_{a=\pi}; \quad (24)$$

которые выполнимы при $n = 2q$, т.е. нечётные значения неизвестных $a_{n,m}^{(1)}$ необходимо положить равными нулю.

Условия (23) при $\alpha = 0; \pi$ приводят к системе

$$\begin{aligned} & [\pi\varphi_1 + \varphi_2] + \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu}\right) \left[\left(\frac{\pi^3}{6} \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial \beta^2} + \frac{\pi^2}{2} \frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial \beta^2} + \pi \frac{\partial^2 \varphi_3}{\partial \beta^2} + \frac{\partial^2 \varphi_4}{\partial \beta^2} \right) + \right. \\ & \left. + \lambda_1^2 \xi^2 \left(\frac{\pi^3}{6} \varphi_1 + \frac{\pi^2}{2} \varphi_2 \pi \varphi_3 + \varphi_4 \right) \right] = 0 \\ & \varphi_2 = - \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \left(\frac{\partial^2 \varphi_4}{\partial \beta^2} + \lambda_1^2 \xi^2 \varphi_4 \right) \end{aligned} \quad (25)$$

Два уравнения (25) связывают три неизвестные функции. Так как ищем частные решения задач, то не ограничивая общности, неизвестную функцию φ_3 можно положить равной

Из системы (25) получаем уравнение для φ_3 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial^4 \varphi_4}{\partial \beta^4} + 2\lambda_1^2 \xi^2 \frac{\partial^2 \varphi_4}{\partial \beta^2} + \lambda_1^4 \xi^4 \varphi_4 = - \frac{2}{\pi} \left(\frac{7-4\nu}{3-2\nu} \right)^2 \left\{ \pi \left[1 + \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \frac{\pi^2}{6} \lambda_1^2 \xi^2 \right] \frac{\partial^3 f_1}{\partial \alpha^2} \Big|_{\alpha=0} + \right. \\ \left. + \frac{\pi^3}{6} \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \frac{\partial^5 f_1}{\partial \alpha^3 \partial \beta^2} \Big|_{\alpha=\pi} \right\}, \end{aligned} \quad (26)$$

частное решение которого равно

$$\varphi_4 = \sum_{q=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} a_{2q,m}^{(1)} A_{q,m}^{(1)} \sin(\beta m), \quad (27)$$

где

$$A_{q,m}^{(1)} = \frac{(m^2 - 1)}{2q} (m^4 - 2m^2 \lambda_1^2 \xi^4)^{-1} \quad (28)$$

Ограничиваясь первыми слагаемыми $a_{2,1}^{(1)}$; $a_{1,1}^{(2)}$, как и в предыдущей задаче получаем частотное уравнение

$$\begin{aligned} \frac{\pi^2}{192} \lambda_1^4 (7-8\nu) \xi^4 - \left\{ \left(\frac{2-\nu}{2} \right) \lambda_1^2 \left[\left(\frac{\pi^2}{24} - 1 \right) + \frac{\lambda^2 \pi^2 \left(2 - \frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right)}{24 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right)} \right] - \frac{3(1-\nu)}{48} \lambda_1^4 \pi^2 \right\} \xi^2 + \\ + \left\{ \lambda^2 \left[\frac{\pi^2 \left(1 - \frac{2}{\pi} \right)}{24 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right)} - 1 \right] + \left[1 - \lambda^4 \frac{\pi^3}{48 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right)} \right] \right\} = 0 \end{aligned} \quad (29)$$

Края пластинки ($\beta = 0; \pi$); $\alpha = 0$ жёстко защемлены, а край $\alpha = \pi$ свободен от напряжений.

В этой задаче искомая функция V_2 определена в предыдущих задачах, а V_1 равна

$$v_1 = f_1(\alpha, \beta) + \frac{a^3}{6} \varphi_1(\beta) + \frac{a^2}{2} \varphi_2(\beta) + a \varphi_3 \beta;$$

$$\varphi_4 = 0; \quad \varphi_1 = -\frac{\partial^3 f_1}{\partial a^3} \Big|_{a=\pi}; \quad \varphi_3 = -\frac{\partial f_1}{\partial a} \Big|_{a=0}; \quad (30)$$

где

$$\frac{\pi^2}{2} \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial \beta^2} + \left[1 + \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \frac{\pi^2}{2} \lambda_1^2 \xi^2 \right] \varphi_2 =$$

$$= \left[\pi \frac{\partial^3 f_1}{\partial a^3} \Big|_{a=\pi} + \frac{\pi^3}{6} \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \frac{\partial^5 f_1}{\partial a^3 \partial \beta^2} \Big|_{a=\pi} + \right. \quad (31)$$

$$\left. + \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \pi \frac{\partial^3 f_1}{\partial a^3} \Big|_{a=\pi} + \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \pi \lambda_1^2 \xi^2 \frac{\partial f_1}{\partial \alpha} \Big|_{a=0} \right]$$

Как и в предыдущих задачах получаем частотное уравнение

$$\lambda^2 \left[\left(1 + \frac{\pi}{2} - B_1 + C_1 \left(1 - \frac{2}{\pi} \right) \right) + \frac{(2-\nu)}{2} \lambda_1^2 \xi^2 \left\{ \left[\left(B_1 - \frac{\pi}{2} - 1 \right) - \right. \right. \right.$$

$$\left. \left. - C_1 \left(1 + \frac{\pi}{2} \right) \right] + \lambda^2 \left[- \left(1 - \frac{\pi}{2} - \frac{\pi^3}{48} + \frac{\pi^2}{8} B_1 \right) + C_1 \left(\frac{2}{\pi} - 1 \right) \right] \right\} +$$

$$+ \lambda_1^4 \xi^2 \left[\left(\frac{7-8\nu}{8} \right) \xi^2 - \frac{3}{2} (1-\nu) \right] \left[\left(1 - \frac{\pi^3}{48} - \frac{\pi}{2} + \frac{\pi^2}{48} B_1 \right) + \right. \quad (32)$$

$$\left. + C_1 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) \right] + (1 + C_1 \lambda^4) = 0;$$

где B_1, C_1 равны

$$B_1 = \left[\frac{\pi}{4} - \frac{\pi^3}{6} \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) - \pi \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) + \pi \lambda_1^2 \xi^2 \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \right] \times$$

$$\times \left[1 + \frac{\pi^2}{2} \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \lambda_1^2 \xi^2 - \frac{\pi^2}{2} \left(\frac{3-2\nu}{7-4\nu} \right) \right]^{-1};$$

$$C_1 = \left(1 - \frac{\pi}{2} - \frac{\pi^3}{48} + \frac{\pi^2}{8} B_1 \right) \left(1 - \frac{\pi}{4} \right)^{-1} \quad (33)$$

Частотное уравнение (32) определяет три частоты в отличие от предыдущих, что связано, по-видимому, с тем, что край $\alpha = \pi$ свободен то напряжений и

происходит отражение волн от края $\alpha = 0$, жёстко закреплённого (Uberal,1973; Гринченко,1981).

Рассмотрим задачу о собственных колебаниях прямоугольной пластинки из упругого материала на основе приближённого уравнения шестого порядка. Ограничимся частной краевой задачей, когда все четыре края пластинки жёстко закреплены. Задача сводится к решению уравнения

$$P_0(W) + \frac{h^2}{120} [P^3(N^{-2} + 10N^{-1} + 5M^{-2}) \frac{\partial^6 W}{\partial t^6} - 4p^2(3N^{-1} + 9M^{-1} - 4MN^{-2}) \times \Delta \frac{\partial^4 W}{\partial t^4} + 16p(4 + 3MN^{-1} - M^2 N^{-2}) \Delta^2 \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} - 32M(1 - MN^{-1}) \Delta^3 W] = \Phi(\varphi_z, f_{tz}) \quad (34)$$

при правой части, равной нулю, при этом, вязкоупругие операторы заменяем упругими постоянными.

Решение задачи, как и ранее, ищем в виде

$$W(x, y, t) = \exp\left(i \frac{b}{h} \xi t\right) W_0(x, y) \quad (35)$$

и для определения величины W_0 получаем уравнение

$$\Delta^3 W_0 + D_0 \Delta^2 W_0 + D_1 \Delta W_0 + D_2 W_0 = 0 \quad (36)$$

где коэффициенты D_0, D_1, D_2 равны

$$D_0 = \frac{24\nu^2 - 46\nu + 21}{4h^2(1-\nu)} \xi^2 - \frac{5}{h^2}; \quad (37)$$

$$D_1 = \frac{(14\nu^2 - 37\nu + 19)}{8h^4(1-\nu)} \xi^4 - \frac{5(2-\nu)}{h^4} \xi^2;$$

$$D_2 = \frac{(64\nu^2 - 104\nu + 41)}{64h^6(1-\nu)} \xi^6 - \frac{5(7-8\nu)}{8h^6} \xi^4 + \frac{15(1-\nu)}{2h^6} \xi^2;$$

ν - коэффициент Пуассона, определяемый по формуле

$$\frac{\mu}{\lambda + 2\mu} = \frac{b^2}{a^2} = \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \quad (38)$$

Граничные условия задачи при жёстком закреплении имеют вид

$$\begin{aligned} \nu = \frac{\partial v}{\partial r} = \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} = 0; (\eta = x, y; x = 0) \\ \left[\frac{\partial^6 v}{\partial a^6} + 3\lambda^2 \frac{\partial^6 v}{\partial a^4 \partial \beta^2} + 3\lambda^4 \frac{\partial^6 v}{\partial a^2 \partial \beta^4} + \lambda^6 \frac{\partial^6 v}{\partial \beta^6} \right] + Q_0 \lambda_1^2 \left[\frac{\partial^4 v}{\partial a^4} + 2\lambda^2 \frac{\partial^4 v}{\partial a^2 \partial \beta^2} + \lambda^4 \frac{\partial^4 v}{\partial \beta^4} \right] + \\ + Q_1 \lambda_1^4 \left[\frac{\partial^2 v}{\partial a^2} + \lambda^2 \frac{\partial^2 v}{\partial \beta^2} \right] + Q_2 \lambda_1^6 v = 0 \end{aligned} \quad (39)$$

где коэффициенты Q_0, Q_1, Q_2 равны

$$\begin{aligned} Q_0 &= D_0 h^2; \\ Q_1 &= D_1 h^4; \\ Q_2 &= D_2 h^6. \end{aligned} \quad (40)$$

Следуя методу декомпозиции, сформулируем вспомогательные задачи (Oliver, 1959), (Комиссарова, 1990).

определить V_1 , удовлетворяющую уравнению и граничным условиям

$$\begin{aligned} \frac{\partial^6 v_1}{\partial a^6} &= f^{(1)}(a, \beta); & v_1 &= \frac{\partial v_1}{\partial a} = \frac{\partial^2 v_1}{\partial a^2} = 0 \\ (a &= 0; \pi); \end{aligned} \quad (41)$$

определить V_2 , удовлетворяющую условиям

$$\begin{aligned} \lambda^6 \frac{\partial^6 v_2}{\partial \beta^6} + f^{(2)}(a, \beta); & & v_2 &= \frac{\partial v_2}{\partial \beta} = \frac{\partial^2 v_2}{\partial \beta^2} = 0 \\ (\beta &= 0; \pi) \end{aligned} \quad (42)$$

Оставшуюся часть уравнения (39) запишем относительно неизвестной V_3 , удовлетворяющей условиям (11):

$$\begin{aligned} 3\lambda^2 \left[\frac{\partial^6 v_3}{\partial a^4 \partial \beta^2} + \lambda^2 \frac{\partial^6 v_3}{\partial a^2 \partial \beta^4} \right] + Q_0 \lambda_1^2 \left[\frac{\partial^4 v_3}{\partial a^4} + 2\lambda^2 \frac{\partial^4 v_3}{\partial a^2 \partial \beta^2} + \lambda^2 \frac{\partial^4 v_3}{\partial \beta^4} \right] + \\ + Q_1 \lambda_1^4 \left[\frac{\partial^2 v_3}{\partial a^2} + \lambda^2 \frac{\partial^2 v_3}{\partial \beta^2} \right] + Q_2 \lambda_1^6 v_3 + f^{(1)}(a, \beta) + f^{(2)}(a, \beta) = 0; \end{aligned} \quad (43)$$

$$f^{(j)}(a, \beta) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} a_{n,m}^{(j)} \sin(na) \sin(m\beta).$$

Общие решения уравнений вспомогательных задач (41) и (42) имеют вид

$$v_1 = f_1(a, \beta) + \frac{a^5}{5!} \varphi_1(\beta) + \frac{a^3}{3!} \varphi_2(\beta) + \frac{a^2}{2!} \varphi_3(\beta) + a \varphi_4(\beta) + \varphi_5(\beta); \quad (44)$$

$$\lambda^6 v_2 = f_2(a, \beta) + \frac{\beta^5}{5!} \psi_1(\beta) + \frac{\beta^4}{4!} \psi_2(\beta) + \frac{\beta^3}{3!} \psi_3(\beta) + \frac{\beta^2}{2!} \psi_4(\beta) + \beta \psi_5(\beta) + \psi_6(\beta);$$

где функции $f_j(a, \beta)$ имеют вид

$$\begin{aligned} f_1(a, \beta) &= - \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(1)}}{n^6} \sin(na) \sin(m\beta); \\ f_2(a, \beta) &= - \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(2)}}{m^6} \sin(na) \sin(m\beta); \end{aligned} \quad (45)$$

Исходя из граничных условий для определения $\psi_j(\beta), \psi_j(a)$ и выражений (45), находим

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \frac{360}{\pi^4} \left[\frac{\partial f_1}{\partial a} \Big|_{a=0} + \frac{\partial f_1}{\partial a} \Big|_{a=\pi} \right]; \\ \varphi_2 &= \frac{24}{\pi^3} \left[8 \frac{\partial f_1}{\partial a} \Big|_{a=0} + 7 \frac{\partial f_1}{\partial a} \Big|_{a=\pi} \right]; \\ \varphi_3 &= \frac{12}{\pi^2} \left[\frac{\partial f_1}{\partial a} \Big|_{a=0} + 2 \frac{\partial f_1}{\partial a} \Big|_{a=\pi} \right];\end{aligned}\tag{46}$$

$$\varphi_4 = 0; \quad \varphi_5 = \frac{\partial f_1}{\partial a} \Big|_{a=0}; \quad \varphi_6 = 0$$

и

$$\begin{aligned}\psi_1 &= \frac{360}{\pi^4} \left[\frac{\partial f_1}{\partial \beta} \Big|_{\beta=0} + \frac{\partial \beta_1}{\partial \beta} \Big|_{\beta=\pi} \right]; \\ \psi_2 &= -\frac{24}{\pi^3} \left[8 \frac{\partial \beta_1}{\partial \beta} \Big|_{\beta=0} + 7 \frac{\partial \beta_1}{\partial \beta} \Big|_{\beta=\pi} \right]; \\ \psi_3 &= \frac{12}{\pi^2} \left[3 \frac{\partial \beta_1}{\partial \beta} \Big|_{\beta=0} + 2 \frac{\partial \beta_1}{\partial \beta} \Big|_{\beta=\pi} \right]; \\ \psi_4 &= 0; \psi_5 = -\frac{\partial \beta_1}{\partial \beta} \Big|_{\beta=0}; \psi_6 = 0\end{aligned}\tag{47}$$

при этом

$$\begin{aligned}\frac{\partial \beta_1}{\partial a} \Big|_{a=0} &= -\sum_{b=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(1)}}{n^5} \sin(\beta m); \\ \frac{\partial f_1}{\partial a} \Big|_{a=\pi} &= -\sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^n \frac{a_{n,m}^{(1)}}{n^5} \sin(\beta m); \\ \frac{\partial f_1}{\partial \beta} \Big|_{\beta=0} &= -\sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{a_{n,m}^{(2)}}{m^5} \sin(an); \\ \frac{\partial f_1}{\partial a} \Big|_{a=0} &= -\sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^m \frac{a_{n,m}^{(2)}}{m^5} \sin(an);\end{aligned}\tag{48}$$

Если в рядах (45) ограничиться только первыми слагаемыми, (Owen, 1964) то из условия $V_1 = V_2$ при $(a, \beta) = -\frac{\pi}{2}$ получаем $a_{1,1}^{(1)} = \lambda^{-6} a_{1,1}^{(2)}$.

Используя условия и (42) и уравнение (43) относительно v_3 и полагая

$$v_3 = \frac{1}{2}[v_1 + v_2]$$

получаем характеристическое уравнение $\left(a, \beta = \frac{\pi}{2}\right)$

$$2\lambda_1^6 \left(1 - \frac{5\pi}{16}\right) Q_2 - \lambda_1^4 (1 + \lambda^2) \left(2 - \frac{3}{\pi} - \frac{5\pi}{16}\right) Q_1 + \lambda_1^2 \left[(1 + \lambda^4) \left(2 - \frac{24}{\pi^3} - \frac{5\pi}{16}\right) + 4\lambda^2 \left(1 - \frac{3}{\pi}\right) \right] Q_0 - \left[2(1 + \lambda^6) + 3\lambda^2 (1 + \lambda^2) \left(2 - \frac{3}{\pi} - \frac{24}{\pi^3}\right) \right] = 0 \quad (49)$$

относительно частоты ξ шестого порядка, приближённо описывающее три первые частоты собственных колебаний.

Другие краевые задачи решаются аналогично.

Заключение

Если все четыре края произвольно закреплены, то получить точные частотные уравнения не представляются возможным.

Для таких задач можно успешно применять приближённый метод получения частотных уравнений на основе метода декомпозиции, развитого в работах профессора Г.И. Пшеничного для задач статики.

Решенная задач колебания плоских прямоугольных элементов при произвольных граничных условиях по краям элемента с целью определения частот собственных колебаний методом Бленда и Филиппова позволяет находить частоты собственных колебаний плоских элементов. Задачи для вязкоупругого материала плоского элемента решаются аналогично. Изложили постановку метода на случай плоского элемента, когда материал элемента упругий. В дальнейшем метод будем применяться и для элементов из вязкоупругого материала.

Таким образом, приближённый метод декомпозиции позволяет находить частоты собственных колебаний плоских элементов. Общее решение относится к уравнению гиперболического типа, которое и описывает колебательный и волновой процесс в плоском элементе. Ограничиваясь в рядах общего уравнения конечным числом первых слагаемых, получаем приближенные уравнения колебания того или иного плоского элемента. Задачи для вязкоупругого материала плоского элемента решаются аналогично.

Литература

- Филиппов И.Г. (1983) К нелинейной теории вязкоупругих изотропных сред //Прикладная механика. – 1983. - Т.19. - № 3. – С. 3-8.
- Филиппов И.Г., Филиппов С.И. (1989) Уравнения колебания кусочно-однородной пластинки переменной толщины //МТТ. – 1989. - № 5. - С.149-157.
- Филиппов И.Г., Филиппов С.И., Костин В.И. (1995) Динамика двумерных композитов //Труды Международной конференции по механике и материалам. – 1995. - С.75-79.
- Seitmuratov A., Medeubaev N., Yeshmurat G., Kudebayeva G. (2018) Approximate solution of the an

elastic layer vibration task being exposed of moving load //News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Physico-mathematical series. – 2018. – Volume 2, No. 318. - 54-60 p.

Seitmuratov A.Zh., Nurlanova B.M., Medeubaev N.K. (2017) Equations of vibration of a two-dimensionally layered plate strictly based on the decision of various boundary-value problems //Bulletin of the Karaganda university. Mathematics series. - 2017. No. 3(87). - 109-116 p.

Ashirbayev N., Ashirbayeva Zh., Sultanbek T., Shomanbayeva M. (2018) Waves of elastic stresses in the doubly-connected domain //Bulletin of the Karaganda university. Mathematics series. – 2018. No. 2(90). - 18-25 p.

Seytmuratov A.Z., Zharylgapova D.M., Medeubaev N.K., Ibraeva A.A. (2017) Applied tasks of plates fluctuation under more difficult boundary conditions //News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2017. – No. 3(423). - 228-236 p.

Таймуратова Л.У., Жунісов Д.Ж. (2023) Физикадағы виртуальды эксперименттер //Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті хабаршысы. Математика, физика және информатиканы оқытудың өзекті мәселелері. – 2023. - Т.1, № 1. – Б. 60-67. <https://doi.org/10.52081/mpimet.2023.v01.i1.007>

Seitmuratov A., Ramazanov M., Medeubaev N., Kaliev B. (2017) Mathematical theory of vibration of elastic or viscoelastic plates, under non-stationary external influences //News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. - 2017. - No. 4(320). - 5-14 p.

Aladag B., Halefadi S., Doner N., Maré T., Duret S. & Estellé P. (2012) Experimental investigations of the viscosity of nanofluids at low temperatures //Applied energy. - 2012. - 97. – P. 876–880. DOI: 10.1016/j.apener-gy.2011.12.101

Pshenichnov G.I. Decomposition method for solving the equation and boundary value problems //M. DAN USSR. – 1985. - v.182, № 4. - P.792-794.

ÜBERALL H. (1973) Surface Waves in Acoustics //Physical Acoustics. -1973. Volume 10. - P. 1–60.

Гринченко В.Т. (1981) Гармонические колебания и волны в упругих телах. – К.: Наук.думка. - 1981. – 284 с.

Комиссарова Г.Л. (1990) К решению задачи о распространении волн в цилиндре с жидкостью //Прикладная механика. – 1990. – 26. № 8. – С. 25–29.

Oliver J. (1962) A summary of observed seismic surface wave dispersion //Bulletin of the Seismological Society of America. – 1962. No. 52 (1) - 81–86 p. <https://doi.org/10.1785/BSSA0520010081>

Owen T.E. (1964) Surface wave phenomena in ultrasonics //Progr. Appl. Matter. Resch. – 1964. – 6. – P. 69–87.

References

Filippov I.G. (1983) К нелинейной теории вязкоупругих изотропных сред //Прикладная механика. – 1983. - Т.19. - № 3. – С. 3-8. (in Rus.)

Filippov I.G., Filippov S.I. (1989) Uravnenija kolebanija kusochno-odnorodnoj plastinki peremennoj tolshhiny //MTT. – 1989. - № 5. - S.149-157. (in Rus.)

Filippov I.G., Filippov S.I., Kostin V.I. (1995) Dinamika dvumernyh kompozitov //Trudy Mezhdunarodnoj konferencii po mehaniki i materialam. – 1995. - S.75-79. (in Rus.)

Seitmuratov A., Medeubaev N., Yeshmurat G., Kudabayeva G. (2018) Approximate solution of the an elastic layer vibration task being exposed of moving load //News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Physico-mathematical series. – 2018. – Volume 2, No. 318. - 54-60 p. (in Eng.)

Seitmuratov A.Zh., Nurlanova B.M., Medeubaev N.K. (2017) Equations of vibration of a two-dimensionally layered plate strictly based on the decision of various boundary-value problems //Bulletin of the Karaganda university. Mathematics series. - 2017. No. 3(87). - 109-116 p. (in Eng.)

Ashirbayev N., Ashirbayeva Zh., Sultanbek T., Shomanbayeva M. (2018) Waves of elastic stresses in the doubly-connected domain //Bulletin of the Karaganda university. Mathematics series. – 2018. No. 2(90). - 18-25 p. (in Eng.)

Seytmuratov A.Z., Zharylgapova D.M., Medeubaev N.K., Ibraeva A.A. (2017) Applied tasks of plates fluctuation under more difficult boundary conditions //News of the National Academy of Sciences of the

Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2017. – No. 3(423). - 228-236 p. (in Eng.)

Tajmuratova L.U., Zhunisov D.Zh. (2023) Fizikadary virtual'dy jeksperimentter //Korkyt Ata atyndary Kyzylorda universiteti habarshysy. Matematika, fizika zhane informatikany okytudyń ozekti maseleleri. – 2023. - T.1, № 1. – B. 60-67. <https://doi.org/10.52081/mpimet.2023.v01.i1.007> (in Kaz.)

Seitmuratov A., Ramazanov M., Medeubaev N., Kaliev B. (2017) Mathematical theory of vibration of elastic or viscoelastic plates, under non-stationary external influences //News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. - 2017. - No. 4(320). - 5-14 p. (in Eng.)

Aladag B., Halefadi S., Doner N., Maré T., Duret S. & Estellé P. (2012) Experimental investigations of the viscosity of nanofluids at low temperatures //Applied energy. - 2012. - 97. – P. 876–880. DOI: 10.1016/j.apener-gy.2011.12.101 (in Eng.)

Pshenichnov G.I. Decomposition method for solving the equation and boundary value problems //M. DAN USSR. – 1985. - v.182, № 4. - P.792-794. (in Eng.)

ÜBERALL H. (1973) Surface Waves in Acoustics //Physical Acoustics. -1973. Volume 10. - P. 1–60. (in Eng.)

Grinchenko V.T. (1981) Garmonicheskie kolebanija i volny v uprugih telah. – K.: Nauk.dumka. - 1981. – 284 s. (in Rus.)

Komissarova G.L. (1990) K resheniju zadachi o rasprostranenii voln v cilindre s zhidkost'ju // Prikladnaja mehanika. – 1990. – 26. № 8. – S. 25–29. (in Rus.)

Oliver J. (1962) A summary of observed seismic surface wave dispersion //Bulletin of the Seismological Society of America. – 1962. No. 52 (1) - 81–86 p. <https://doi.org/10.1785/BSSA0520010081> (in Eng.)

Owen T.E. (1964) Surface wave phenomena in ultrasonics //Progr. Appl. Matter. Resch. – 1964. – 6. – P. 69–87. (in Eng.)

CONTENTS

PHYSICS

- A. Bekeshev, A. Mostovoy, M. Akhmetova, L. Tastanova**
RESEARCH ON THE PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITE MATERIALS
INCORPORATING MODIFIED MINERAL FILLERS.....5
- G. Yensebaeva, I. Makhambayeva, A. Seitmuratov, K. Kanibaikyzy,
Z. Suleimenova**
PROBLEMS ON THE PROPAGATION OF HARMONIC WAVES UNDER
RHEOLOGICAL VISCOUS PROPERTIES OF A MATERIAL.....16
- A.A. Zhadyranova, V. Zhumabekova, U. Ismail, D. Nassirova**
EXPLORING THE POTENTIAL OF YUKAWA USING THE FIZO EFFECT.....33
- A. Istlyaup, L. Myasnikova, A. Lushchik**
COMPUTER SIMULATION OF THE DENSITY OF STATE NaX (X = F, Cl)
NANOOBJECTS.....49
- G.T. Omarova, Zh.T. Omarova**
TO THE ORBITAL DYNAMICS WITH VARIABLE ECCENTRICITY.....61
- A.V. Serebryanskiy, Ch.T. Omarov, G.K. Aimanova, M.A. Krugov**
SPECTRAL OBSERVATIONS OF GEOSTATIONARY SATELLITES AT THE
ASSY-TURGEN OBSERVATORY IN KAZAKHSTAN.....69
- A.K. Shongalova, A. Sailaubek, A.E. Kemelbekova**
OBTAINING BULK CRYSTALS OF ANTIMONY OXYCHLORIDE AND
STUDYING ITS STRUCTURAL CHARACTERISTICS.....82
- S.A. Shomshekova, L.K. Kondratyeva, I.M. Izmailova, C.T. Omarov**
INFRARED OBSERVATIONS OF SYMBIOTIC STARS FROM A CISLUNAR
ORBIT: OBJECTIVES AND PROSPECTS.....90

CHEMISTRY

- A. Abdullin, ©N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potapova**
INVESTIGATION OF CHEMICAL RESISTANCE OF ZINC-PHOSPHATE
CEMENT UNDER INFLUENCE OF AGGRESSIVE ENVIRONMENTS.....103
- G. Baisalova, Zh. Tukhmetova, B. Torsykbaeva, A. Shukirbekova, Zh. Ussen**
CHEMICAL CONSTITUENTS OF HEXANE EXTRACT OF LYTHRUM
SALICARIA L. ROOTS.....115

- N. Bolatkyzy, A.B. Amangeldi, B.E. Dyusebaev, G.E. Berganayeva, M.A. Dyusebaeva**
STUDY OF AMINO ACIDS AND FATTY ACIDS IN THE COMPOSITION OF THE AERIAL PART OF RUBUS HYBRID.....125
- A.A. Duisenbay, E.K. Assembayeva, M.O. Kozhakhliyeva, D.E. Nurmukhanbetova, A.Zh. Bozhbanov**
PHYSICOCHEMICAL INDICATORS AND SAFETY OF SOURDOUGH BREAD.....135
- T.K. Jumadilov, G.T. Dyussebayeva, Zh.S. Mukatayeva, J.V. Gražulevicius**
INVESTIGATION OF ELECTROCHEMICAL AND CONFORMATIONAL PROPERTIES OF INTERPOLYMER SYSTEMS OF CATIONITE KU-2-8 AND ANIONITE P4VP.....146
- V.N. Kryuchkov, I.V. Volkova, A.V. Mozharova, L.K. Seidaliyeva, F.K. Nurbayeva, K.A. Jumasheva**
MORPHOLOGY OF THE MESONEPHROS IN CARP UNDER EXPERIMENTAL INTOXICATION.....157
- M.K. Kurmanaliev, Zh.D. Alimkulova, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova**
NEW SORBENTS BASED ON TIACROWN ETHERS: PREPARATION AND APPLICATION FOR SILBER EXTRACTION.....168
- M.T. Telmanov, B.Kh. Khussain, A.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy**
CREATION OF DIGITAL TWINS, INCLUDING THE DECARBONISATION MODULE, IN MODELLING AND VISUALISATION OF FLUE GAS CLEANING SYSTEMS IN INDUSTRIAL PLANTS.....179

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

А. Бекешев, А. Мостовой, М. Ахметова, Л. Тастанова
ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН МИНЕРАЛДЫ ТОЛТЫРҒЫШТАР ҚОСЫЛҒАН
ЭПОКСИДТІК КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН
ЗЕРТТЕУ.....5

Г. Еңсебаева, И. Махамбаева, А. Сейтмұратов, Қ. Қанибайқызы, Ж. Сүлейменова,
МАТЕРИАЛДЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ НЕГІЗІНДЕ
ГАРМОНИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУ ЕСЕБІ.....16

А.А. Жадыранова, В. Жумабекова, У. Исмаил, Д. Насирова
ФИЗО ЭФФЕКТИСІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЮКАВА ПОТЕНЦИАЛЫН
ЗЕРТТЕУ.....33

А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик
NaX (X = F, Cl) НАНООБЪЕКТІЛЕРІНІҢ КҮЙ ТЫҒЫЗДЫҒЫН
КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ.....49

Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова
АЙНЫМАЛЫ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТІ БАР ОРБИТАЛЫҚ ДИНАМИКАҒА.....61

А.В. Серебрянский, Ч.Т. Омаров, Г.К. Айманова, М.А. Кругов
ҚАЗАҚСТАНДА АССЫ-ТҮРГЕН ОБСЕРВАТОРИЯСЫНДА ГЕОТҰРАҚТЫ
СЕРІКТЕРДІҢ СПЕКТРЛІК БАҚЫЛАУЛАРЫ.....69

А.Қ. Шонғалова, А. Сайлаубек, А.Е. Кемелбекова
СУРЬМА ОКСИХЛОРИДІНІҢ КӨЛЕМДІ КРИСТАЛДАРЫН АЛУ ЖӘНЕ
ОНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ.....82

С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова, Ч.Т. Омаров
АЙҒА ЖАҚЫН ОРБИТАДАҒЫ СИМБИОТИКАЛЫҚ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ
ИНФРАҚЫЗЫЛ БАҚЫЛАУЛАРЫ: МІНДЕТТЕРІ МЕН БОЛАШАҒЫ.....90

ХИМИЯ

А. Абдуллин, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова
МЫРҒЫШ-ФОСФАТТЫ ЦЕМЕНТІНІҢ АГРЕССИВТІ ОРТАНЫҢ ӘСЕРІНЕ
ХИМИЯЛЫҚ ТӨЗІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....103

Ғ. Байсалова, Ж. Тухметова, Б. Торсыкбаева, А. Шукирбекова, Ж. Усен
LYTHRUM SALICARIA L. ТАМЫРЛАРЫНЫҢ ГЕКСАНДЫ СЫҒЫНДЫСЫНЫҢ
ХИМИЯЛЫҚ КОМПОНЕНТТЕРІ.....115

- Н. Болатқызы, А.Б Амангелді, Б.Е Дюсебаев, Г.Е Берганаева,
М.А Дюсебаева**
RUBUS HYBRID ӨСІМДІГІНІҢ ЖЕР ҮСТІ БӨЛІГІНІҢ ҚҰРАМЫНАН АМИН
ЖӘНЕ МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫН ЗЕРТТЕУ.....125
- А.А. Дуйсенбай, Э.К. Асембаева, М.О. Кожახиева, Д.Е. Нурмуханбетова,
А.Ж. Божбанов**
ҰЙЫТҚЫ ҚОСЫЛҒАН НАННЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ
МЕН ҚАУІПСІЗДІГІ.....135
- Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс**
КАТИОНИТ КУ-2-8 ЖӘНЕ АНИОНИТ П4ВП ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК
ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ КОНФОРМАЦИЯЛЫҚ
ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....146
- В.Н. Крючков, И.В. Волкова, А.В. Можарова, Л.К. Сейдалиева,
Ф.К. Нурбаева, К.А. Джумашева**
ЭКСПЕРИМЕНТТІК ИНТОКСИКАЦИЯ КЕЗІНДЕГІ ТҰҚЫ
МЕЗОНЕФРОСЫНЫҢ МОРФОЛОГИЯСЫ.....157
- М.Қ. Құрманалиев, Ж.Д. Алимқұлова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Әбілқасова,**
ТИАКРАУН-ЭФИРЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ ЖАҢА СОРБЕНТТЕР: АЛУ ЖӘНЕ
КҮМІСТІ БӨЛУ ҮШІН ҚОЛДАНУ.....168
- М.Т. Тельманов, Б.Х. Хусаин, А.Х. Хусаин, А.Р. Бродский**
ЦИФРЛЫҚ ЕГІЗДЕРДІ ҚҰРУ, ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ МОДУЛІМЕН БІРГЕ
ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ ТҮТІН ГАЗДАРЫН ТАЗАРТУ
ЖҮЙЕЛЕРІН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ.....179

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

А. Бекешев, А. Мостовой, М. Ахметова, Л. Тастанова
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ
НАПОЛНИТЕЛЯМИ.....5

**Г. Енсебаева, И. Махамбаева, А. Сейтмуратов, К. Канибайкызы,
Ж. Сулейменова**
ЗАДАЧИ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЛН ПРИ
РЕОЛОГИЧЕСКИХ ВЯЗКИХ СВОЙСТВАХ МАТЕРИАЛА.....16

А.А. Жадыранова, В. Жумабекова, У. Исмаил, Д. Насирова
ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЮКАВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА
ФИЗО.....33

А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ СОСТОЯНИЯ
НАНООБЪЕКТОВ NaX (X = F, Cl).....49

Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова
К ОРБИТАЛЬНОЙ ДИНАМИКЕ С ПЕРЕМЕННЫМ
ЭКЦЕНТРИСИТЕТОМ.....61

А.В. Серебрянский, Ч.Т. Омаров, Г.К. Айманова, М.А. Кругов
СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ НА
ОБСЕРВАТОРИИ АССЫ-ТУРГЕНЬ В КАЗАХСТАНЕ.....69

С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова, Ч.Т. Омаров
ИНФРАКРАСНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СИМБИОТИЧЕСКИХ ЗВЕЗД
С ОКОЛОЛУННОЙ ОРБИТЫ: ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....82

А.К. Шонгалова, А. Сайлаубек, А.Е. Кемелбекова
ПОЛУЧЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ КРИСТАЛЛОВ ОКСИХОЛОРИДА СУРЬМЫ И
ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....90

ХИМИЯ

А. Абдуллин, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова
ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЦИНК-ФОСФАТНОГО
ЦЕМЕНТА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АГРЕССИВНЫХ СРЕД.....103

- Г. Байсалова, Ж. Тухметова, Б. Торсыкбаева, А. Шукирбекова, Ж. Усен**
ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ГЕКСАНОВОГО ЭКСТРАКТА КОРНЕЙ
LYTHRUM SALICARIA L.....115
- Н. Болаткызы, А.Б Амангелди, Б.Е. Дюсебаев, Г.Е Берганаева,
М.А Дюсебаева**
ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТ И ЖИРНЫХ КИСЛОТ В
СОСТАВЕ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *RUBUS HYBRID*.....125
- А.А. Дуйсенбай, Э.К. Асембаева, М.О. Кожахиева, Д.Е. Нурмуханбетова,
А.Ж. Божбанов**
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ХЛЕБА
С ЗАКВАСКОЙ.....135
- Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс**
ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И КОНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ КАТИОНИТА КУ-2-8 И АНИОНИТА
П4ВП.....146
- В.Н. Крючков, И.В. Волкова, А.В. Можарова, Л.К. Сейдалиева,
Ф.К. Нурбаева, К.А. Джумашева**
МОРФОЛОГИЯ МЕЗОНЕФРОСА КАРПА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
ИНТОКСИКАЦИИ.....157
- М.К. Курманалиев, Ж.Д. Алимкулова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова**
НОВЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТИАКРАУН-ЭФИРОВ: ПОЛУЧЕНИЕ И
ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРЕБРА.....168
- М.Т. Телманов, Б.Х. Хусаин, А.Х. Хусаин, А.Р. Бродский**
СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ, ВКЛЮЧАЯ МОДУЛЬ
ДЕКАРБОНИЗАЦИИ, ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ
ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ.....179

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 13.12.2024.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

12,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.