

ISSN 2518-1726 (Online),  
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Қазақстанның ұлттық ғылым академиясының  
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

## NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
al-Farabi Kazakh National University

**SERIES**  
**PHYSICO-MATHEMATICAL**

**5 (339)**

**SEPTEMBER – OKTOBER 2021**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

*NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series physico-mathematical journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.*

*Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Физикалық-математикалық сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.*

*НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия физико-математическая» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.*

### **Бас редактор:**

**МҰТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан) Н=5

### **Редакция алқасы:**

**ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы** (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) Н=7

**БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы** (бас редактордың орынбасары), техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сағпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан) Н=3

**ВОЙЧИК Вальдемар**, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша) Н=23

**БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н-10

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

**ЖҮСПОВ 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

**МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі (Минск, Беларусь) Н=2

**РАМАЗАНОВ Тілекқабыл Сәбитұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) Н=26

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

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

**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, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=12

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

### **«ҚР ҰҒА Хабарлары.**

**Физика-математикалық сериясы».**

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *математика, информатика, механика, физика, ғарыштық зерттеулер, астрономия, ионосфера.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

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

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

### Главный редактор:

**МУТАНОВ Галимкаир Мутанович**, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан) Н=5

### Редакционная коллегия:

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан) Н=7

**БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич**, (заместитель главного редактора), доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, университет Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н=3

**ВОЙЧИК Вальдемар**, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша) Н=23

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

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

**ЖУСУПОВ 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

**МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович**, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь) Н=2

**РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=26

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

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

**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, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=12

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

«Известия НАН РК.

Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (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 № 16906-Ж выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *математика, информатика, механика, физика, космические исследования, астрономия, ионосфера.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

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

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2021

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.



#### **Editor in chief:**

**MUTANOV Galimkair Mutanovich**, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan) H=5

#### **Editorial board:**

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich** (Deputy Editor-in-Chief), doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan) H=7

**BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich**, (Deputy Editor-in-Chief), doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan) H=3

**WOICIK Waldemar**, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland) H=23

**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

**MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS of Belarus (Minsk, Belarus) H=2

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=26

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

**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

**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, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=12

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

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.**  
**ISSN 2518-1726 (Online),**  
**ISSN 1991-346X (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. 16906-Ж, issued 14.02.2018

Thematic scope: *mathematics, computer science, mechanics, physics, space research, astronomy, ionosphere.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

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

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

## PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 339 (2021), 119–130

<https://doi.org/10.32014/2021.2518-1726.92>

ӨЖ539.3

Адилова А.Қ.<sup>1</sup>, Жүзбаев С.С.<sup>1</sup>, Ахметжанова Ш.Е.<sup>2</sup><sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан;<sup>2</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан.E-mail: [adilaknur\\_79@mail.ru](mailto:adilaknur_79@mail.ru)**КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ КОМПОЗИТТЕР  
МЕХАНИКАСЫНЫҢ ЕСЕПТЕРІ**

**Аннотация.** Техниканың әр түрлі салаларында композициялық материалдарды қолдану үздіксіз кеңеюде. Жоғары беріктік, тозуға төзімділік, агрессивті ортаға жақсы кедергілік, атап айтқанда, жоғары технологиялық сияқты қасиеттері композиттерді әртүрлі инженерлік құрылыстарда және әсіресе аэроғарыштық техникада қолдануға мәжбүр етеді, мұнда өнімдер төтенше жағдайларда жұмыс істейді, салмағы шектеулі және сенімділік талаптары жоғарылайды.

XXI ғасырды композициялық материалдарға сырына жатқызуға болады. Бүгінгі таңда өнер кәсіптік, азаматтық және тұрғын үй кешендерінің көптеген объектілерінің құрылысын сол материалдарсыз елестету мүмкін емес. Композиттер осы күнге дейін біздің өмірімізге енген және іс жүзінде құрылыста, энергетикада, көлікте, электроникада және тағы басқаларында дәстүрлі материалдарды толығымен алмастырады.

Деформацияланатын қатты денелердегі динамикалық процестерді зерттеу қазіргі уақытта механиканың теориялық және практикалық жағынан қызығушылық танытатын ең өзекті мәселелерінің бірі болып табылады.

Серпімді ортадағы композициялық материалдарды сипаттайтын теңдеулер жүйесінің күрделілігі, қазіргі таңда есептерді толық және жеткілікті түрде дәл шешуге көп жағдайда жылдам әрекет ететін ЭЕМ-ді пайдалана отырып, сандық әдістермен алуға болады. Соңғы жиырма жылда серпімділіктің динамикалық теориясының есептерін сандық шешу үшін пайдаланылатын әртүрлі модификациялардағы әдістер (айырымдар, бөлшек қадамдар, кеңістіктік сипаттамалар, түпкі элементтер, шекаралық интегралды теңдеулер әдісі және басқалар) қарқынды өңделуіне себеп болды. Сонымен қатар, алгоритмдерді сандық іске асырудың жаңа мүмкіндіктері де, аналитикалық зерттеуге келмейтін бірқатар нақты есептерді шешу қажеттілігі де ескеріледі.

**Түйінді сөздер:** композициялық материал, деформация, теңдеу, серпімді орта, конструкция, кернеу, тензор.

**Кіріспе.** Құрылыс саласындағы ғылыми-техникалық прогресс әртүрлі қасиеттер кешені бар, әртүрлі мақсатта қолданылатын жаңа және тиімді құрылыс материалдарын қолдануды көздейді.

Ұзақ уақыт бойы негізгі құрылыс материалдары ретінде ағаш, керамика, болат, бетон және темір бетон саналып келді. Ғылыми-техникалық прогрестің және құрылыс индустриясының дамуына байланысты құрылыс практикасына XX ғасырдың екінші жартысында жаңа материалдар – композициялық құрылыс материалдары қарқынды енгізіле бастады, оларсыз бүгінгі таңда өнеркәсіптік, азаматтық және тұрғын үй кешендерінің көптеген объектілерінің құрылысы жүзеге асырылмас еді. Композиттер біздің өмірімізге белсенді ене отырып, құрылыста, энергетикада, көлікте, электроникада және басқа да қызмет салаларында дәстүрлі материалдарды алмастырады.

Композиттік немесе композициялық материал (композит) – белгілі бір заң бойынша бірегей тұтастыққа біріктірілген және бастапқы материалдарда болмаған қасиеттері бар бірнеше түрлі материалдардан жасалған материал. Композициялық материалдың құрылымында әдетте екі фаза ерекшеленеді – толтырғыш (дисперсті фаза) және байланыстырушы (матрица). Композиттің қасиеттеріне байланыстырушы бөлікте үлестірілген толтырғыш әсер етеді [6].

Толтырғышқа тәуелді композиттер екі түрге бөлінеді: дисперсті бөлшектері бар композиттер және талшықты композиттер.

Өз кезегінде талшықты композиттерді дискретті бөлшектері бар композиттерге бөлуге болады, бір бағытта бағытталған үздіксіз талшықты композиттер, көптеген бағытта бағытталған үздіксіз талшықты композиттер.

Авиациялық және ғарыштық техникаларда қолданылатын композициялық материалдарда үздіксіз күшейтетін талшықтардан тұратын толтырғыштар кеңінен қолданылады. Осы типтегі толтырғыштар байланыстырғыштарға қарағанда едәуір беріктік пен қаттылыққа ие және композитке әсер ететін жүктеменің негізгі бөлігін қабылдайды. Талшықтардың жоғары беріктік және қаттылық қасиеттері композициялық материалдар құрылымында толығымен көрінеді, яғни үздіксіз талшықтармен нығайтылған қабаттардан жасалған материалдарда.

**Материалдар мен әдістер.** Композициялық материал құрылымының айрықша ерекшелігі дәстүрлі материалдардың ұқсас сипаттамаларымен салыстырғанда талшықтардың механикалық сипаттамалары айтарлықтай жоғары болып табылады, оларды 1-ші кестеден көруге болады [7].

Материалдың меншікті беріктігі ретінде  $\sigma_p$  беріктік шегі материалдың берілген салмағына  $\gamma$  қатынасы енгізіледі. Ұзындық өлшемі бар бұл шаманың физикалық мағынасы – өз салмағының әсерінен ыдырайтын талшықтың ұзындығын анықтау. Сол сияқты материалдың нақты қаттылығы да енгізіледі – серпімділік модулінің меншікті салмаққа қатынасы.

1-кесте.

Талшық түрі	Тығыздығы $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Созылу кездегі беріктік, $\sigma_p$ , ГПа	Меншікті беріктік $\sigma_p/\gamma$ , 10 <sup>-3</sup> м	Созылу серпімділік модулі E, ГПа	Серпімділіктің меншікті модулі $E/\gamma$ , 10 <sup>-3</sup> м
Шыны талшық	2500	3,5	140	89	3600
Көмір талшығы:					
Жоғары модульді	1950	2,1	108	400	20300
Жоғары беріктік	1760	3,3	187	260	14700
Бор талшығы	2500	35	152	400	1600
Орган. талшығы	1450	2,8	193	120	8300
Болат талшығы	7800	2,9	37	210	2700

Қазіргі уақытта композициялық материалдар жасау кезінде қолданылатын талшықтардың ең көп таралған түрлеріне жататындар: шыныталшық, әр түрлі типтегі көміртекті талшықтар және бор негізінде пайда болған талшықтар.

Талшықтың беріктік қасиеттері сол материалдың массивінің беріктігінен едәуір асып түсетіндігін айта кету керек. Мысалы, шыны пластинаның беріктік шегі жұқа шыны талшықтың беріктік шегінен ондаған, тіпті жүздеген есе кем болуы мүмкін. Мұны шыны талшықтың диаметрі азайған кезде ақаулардың пайда болу ықтималдығы төмендейді, бұл олардың жойылуына және олардың мөлшеріне ықпал етеді.

Толтырғышқа қатысты композициялық материалдарды екі топқа бөлуге болады: полимерліматрицалық композиттер және металл матрицалық композиттер (металл композиттер).

Байланыстырғыштың рөлі материалдың тұтастығын қамтамасыз ету болып табылады, бұл талшықтардың бірлескен жұмысына және талшықтардың бір бөлігі бұзылған кезде жүктемелердің қайта бөлінуіне ықпал етеді. 2-ші кестеде өнеркәсіпте қолданылатын кейбір байланыстырғыштардың физикалық – механикалық сипаттамалары келтірілген.

2-кесте.

Сипаттамасы	Материалдар				
	Фенол формаль дегидті	Кремний органикалық	Полиэфирлі	Эпоксидті	Полиамидті
Беріктікшегі, МПа:					
Созылу	40...70	25...50	30...70	35...100	90...95
Қысу кезінде	100...125	60...100	80...150	90...160	250...280
Серпімділік модулі, ГПа	7...11	6,8...10	2,8...3,8	2,4...4,2	3,2...5
Тығыздығы $\rho$ , 10 <sup>-3</sup> м	1,2...1,3	1,35...1,40	1,2...1,35	1,2...1,3	1,41...1,43

Композиттік материалдардың қолданбалы механикасының көптеген есептерінің ішінен төрт негізгі мәселені бөліп көрсетуге болады:

1. Бір текті емес материалдардың белгілі қасиеттеріне негізделген композициялық материал болып табылатын гетерогенді материалдардың қасиеттерін анықтау.
2. Берілген сипаттамалары бар композициялық материалды жобалау.
3. Композициялық материал конструкциясының элементтерін беріктікке, қаттылыққа және орнықтылыққа есептеуді жүргізу.
4. Шектеулер кезінде көп қабатты пластиналардың салмағы бойынша ұтымды жобалау.

Композициялық материалдың анықтамасы бойынша олар бір текті емес материалдар болып табылады. Ішінде композициялық материалдың құрылымы зерттеудің негізгі объектісі болып табылатын гетерогенділіктің, бір текті еместіктің екі деңгейін атап өтуге болады: қабаттың құрамдас фазаларының болуына байланысты микро бір тексіздік (талшық матрицасы) және макро бір тексіздік, яғни әр түрлі жолдарға байланысты бағытталған микро біртекті қабаттардың болуы [8].

Пластиналар мен қабықтарды есептеу кезінде, әдетте, әр компонент қабаты квази бір текті анизотропты материал болып табылады, оның қаттылық коэффициенттерін құрылымдық микромеханика әдістерімен немесе эксперименталды түрде анықтауға болады. Микромеханика әдістері серпімділіктің тиімді модульдерін анықтауға мүмкіндік беретін әр түрлі микро модельдердің құрылысынан егізделген, яғни кернеу мен деформацияның орташа мөлшерін байланыстыратын коэффициенттер табылады.

Құрылымдық микро механика әдістерімен анықталған тиімді модульдер көбінесе шамамен алынған, өйткені олар идеализацияланған модель негізінде алынады, онда компоненттердегі кернеулер мен деформацияларға және олардың өзара әрекеттесуіне әсер ететін барлық факторларды толық ескеру мүмкін емес. Алайда, микромеханика әдістері композициялық материалдың механикалық қасиеттерін жобалау сатысында болжауды сапалы бағалауда өте пайдалы болуы мүмкін.

Композициялық материалдың құрылымы бойынша өнімдерді есептеудің қолданбалы есептерін шешкен кезде, тиімді серпімді тұрақтылар және элементар қабаттың беріктік шегі, әдетте, қарастырылып отырған құрылымдағы қабаттар сияқты бірдей технологиямен жасалған үлгілер үшін эксперименталды түрде болады.

Композициялық материалдың құрылымындағы серпімді тұрақтыларды анықтау оның қабатты құрылымына және әр қабаттың сипаттамаларынан тәуелді болатын макро механиканың негізгі есебі болып табылады.

Композиттерден жасалған конструкциялардың элементтерін беріктік пен қаттылыққа есептеу кезінде композициялық материал квази бір текті және анизотропты болып саналады. Бұл кезеңдегі композиттер механикасының есептерін шешу бір текті анизотропты денелерді есептеу әдістеріне негізделеді [6, 7].

**Жалпыланған Гук заңы.** Композициялық материалдан жасалған конструкциялардың элементтерін есептеу кезінде толтырғыш байланыстырушы орта бір тұтас болып саналады, онда орташа деформациялар мен кернеулер арасындағы сызықтық қатынастар Гук Заңы мен сипатталады, және бұл байланыстырғышта толтырғыштың таралу ерекшеліктерін көрсетеді. Шешілетін есептерге байланысты Гук заңын жазудың әр түрлі формалары қолданылады [1,7,9].

Гук заңын жазу формасына байланысты кернеу мен деформация компоненттерінің әр түрлі белгілері қолданылады.

3-кесте.

Кернеуді белгілеу жүйелері

Декарттық ортогональды координаттар жүйесі			Қисық сызықты координаттар жүйесі
Әріптік жүйе	Әріптік жүйе	Сандық жүйе	
$\sigma_x \quad \tau_{xy} \quad \tau_{xz}$ $\tau_{yx} \quad \sigma_y \quad \tau_{yz}$ $\tau_{zx} \quad \tau_{zy} \quad \sigma_z$	$\sigma_{xx} \quad \sigma_{xy} \quad \sigma_{xz}$ $\sigma_{yx} \quad \sigma_{yy} \quad \sigma_{yz}$ $\sigma_{zx} \quad \sigma_{zy} \quad \sigma_{zz}$	$\sigma_{11} \quad \sigma_{12} \quad \sigma_{13}$ $\sigma_{21} \quad \sigma_{22} \quad \sigma_{23}$ $\sigma_{31} \quad \sigma_{32} \quad \sigma_{33}$	$\sigma^{ij} \quad (i, j = 1, 2, 3)$

Деформацияны белгілеу жүйелері

Декарттық ортогональды координаттар жүйесі			Қисық сызықты координаттар жүйесі
Әріптік жүйе	Әріптік жүйе	Сандық жүйе	
$\epsilon_{xx} \quad \epsilon_{xy} \quad \epsilon_{xz}$ $\epsilon_{yx} \quad \epsilon_{yy} \quad \epsilon_{yz}$ $\epsilon_{zx} \quad \epsilon_{zy} \quad \epsilon_{zz}$	$\epsilon_x \quad \frac{1}{2}\gamma_{xy} \quad \frac{1}{2}\gamma_{xz}$ $\frac{1}{2}\gamma_{yx} \quad \epsilon_y \quad \frac{1}{2}\gamma_{yz}$ $\frac{1}{2}\gamma_{zx} \quad \frac{1}{2}\gamma_{zy} \quad \epsilon_z$	$\epsilon_{11} \quad \epsilon_{12} \quad \epsilon_{13}$ $\epsilon_{21} \quad \epsilon_{22} \quad \epsilon_{23}$ $\epsilon_{31} \quad \epsilon_{32} \quad \epsilon_{33}$	$\epsilon^{ij} \quad (i, j = 1, 2, 3)$

Серпімділік теориясында,  $\sigma_{\alpha\beta}, \sigma_{ij}$  ( $\alpha, \beta = x, y, z; i, j = 1, 2, 3$ ) кернеулердің құрамдас бөліктері әр түрлі болып келеді – екінші дәрежелі тензордың ковариантты компоненттері декарттық тік бұрышты кернеу координаттарының жүйелерінде қарама-қарсы компоненттері бар тензормен анықталады. Бұл келесі шамаларға  $\varepsilon_{\alpha\beta}, \varepsilon_{ij}$  қатысты. Бұл жағдайда деформация  $\varepsilon_{\alpha\alpha}$  тензорының құрамдас бөлігі сәйкес келеді және екі бірдей индексі бар анықтама осі  $\varepsilon_{\alpha}$  деформациясына сәйкес келеді, ал  $\varepsilon_{\alpha\beta}$  әр түрлі индекстермен  $\gamma_{\alpha\beta}$  ығысу бұрышының жартысына сәйкес келеді  $\alpha$  және  $\beta$  осьтері арасындағы байланыс. Декарттық тік бұрышты координаталар жүйесінде  $\sigma^{ij} = \sigma_{ij}, \varepsilon_{ij} = \varepsilon^{ij}$  теңдігі орындалады.

Гук заңы серпімді қасиеттері барлық бағытта бірдей болған кезде изотропты материалдар үшін қарапайым формада жазылады.

Бір осьтік кернеулік жағдайы кезінде

$$\varepsilon = \frac{1}{E} \sigma$$

Үш осьтік кернеулік жағдайы кезінде

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E} \sigma_x - \frac{\mu}{E} \sigma_y - \frac{\mu}{E} \sigma_z, & \gamma_{yz} &= \frac{1}{G} \tau_{yz}, \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E} \sigma_x + \frac{\mu}{E} \sigma_y - \frac{\mu}{E} \sigma_z, & \gamma_{xz} &= \frac{1}{G} \tau_{xz}, \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E} \sigma_x - \frac{\mu}{E} \sigma_y + \frac{\mu}{E} \sigma_z, & \gamma_{xy} &= \frac{1}{G} \tau_{xy} \end{aligned}$$

Мұндағы:  $E$  – серпімділік модулі;  $\mu$  – көлденең деформация коэффициенті;  $G$  – ығысу модулі.  $E$  және  $\mu$  – тәуелсіз сипаттамалары;

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

Инженерлік құрылыстарды жобалау және салу кезінде композициялық материалдарды неғұрлым үнемді пайдалану үшін объектілерге статистикалық жүктемені ғана емес, сонымен қатар, объектілер орналасқан кезде туындауы мүмкін динамикалық жүктемені ескеру қажет. Күштік динамикалық жүктемелерді қатты денелерде серпімді толқындардың таралуы кезінде пайда болатын объектінің кернеулі жай-күйінің толық, кеңістіктік-уақытша бейнесін зерттемей анықтау мүмкін емес. Сондықтан қатты дене механикасындағы анықталмаған үдерістерді зерттеу қазіргі уақытта үлкен өзекті маңызға ие болуда [6,8].

Стационарлы емес толқынды өрістерді анықтау есебі күрделі және қиын шешілетін есептер санатына жатады. Деформацияланатын денедегі стационарлы емес сыртқы әсерлер шекаралық беттен көрінетін кернеу толқындарын тудырады. Бірнеше рет суперпозицияның нәтижесінде күрделі дифракциялық өріс пайда болады, оның есептеулері күрделі математикалық қиындықтарды тудырады. Серпімділіктің стационарлы емес теориясы есептерінің аналитикалық шешімдерін іздеуге зерттеушілердің жүз жылдан астам уақыты өткеніне қарамастан, қазіргі уақытта қанағаттанарлық шешім алынған есептерінің шектеулі класын ғана көрсетуге болады.

Серпімділіктің динамикалық теориясының есебі берілген сыртқы күштік факторлар мен белгілі геометриялық нысаны бар дене материалының физикалық – механикалық қасиеттері бойынша кез келген уақытта дене бөлшектерінің деформациясы процесінде кернеулі – деформацияланған күйі мен қозғалысының сипаттамасын анықтау болып табылады.

Біздің зерттеу пәніміз декарттық координаттар жүйесіндегі біртекті серпімді изотропты дене динамикасының есептері болып табылады. Баяндауға ыңғайлы болу үшін келесі белгілерді енгіземіз [1,4,10]:

- $x_{ij}$  ( $i = 1, 2, 3$ ) - декарттық координаттар жүйесінің мәні;
- $t$  - уақыт;
- $\sigma_{ij} = \sigma_{ij}(x_1, x_2, x_3, t)$  - кернеу тензорының компоненті;
- $\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}(x_1, x_2, x_3, t)$  - деформация тензорының компоненті;
- $U_i = U_i(x_1, x_2, x_3, t)$  - жылжыту векторының компоненті;
- ( $i, j = 1, 2, 3$ ).

Бұл жерде алдағы уақытта да латын және грек индекстерін қолданатын боламыз. Екі рет қайталанатын грек индекстері бойынша қосу орындалады, ал екі рет қайталанатын латын индекстері бойынша қосылмайды.



**Зерттеу нәтижесі.** Орта қозғалысының дифференциалдық теңдеулерін механиканың екі негізгі заңынан алуға болады: қозғалыс санының өзгеру заңы және қозғалыс санының сәтін өзгерту заңы, олар келесі түрде беріледі:

$$\begin{aligned} \sigma_{i\beta,\beta} + F_i &= \rho \frac{\partial^2 U_i}{\partial t^2} \\ \sigma_{ij} &= \sigma_{ji} \quad (i = 1, 2, 3). \end{aligned} \quad (1.1)$$

мұндағы  $\rho$  - орта материалының тығыздығы,  $F_i$  - тиісті координаттық осьтерге түсетін көлемдік күштің проекциялары. Мұнда және одан әрі қарай индекстермен үтірден кейінгі тиісті кеңістіктік айнымалылар бойынша туындылар белгіленеді, ал қайталанатын  $\beta$  индекс бойынша қосындыны жүргізу қажет, яғни (1.1) келесідей түсіну қажет:

$$\begin{cases} \sigma_{11,1} + \sigma_{12,2} + \sigma_{13,3} + F_1 = \rho \frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2} \\ \sigma_{21,1} + \sigma_{22,2} + \sigma_{23,3} + F_2 = \rho \frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2} \\ \sigma_{31,1} + \sigma_{32,2} + \sigma_{33,3} + F_3 = \rho \frac{\partial^2 U_3}{\partial t^2} \\ \sigma_{12} = \sigma_{21}; \sigma_{13} = \sigma_{31}; \sigma_{23} = \sigma_{32} \end{cases} \quad (1.1')$$

Серпімділіктің классикалық теориясы деформациялар соншалықты аз деген болжамға негізделеді, яғни оларды шексіз аз деп айтуға болады. Деформацияланатын дененің әрбір өлшемімен салыстырғанда сәйкес орын ауыстырудың тиісті векторлары өте аз, ал кіші координаттары бойынша орын ауыстырулардың бірінші туындысы бірлікпен салыстырғанда өте аз деп болжанады [2,3,13].

Жоғарыда көрсетілген жорамалдарды пайдалана отырып, кіші деформация тензорының компоненті  $\varepsilon_{ij}$  Коши қатынасымен жылжу векторының компоненттері арқылы анықталады:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(U_{i,j} + U_{j,i}), \quad (i, j = 1, 2, 3) \quad (1.2)$$

Кернеу тензорының компоненттері мен деформация тензорының компоненттері арасындағы сызықтық байланыс келесі формуламен беріледі:

$$\sigma_{ij} = \lambda \theta \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij} \quad (1.3)$$

мұндағы  $\lambda, \mu$  - Ламе тұрақтылары,  $\delta_{ij}$  – Кронекер символы,  $\theta$  - көлемдік деформация, ол  $\theta = \varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}$  тең.

Бұл формулалар әдетте Гук Заңының кері түрі деп аталады.

Серпімділіктің динамикалық теориясының есебін шешу кезінде бастапқы және шекаралық шарттарды формулалау қажет.

Егер берілген орта шексіз болатын болса, онда  $U_i^0$  қозғалыс векторының проекциясының және  $t_0$  уақыттың кейбір моментіндегі  $v_i^0$  дене нүктесінің жылдамдық векторының проекциясының тапсырмасында берілген бастапқы шарттар ғана қойылады, содан есепті оқып үйрену басталады:

$$\begin{aligned} U_i|_{t=t_0} &= U_i^0(x_1, x_2, x_3) \\ \frac{\partial U_i}{\partial t}|_{t=t_0} &= v_i^0(x_1, x_2, x_3) \quad (i = 1, 2, 3) \end{aligned} \quad (1.4)$$

(1.4) бастапқы деректері берілген кездегі (1.1)-(1.3) теңдеулерінің шешімі Коши есебі деп аталады.

Шеттік есептерді шешу, Коши есебін шешуге қарағанда көбірек практикалық қызығушылық тудырады, яғни мұнда соңғы өлшемдері бар денелер қарастырылады және осындай серпімді орталар үшін (1.4) бастапқы шарттарымен қатар қандай да бір шекаралық шарттарды формулалау қажет. Серпімділік теориясының шеттік есептерін шешу кезінде үш негізгі шеттік есептер кездеседі [5].

Бірінші негізгі шеттік есеп денемен қамтылған  $V$  облысында  $U_i$  жылжыту векторының үш проекциясын және  $\sigma_{ij}$  кернеудегі тензордың алты компонентін табудан тұрады, олар дененің ішіндегі (1.1) - (1.3) теңдеулерді қанағаттандыруы тиіс және оның бетіндегі  $S$  келесі кинематикалық шекаралық шарттарды қанағаттандырады:

$$U_i = f_i(x_1, x_2, x_3, t) \quad (1.5)$$

Екінші негізгі шеттік есеп денемен қамтылған  $V$  аймақта,  $u_i$  жылжыту векторының үш проекциясында және  $\sigma_{ij}$  кернеудегі тензордың алты компонентін табудан тұрады, олар дененің ішіндегі (1.1) - (1.3) теңдеулерді қанағаттандыруы тиіс және оның бетіндегі  $S$  келесі шекаралық шарттарға сай келеді:

$$\sigma_{ij} \bar{n}_i = p_j(x_1, x_2, x_3, t) \quad (1.6)$$

мұндағы  $p_j$  -  $S$  дене бетінде әсер ететін берілген күштердің проекциялары  $\bar{n}_i$  - сыртқы нормаль.



Үшінші негізгі (аралас) шеттік есеп (1.1) - (1.3) теңдеулердің осындай шешімін анықтаудан тұрады, Ол  $S$  бетінің бір бөлігінде (1.5) кинематикалық шарттарын, ал басқа  $S_\sigma$  (1.6) шарттарын қанағаттандырады

$$S = S_u + S_\sigma$$

Үш өлшемді денелердің жалпы жағдайын қарастыратын динамикалық есепті шешу кезінде математикалық қиындықтар кездеседі. Бұл мәселе көптеген жағдайларда жазық есептердің кең класын шешу нәтижелерімен шектелуге мәжбүр етеді. Серпімді денелерді деформациялаудың жеке жағдайлары қарастырылады [11].

Егер серпімді дене  $(x_1, x_2)$  жазықтықта тегіс деформация жағдайында болса, онда

$$\begin{aligned} U_1 &= U_1(x_1, x_2, t) \\ U_2 &= U_2(x_1, x_2, t) \\ U_3 &= 0 \end{aligned} \quad (1.7)$$

Сол кезде (1.2) тензордың деформация компоненттерінің қатынасы келесі түрде беріледі:

$$\begin{cases} \varepsilon_{11} = U_{11} \\ \varepsilon_{22} = U_{22} \\ \varepsilon_{12} = \varepsilon_{21} = \frac{1}{2}(U_{12} + U_{21}) \\ \varepsilon_{13} = \varepsilon_{31} = \varepsilon_{23} = \varepsilon_{32} = \varepsilon_{33} = 0 \end{cases} \quad (1.8)$$

(1.3) теңдеулері келесі түрде алынады:

$$\begin{cases} \sigma_{11} = \lambda(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + 2\mu\varepsilon_{11} \\ \sigma_{22} = \lambda(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + 2\mu\varepsilon_{22} \\ \sigma_{12} = \sigma_{21} = 2\mu\varepsilon_{12} \\ \sigma_{33} = \lambda(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) \\ \sigma_{13} = \sigma_{31} = \sigma_{23} = \sigma_{32} = 0 \end{cases} \quad (1.9)$$

Демек, жазық деформация кезінде кернеулердің тензоры, жалпы жағдайда,  $x_1, x_2$  екі аргументке тәуелді нөлден өзгеше төрт компоненттерден тұрады.  $\sigma_{33}$  компонентінің болуына байланысты, тегіс деформация жағдайы қамтамасыз етіледі. Дененің жазық деформациясы кезінде кернеу тензорының тәуелсіз компоненттерінің саны үшке тең екенін көрсету оңай. Шын мәнінде, төртінші компонент  $\sigma_{33}$  келесі формула бойынша анықталады:

$$\sigma_{33} = \nu(\sigma_{11} + \sigma_{22}) \quad (1.10)$$

және есепті шешкеннен кейін анықталуы мүмкін. Мұндағы  $\nu = \frac{\lambda}{2(\lambda + \mu)}$  - Пуассон коэффициенті.

(1.1) қозғалыс теңдеуі көлемді күштер болмаған кезде келесі түрде жазылады:

$$\begin{cases} \sigma_{11,1} + \sigma_{12,2} = \rho \frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2} \\ \sigma_{21,1} + \sigma_{22,2} = \rho \frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2} \end{cases} \quad (1.11)$$

$$\sigma_{21} = \sigma_{21}$$

Материалды сипаттайтын тұрақты негізгі жұп ретінде тұтас ортада бойлық  $c_1$  және көлденең  $c_2$  толқындарының таралу жылдамдығының мәндері пайдаланылуы мүмкін:

$$c_1 = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}; \quad c_2 = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (1.12)$$

Жалпыланған жазық кернеулі жай-күй жағдайында ( $\sigma_{33} = \sigma_{13} = \sigma_{23} = 0$ ) (1.3) формуладан келесілерді алуға болады:

$$\lambda\varepsilon_{11} + \lambda\varepsilon_{22} + (\lambda + 2\mu)\varepsilon_{33} = 0$$

$$\varepsilon_{33} = -\frac{\lambda}{\lambda + 2\mu}(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22})$$

(1.3) басқа қатынастарына  $\varepsilon_{33}$  мәнін қоя отырып, келесілерді аламыз:

$$\begin{cases} \sigma_{11} = \lambda'(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + 2\mu'\varepsilon_{11} \\ \sigma_{22} = \lambda'(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + 2\mu'\varepsilon_{22} \\ \sigma_{12} = \sigma_{21} = 2\mu'\varepsilon_{12} \end{cases} \quad (1.13)$$

$$\text{мұндағы } \lambda' = \frac{2\lambda\mu}{\lambda+2\mu} \mu' = \mu$$

Бұдан, жазық деформация теңдеулерінен жалпыланған жазық кернеу теңдеулеріне көшу  $\lambda$  және  $\mu$  Ламаға тұрақтыларын тікелей ауыстыру арқылы жүзеге асырылады.

$$\lambda' = \frac{2\lambda\mu}{\lambda+2\mu} \mu' = \mu$$

(1.8), (1.9) және (1.11) сол теңдеудерді шешу болып табылады. Сонымен қатар,  $\epsilon_{33}$  тензордағы деформация бұл жағдайда төмендегідей анықталады:

$$\epsilon_{33} = -\frac{\nu}{E} (\sigma_{11} + \sigma_{22}) \tag{1.14}$$

Мұндағы  $E = \frac{\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+\mu}$  - серпімділік модулі.

Жазық есеп жағдайында шағын динамикалық деформацияларды сипаттайтын теңдеулерді бірінші ретті жеке туындылары бар сызықтық дифференциалдық теңдеудің гиперболалық жүйесі түрінде жылдамдық векторының компонентіне және кернеу тензорына қатысты көрсетуге болады [12,13].

Қолайлы болу үшін тәуелсіз өлшеусіз айнаымалы және іздестірілетін айнаымалы шамалар енгізіледі және келесіні жазуға болады

$$\begin{aligned} \gamma_{12} &= \frac{c_2}{c_1}; \\ \gamma_{11} &= 1 - 2\gamma_{12}^2 (i, j = 1, 2) \\ \bar{t} &= \frac{tc_1}{b}; \bar{x}_i = \frac{x_i}{b}; \bar{v}_i = \frac{1}{c_1} \frac{\partial U_i}{\partial t}; \bar{\sigma}_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\rho c_1^2}; \\ \bar{t} &= \frac{tc_1}{b}; \bar{x}_i = \frac{x_i}{b}; \bar{v}_i = \frac{1}{c_1} \frac{\partial U_i}{\partial t}; \bar{\sigma}_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\rho c_1^2}; \end{aligned}$$

Мұндағы  $c_1 = \sqrt{\frac{\lambda+2\mu}{\rho}}$ ;  $c_2 = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$ ;  $b$  - сипатқа тән ұзындығы.

Бұдан әрі өлшемсіз параметрлердің шегі қалдырылып кетеді.

Өлшеусіз шамаларды біріктіргеннен кейін, (1.11) қозғалыс теңдеуі және (1.8) және (1.9) жалпыланған Гук Заңының уақыт бойынша туындылары келесі түрге енеді:

$$\begin{cases} \dot{v}_1 = \sigma_{11,1} + \sigma_{12,2} \\ \dot{v}_2 = \sigma_{21,1} + \sigma_{22,2} \\ \dot{\sigma}_{11} = v_{1,1} + \gamma_{11} v_{2,2} \\ \dot{\sigma}_{22} = \gamma_{11} v_{1,1} + v_{2,2} \\ \dot{\sigma}_{12} = \gamma_{12}^2 (v_{1,2} + v_{2,1}) \end{cases} \tag{1.15}$$

бұл жерде және одан әрі функциялардың үстіндегі нүктесі  $\bar{t}$  бойынша алынған жеке туындыларын білдіреді.

(1.15) теңдеулерінің анықтаушы жүйесін матрицалық формада берілген ізделінетін

$$W = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \sigma_{11} \\ \sigma_{22} \\ \sigma_{12} \end{bmatrix}$$

векторына қатысты көрсетуге болады  $L(W) = A^t W_t + A^x W_x + A^y W_y = 0$

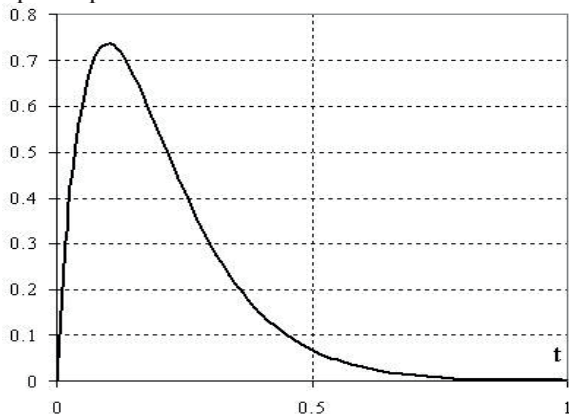
Мұндағы  $A^t, A^1$  және  $A^2$ - матрицалар:

$$A^t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; A^1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\gamma_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\gamma_{12}^2 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; A^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -\gamma_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -\gamma_{12}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(1.15) анықтаушы теңдеулер тұрақты коэффициенттері бар бірінші ретті дифференциалдық теңдеулердің біртекті сызықтық гиперболалық жүйесін білдіреді.

Есептеулер келесі параметрлері бар композициялық материалға арналып жасалды:  $\rho = 1, c_1 = \sqrt{\gamma_{11}} = 1, c_2 = \sqrt{\gamma_{12}} = 0,577$  композициялық материалдың сәйкес тереңдігі мен ені  $b = 1, d = 0,1$  және  $t$  уақыт интервалы (0; 6). Кернеудің секіруі келесі суретте беріледі (1-сурет).

Есептеулердегі кеңістіктік тор қадамдары  $h_1 = h_2 = h = 0,05$  және  $\tau = 0,025$  уақыты бойынша, дельта тәріздес функцияның параметрі  $\varepsilon = h$ .

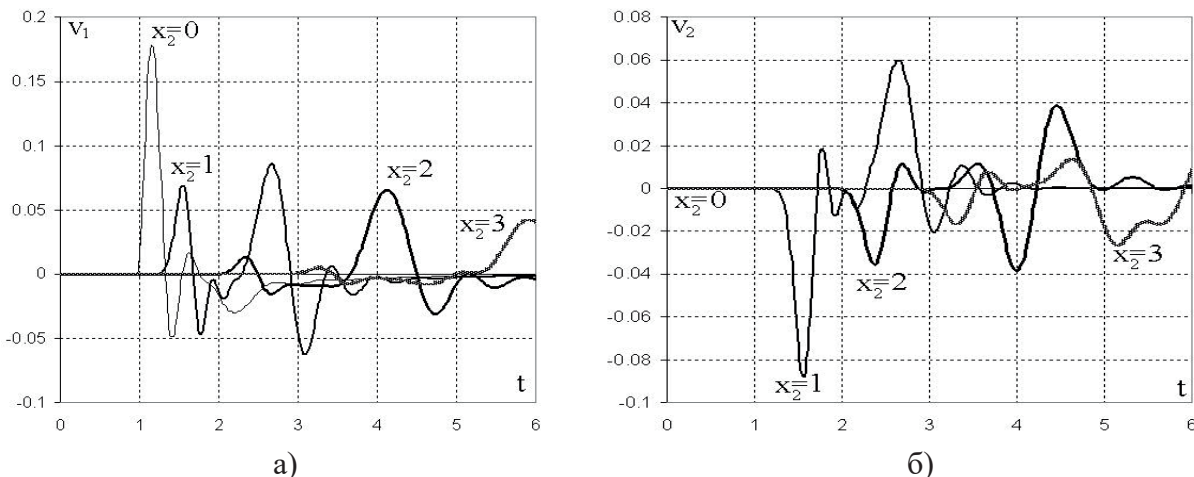


1-сурет. Кернеулердің секірісі.

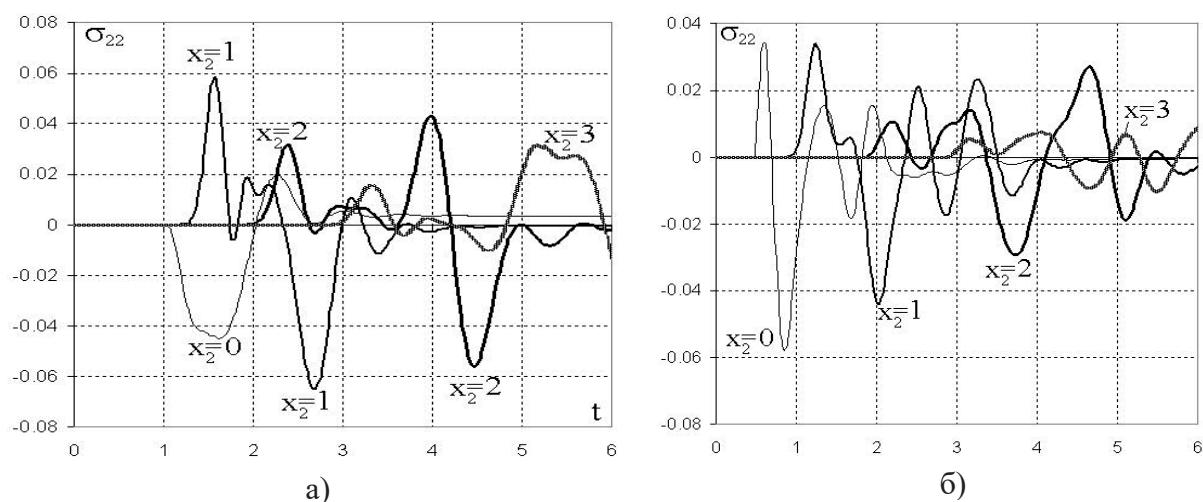
**Талқылануы.** Бойлық және көлденең толқындардың өлшемсіз шамаларда таралу жылдамдығы сәйкесінше  $c_1 = 1$  және  $c_2 = 0,577$  құрайды, ал  $O(0,0)$  нүктесіне дейінгі көлемді (бойлық) және ығысу (көлденең) толқындар сәйкесінше  $t_1 = 1$  және  $t_2 = 1,73$  уақыт ішінде, ал  $A(0; 1)$  нүктесіне  $t_1 = 1,35$  және  $t_2 = 2,33$ ,  $B(0; 2)$  нүктесіне  $t_1 = 2,15$  және  $t_2 = 3,71$  және  $C(0; 3)$  нүктесі үшін  $t_1 = 3,07$  және  $t_2 = 5,31$  уақыт аралығында жетеді. 2-суретте көрсетілген уақытта тербеліс жылдамдығының басталуын байқауға болады. Ол қоршаған орта қозғалысының табиғи тербелмелі сипатын көрсетеді. Орталығы ( $O$  нүктесі)  $v_2 = 0$ , себебі кернеудің төмендеуі симметриялы және  $Ox_1$  осіне параллель жүреді.

3-суретте  $\sigma_{22}$  кернеулердің толқындық формаларының  $x_1 = 0$  бетінде және  $x_1 = 0,5$  тереңдігінде  $x_2 = 0; x_2 = 1; x_2 = 2; x_2 = 3$  нүктелерінде осциллограммалары келтірілген. Кернеулер кейбір таңбаларын өзгертеді. Ал одан алыс жерде күндізгі жердің бетінде тербелмелі үдеріс сығылатын кернеулердің созылу кернеулеріне және керісінше өзгеруімен жүреді.

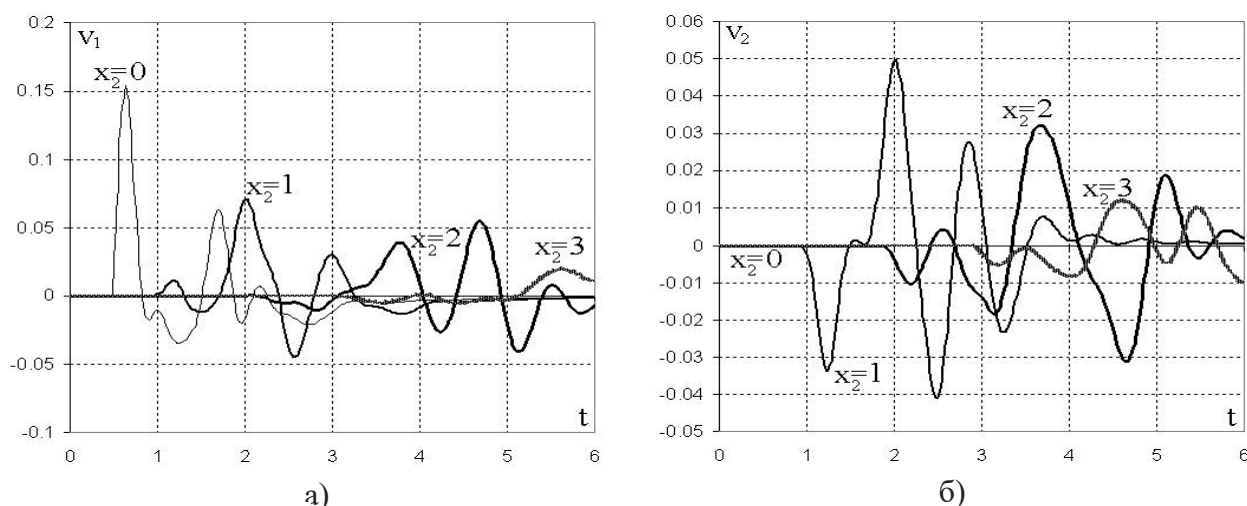
4-суретте  $v_1$  және  $v_2$  жылдамдықтарының осциллограммалары  $x_1 = 0,5$  тереңдігінде  $x_2 = 0; x_2 = 1; x_2 = 2; x_2 = 3$  нүктелерінде көрсетілген. Оларды күндізгі жер бетіндегі осциллограммалармен салыстыра отырып, графиктердің ұқсастығын байқауға болады. Күндізгі жер бетінде тербелістердің амплитудасы тереңдіктен үлкен.



2-сурет. а)  $v_1$  жылдамдығы және б)  $v_2$  жылдамдығының  $x_1=0, x_2=0; 1; 2; 3$  кезіндегі күндізгі беттің осциллограммалары



3-сурет.  $\sigma_{22}$  кернеудің: а)  $x_1 = 0$  бетінде және б)  $x_1 = 0,5$  тереңдігінде  $x_2 = 0; 1; 2; 3$  кезіндегі осциллограммалары



4-сурет.  $x_1 = 0,5$  ( $x_2 = 0; 1; 2; 3$ ) тереңдіктегі а)  $v_1$  және б)  $v_2$  жылдамдық осциллограммалары

**Қорытынды.** Өртүрлі матрицалардағы композициялық материалдардың келтірілген мысалдары оларды пайдалану сипаттамаларының маңызды және өте қызықты үйлесімдерін – жоғары беріктіктін, оның ішінде жоғары температура диапазонын, ыстыққа төзімділікті, шаршауға беріктігін және т. б. жүзеге асыру мүмкіндігін көрсетеді.

Қазіргі таңда жоғары физикалық-механикалық қасиеттері бар атмосфераға төзімділігі, тозуға төзімділігі, жарылуға төзімділігі және басқада қасиеттері бар материалдарды қолдану негізінде құрылымдарды құру және жетілдіру мәселелері маңызды және өзекті болып табылады.

Бұл өртүрлі құрылыстың салаларында сенімді және ұзаққа төзімді құрылыстарды салумен қайта жаңарту қажеттілігімен түсіндіріледі.

Қазіргі уақытта композиттер құрылыста, автомобиль және кеме жасауда, спорттық құрал – жабдықтар, эксклюзивті бұйымдар және т. б. жасауда кеңінен қолданылады.

Зерттеушілер мен өндірушілердің негізгі күш – жігері армирлеу талшықтарын алудың тиімді, технологиялық және экономикалық әдістерін өңдеуге, материалдармен бұйымдарды дайындаудың технологиялық үдерістерін жетілдіруге бағытталған. Бұл мәселелерді табысты шешу композициялық материалдарды қолдануға байланысты артықшылықтар, өнім өндірудің өте кең ассортиментінде табысты іске асырылатын болады деп үміттенуге мүмкіндік береді.

Серпімділіктің динамикалық теориясы есебінің аналитикалық шешімдері алынған жұмыстардың қысқаша талдауы, олардың өте күрделі екендігін көрсетеді және оларды тек қана шексіз үлкен уақыт үшін жүктеме салу орнынан алыс және фронттарға жақын жатқан нүктелер үшін шексіз аз уақыт ішінде зерттей алады. Табылған аналитикалық әдістер шекаралық жағдайлардың түріне сәйкес, белгілі шектеулері бар қарапайым геометриялық формадағы аймақтарға арналған есептердің кең ауқымын

шешуге мүмкіндік берді. Сонымен қатар, аналитикалық шешімдер жуықталған және сандық әдістер негізінде алынған нәтижелердің дәлдігі туралы мәселені зерттеуде үлкен маңызға ие болады.

**Адилова А.К.<sup>1</sup>, Жузбаев С.С.<sup>1</sup>, Ахметжанова Ш.Е.<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан;

<sup>2</sup>Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан.

E-mail: *adilaknur\_79@mail.ru*

## **СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА И ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ КОМПОЗИТОВ**

**Аннотация.** Применение композиционных материалов в различных областях техники непрерывно расширяется. Такие свойства, как высокая прочность, износостойкость, хорошее сопротивление агрессивным средам и, в частности, высокая технологичность позволяют использовать композиты в различных инженерных сооружениях и особенно в аэрокосмической технике, где изделия работают в экстремальных условиях, имеют ограниченный вес и повышенные требования к надежности.

XXI век можно отнести к столетию композиционных материалов. Сегодня невозможно представить строительство многих объектов промышленного, гражданского и жилого комплексов без этих материалов. Композиты вошли в нашу жизнь и практически полностью заменяют традиционные материалы в строительстве, энергетике, транспорте, электронике и т. д.

Изучение динамических процессов в деформируемых твердых телах является в настоящее время одной из наиболее актуальных проблем механики, представляющей интерес как с теоретической, так и с практической стороны.

Сложность системы уравнений, характеризующих композиционные материалы в упругих средах, заключается в том, что в настоящее время полное и достаточно точное решение задач в большинстве случаев может быть получено численными методами с использованием быстродействующих ЭВМ. За последние двадцать лет методы различных модификаций (методы разности, дробные ступени, пространственные характеристики, конечные элементы, граничных интегральных уравнений и др.), используемые для численного решения задач динамической теории упругости, подверглись интенсивной обработке. При этом учитываются как новые возможности численной реализации алгоритмов, так и необходимость решения ряда конкретных задач, не поддающихся аналитическому исследованию.

**Ключевые слова:** композиционный материал, деформация, уравнение, упругая среда, конструкция, напряжение, тензор.

**Adilova A.K.<sup>1</sup>, Zhuzbayev S.S.<sup>1</sup>, Akhmetzhanova S.E.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan;

<sup>2</sup>M.H. Dulati Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan.

E-mail: *adilaknur\_79@mail.ru*

## **COMPOSITE MATERIAL STRUCTURE AND PROBLEMS OF COMPOSITE MECHANICS**

**Abstract.** The use of composite materials in various fields of technology is constantly expanding. Such properties as high strength, wear resistance, good resistance to aggressive environments and, in particular, high manufacturability, force composites to be used in various engineering structures and especially in aerospace engineering, where products work in extreme conditions, have limited weight and increased reliability requirements.

The XXI century can be attributed to the century of composite materials. Today, it is impossible to imagine the construction of many industrial, civil and residential complexes without these materials. Composites have entered our life to this day and almost completely replace traditional materials in construction, energy, transport, electronics, and so on.

The study of dynamic processes in deformable solids is currently one of the most urgent problems of mechanics, which is of interest both from the theoretical and practical side.



The complexity of the system of equations characterizing composite materials in elastic media lies in the fact that at present a complete and fairly accurate solution of problems in most cases can be obtained by numerical methods using high-speed computers. Over the past twenty years, the methods of various modifications (difference methods, fractional steps, spatial characteristics, finite elements, boundary integral equations, etc.) used for the numerical solution of problems of the dynamic theory of elasticity have undergone intensive processing. This takes into account both the new possibilities of numerical implementation of algorithms, and the need to solve a number of specific problems that are not amenable to analytical research.

**Key words:** composite material, deformation, equation, elastic medium, construction, tension, tensor.

#### Information about authors:

**Adilova Aknur Kalymbetovna** – doctoral student of specialty “Information system” at L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, 010000, Kazakhstan. E-mail: [adilaknur\\_79@mail.ru](mailto:adilaknur_79@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7469-1324>;

**Zhuzbayev Serik Suleimenovich** – Candidate of Physics and Mathematics, Professor, L.N.Gumilyov Eurasian national university, Nur-Sultan, 010000, Kazakhstan. E-mail: [juzbayev@mail.ru](mailto:juzbayev@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0018-6816>;

**Akhmetzhanova Shynar Egeubayevna** – Candidate of Technical Sciences, acting Associate Professor, M.H. Dulati Taraz Regional University, Taraz, 080000, Kazakhstan. E-mail: [shina\\_70@mail.ru](mailto:shina_70@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4131-8328>.

### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Новацкий В. Теория упругости. - Москва: Мир, 1975.
- [2] Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. - Москва, Высшая школа, 1990.
- [3] Бабешко В.А., Глушко Е.В., Зинченко Ж.Ф. Динамика неоднородных линейно- упругих сред. - М., Наука, 1989.
- [4] Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости. - М., Гостехиздат, 1953.
- [5] Купрадзе В.Д. Методы потенциала в теории упругости. – Москва: Наука, 1963.
- [6] Рочегова Н.А. Основы архитектурной композиции. Курс виртуального моделирования: учебное пособие / Рочегова Н.А., Барчугова Е.В. – М.: Издательский центр «Академия», 2010.
- [7] Максименко В.Н. Теоретические основы методов расчета прочности элементов конструкций из композитов / Максименко В.Н., Олегин И.П.-Новосибирск: 2006.
- [8] Жүзбаев С.С., Адилова А.Қ., Ахметжанова Ш.Е. Композициялық материалдардың құрылу тарихы. Абай атындағы ҚазҰПУ. -2020ж, №4 (72), 88-94б.
- [9] Клифтон Р.Д.Ж. Разностный метод в плоских задачах динамической упругости. Механика (сб. переводов), - Москва, 1968, №1, с.103-122.
- [10] Zhuzbayev S., Adilova A., Akhmetzhanova Sh., Juzbayeva B., Sabitova D. Design of composite materials using information technology. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 30 September 2020, Vol.98 №18.
- [11] Жүзбаев С.С., Адилова А.Қ. Әртекті ортадағы серпімділік теориясының динамикалық контактілі есептеріндегі бөлу әдісі. С.Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің ғылыми журналы. ПМУ хабаршысы. ISSN 1811-1807.-2020, №1, 57-65 б.
- [12] Жүзбаев С.С., Сабитова Д.С. Компьютерное моделирование распространения упругих волн в однородной среде. Вестник ПГУ, ISSN: 1811-1807. -2018, №1, стр 68-81.
- [13] Булатов В.В., Владимиров Ю.В. Теория волновых движений неоднородных сред: монография [Электронный ресурс]. – Электрон. текст.дан. -Киров: МЦНИП, 2017. –ISBN 978-5-00090-116-8.

### REFERENCES

- [1] Novatsky V. Theory of elasticity. - Moscow: Mir, 1975. [in Russ].
- [2] Alexandrov A.V., Potapov V.D. Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity. - Moscow, Higher School, 1990. [in Russ].
- [3] Babeshko V.A., Glushko E.V., Zinchenko Zh.F. Dynamics of inhomogeneous linear elastic media. - M., Nauka, 1989. [in Russ].



- [4] Galin L.A. Contact problems of the theory of elasticity. - M., Gostekhizdat, 1953. [in Russ].
- [5] Kupradze V.D. Methods of potential in the theory of elasticity. - Moscow: Nauka, 1963. [in Russ].
- [6] Rochevova N.A. Fundamentals of architectural composition. The course of virtual modeling: a textbook / Rochevova N.A., Barchugova E.V.-M.: Publishing center «Academy», 2010. [in Russ].
- [7] Maksimenko V.N. Theoretical foundations of methods for calculating the strength of structural elements made of composites / Maksimenko V.N., Olegin I.P.-Novosibirsk: 2006. [in Russ].
- [8] Zhuzbaev S.S., Adilova A.K., Akhmetzhanova Sh. History of the creation of composite materials. Abai Kaznpu. -2020, №4 (72), p88-94.
- [9] Clifton R.J. The difference method in plane problems of dynamic elasticity. Mechanics (collection of translations), - Moscow, 1968, №1, p.103-122. [in Russ].
- [10] Zhuzbayev S., Adilova A., Akhmetzhanova Sh., Juzbayeva B., Sabitova D. Design of composite materials using information technology. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 30 September 2020, Vol.98 №18.
- [11] Zhuzbaev S.S., Adilova A.K. Distribution method in dynamic contact problems of elasticity theory in heterogeneous media. Scientific journal of S. Toraigyrov Pavlodar State University. Bulletin of the PSU. ISSN 1811-1807. -2020, №1, p.57-65.
- [12] Zhuzbaev S.S., Sabitova D.S. Computer modeling of elastic wave propagation in a homogeneous medium. Bulletin of PSU, ISSN: 1811-1807. -2018, №1, p.68-81.
- [13] Bulatov V.V., Vladimirov Yu.V. Theory of wave motions of inhomogeneous media: monograph [Electronic resource]. - Electron. text. - Kirov: ICNIP, 2017 – - ISBN 978-5-00090-116-8. [in Russ].

## МАЗМҰНЫ

### ФИЗИКА

<b>Абуова Ф.У., Инербаев Т.М., Абуова А.У., Қаптағай Г.Ә., Мерәлі Н.</b> ВАНАДИЙМЕН ЛЕГИРЛЕНГЕН $Mn_2CoZ(Al/Ga)$ ҚОСПАСЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ, ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ МАГНИТТІК ҚАСИЕТТЕРІ.....	6
<b>Алдақұлов Е., Темірбек Ә.М., Муратов М.М., Молдабеков Ж., Рамазанов Т.С.</b> КРИОГЕНДІК ЖАҒДАЙДАҒЫ ТОЗАҢДЫ ПЛАЗМА БӨЛШЕКТЕРДІҢ ЖҰПТЫҚ КОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ ФУНКЦИЯСЫНА ТЕРМОФОРЕТИКАЛЫҚ КҮШНІҢ ӘСЕРІ.....	17
<b>Калжигитов Н.К., Василевский В.С., Такибаев Н.Ж., Курмангалиева В.О.</b> ${}^6Li$ ЯДРОСЫНДАҒЫ КЛАСТЕРЛІК ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЭФФЕКТІЛЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	25
<b>Курбаниязов А.К., Сырлыбекқызы С., Джаналиева Н.Ш., Аккенжеева А.Ш., Кабылова А.Р.</b> ОРТА КАСПИЙДІҢ ТЕҢІЗ АҒЫНЫН МЕН ТЕРМОХАЛИН ҚҰРЫЛЫМЫН ТІКЕЛЕЙ ӨЛШЕУ...33	
<b>Мейрамбекұлы Н., Карибаев А.В., Темирбаев А.А.</b> ЖЕРДІ БАРЛАУШЫ КІШІ ҒАРЫШ АППАРАТТАРЫНА АРНАЛҒАН АНИЗАТРОПТЫ ФРАКТАЛДЫҢ ЕКІНШІ БУЫНЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨПДИАПАЗОНДЫ АНТЕННА.....	42
<b>Мұсабек Г.Қ., Садықов Ғ.Қ., Бақтыгерей С.З., Задерко А.Н., Лесняк В.В.</b> ТЕРМОМЕТРИЯҒА АРНАЛҒАН ФОТО ЛЮМИНЦЕНЦИЯЛЫҚ НАНОМАТЕРИАЛДАР: КРЕМНИЙ ЖӘНЕ КӨМІРТЕКТІ НАНОБӨЛШЕКТЕР.....	54

### ИНФОРМАТИКА

<b>Джусупбекова Г.Т., Жидебаева А.Н., Изтаев Ж.Д., Шаймерденова Г.С., Тастанбекова Б.О.</b> DELPHI ОРТАСЫНДА «БАНК ЖҮЙЕСІНДЕГІ НЕСИЕЛЕР МЕН ДЕПОЗИТТЕРДІ АВТОМАТТАНДЫРУ» ЖҰМЫС ОРЫНДАРЫН ҚҰРУ.....	61
<b>Ерасыл К., Ахметов И., Джаксылықова А.</b> KASPI ӨНІМДЕРІ ТУРАЛЫ ПІКІРЛЕРДЕГІ КӨҢІЛ-КҮЙДІ ТАЛДАУ.....	68
<b>Мауленов Қ.С., Кудубаева С.А.</b> НААР, НОГ, CNN БЕТ ДЕТЕКТОРЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	74
<b>Сейлова Н.А., Журынтаев Ж.З., Мамырбаев О.Ж., Батыргалиев А.Б., Тұрдалыұлы М.</b> ПСЕВДО КЕЗДЕЙСОҚ ИМПУЛЬСТАР ТІЗБЕГІНІҢ САНДЫҚ ГЕНЕРАТОРЛАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ CAD QUARTUS II ОРТАСЫНДА FPGA КӨМЕГІМЕН МОДЕЛЬДЕУ.....	83
<b>Сымагулов А., Кучин Я., Елис М., Жумабаев А., Абдуразаков А.</b> МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ ҚАРА ЖӘШІКТЕРІН ТҮСІНДІРУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚҰРУ ҮШІН ОЛАРДЫ ҚОЛДАНУ.....	91
<b>Усатова О.А., Бегимбаева Е.Е., Нысанбаева С.Е., Усатов Н.С.</b> ХЕШ ФУНКЦИЯ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ПРАКТИКАЛЫҚ ҚОЛДАНУ.....	100

### МАТЕМАТИКА

<b>Абдраманова Г.Б., Имамбек О., Белисарова Ф.Б.</b> $p^7B$ СЕРПИМДІ ШАШЫРАУ ҚИМАСЫНЫҢ ЕСЕПТЕУЛЕРІ ҮШІН ГЛАУБЕР ТЕОРИЯНЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ФОРМАЛИЗМ.....	111
<b>Адилова А.Қ., Жүзбаев С.С., Ахметжанова Ш.Е.</b> КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ КОМПОЗИТТЕР МЕХАНИКАСЫНЫҢ ЕСЕПТЕРІ.....	119
<b>Иванов К.С., Тулекенова Т.Д.</b> ТҮЙІСУ МЕХАНИЗІМІНІҢ БЕЙІМДЕЛГЕН ЖЕТЕГІНІҢ ДИНАМИКАСЫ.....	131
<b>Исраилова С.Т., Муханова А.А., Сатыбалдиева А.Ж.</b> ТЕҢГЕРІМДІ КӨРСЕТКІШТЕР ЖҮЙЕСІ БОЙЫНША КӘСІПОРЫННЫҢ БИЗНЕС ПРОЦЕСТЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ АЛГОРИТМІ.....	137
<b>Оразбаев Б.Б., Жумадиллаева А.К., Дюсекеев К.А., Сантеева С.Ә., Xiao-Guang Yue</b> ЖҮЙЕЛІК ТӘСІЛДЕМЕ НЕГІЗІНДЕ ЛГ-35-11/300-95 ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ БЕНЗИНДІ РИФОРМИНГТЕУ РЕАКТОРЛАРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ.....	145

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

<b>Абуова Ф.У., Инербаев Т.М., Абуова А.У., Каптагай Г.А., Мерәлі Н.</b> СТРУКТУРНЫЕ, ЭЛЕКТРОННЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА $Mn_2CoZ(Al/Ga)$ ПРИ ЛЕГИРОВАНИИ ВАНАДИЕМ.....	6
<b>Алдакулов Е., Темірбек Ә.М., Муратов М.М., Молдабеков Ж., Рамазанов Т.С.</b> ВЛИЯНИЕ СИЛЫ АТОМНОГО УВЛЕЧЕНИЯ НА ПАРНУЮ КОРРЕЛЯЦИОННУЮ ФУНКЦИЮ ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЫ В КРИОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	17
<b>Калжигитов Н.К., Василевский В.С., Такибаев Н.Ж., Курмангалиева В.О.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ КЛАСТЕРНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ В ЯДРЕ ${}^6Li$ .....	25
<b>Курбаниязов А.К., Сырлыбеккызы С., Джаналиева Н.Ш., Аккенжеева А.Ш., Кабулова А.</b> ПРЯМОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МОРСКОГО ТЕЧЕНИЯ И ТЕРМОХАЛИНОВОЙ СТРУКТУРЫ СРЕДНЕГО КАСПИЯ.....	33
<b>Мейрамбекұлы Н., Карибаев Б.А., Темирбаев А.А.</b> МНОГОДИАПАЗОННАЯ АНТЕННА НА БАЗЕ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ АНИЗОТРОПНОГО ФРАКТАЛА ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ ЗЕМЛИ.....	42
<b>Мусабек Г.К., Садыков Г.К., Бактыгерей С.З., Задерко А.Н., Лесняк В.В.</b> ФОТОЛЮМИНЦЕНТНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕРМОМЕТРИИ: КРЕМНИЙ И УГЛЕРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ.....	54

### ИНФОРМАТИКА

<b>Джусупбекова Г.Т., Жидебаева А.Н., Изтаев Ж.Д., Шаймерденова Г.С., Тастанбекова Б.О.</b> СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАБОЧИХ МЕСТ ДЛЯ «КРЕДИТОВАНИЕ И ДЕПОЗИТЫ В БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЕ» В СРЕДЕ DELPHI.....	61
<b>Ерасыл К., Ахметов И., Джаксылыкова А.</b> ТОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЗЫВОВ О ТОВАРАХ KASPI.....	68
<b>Мауленов Қ.С., Кудубаева С.А.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕТЕКТОРОВ ЛИЦ HAAR, HOG, CNN.....	74
<b>Сейлова Н.А., Джурунтаев Д.З., Мамырбаев О.Ж., Батыргалиев А.Б., Тұрдалыұлы М.</b> ЦИФРОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСОВ И ИХ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛИС В СРЕДЕ САПР QUARTUSII.....	83
<b>Сымагулов А., Кучин Я., Елис М., Жумабаев А., Абдуразаков А.</b> МЕТОДЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЧЕРНЫХ ЯЩИКОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	91
<b>Усатова О.А., Бегимбаева Е.Е., Нысанбаева С.Е., Усатов Н.С.</b> АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ХЕШ-ФУНКЦИЙ.....	100

### МАТЕМАТИКА

<b>Абдраманова Г.Б., Имамбек О., Белисарова Ф.Б.</b> МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФОРМАЛИЗМ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СЕЧЕНИЯ УПРУГОГО $p^7Be$ -РАССЕЯНИЯ В РАМКАХ ТЕОРИИ ГЛАУБЕРА.....	111
<b>Адилова А.К., Жузбаев С.С., Ахметжанова Ш.Е.</b> СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА И ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ КОМПОЗИТОВ..	119
<b>Иванов К.С., Тулекенова Т.Д.</b> ДИНАМИКА АДАПТИВНОГО ПРИВОДА СТЫКОВОЧНОГО МЕХАНИЗМА.....	131
<b>Исраилова С.Т., Муханова А.А., Сатыбалдиева А.Ж.</b> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	137
<b>Оразбаев Б.Б., Жумадилаева А.К., Дюсекеев К.А., Сантеева С.А., Xiao-Guang Yue</b> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РЕАКТОРОВ РИФОРМИНГА БЕНЗИНА УСТАНОВКИ ЛГ-35-11/300-95 НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА.....	145

## CONTENTS

### PHYSICS

<b>Abuova F., Inerbaev T., Abuova A., Kaptagay G., Merali N.</b> STRUCTURAL, ELECTRONIC AND MAGNETIC PROPERTIES OF VANADIUM DOPED Mn <sub>2</sub> CoZ(Al/Ga).....	6
<b>Aldakulov Ye., Temirbek A.M., Muratov M.M., Moldabekov Z., Ramazanov T.S.</b> INFLUENCE OF THE NEUTRAL SHADOWING FORCE ON THE PAIR CORRELATION FUNCTION OF THE DUSTY PLASMA UNDER CRYOGENIC CONDITIONS.....	17
<b>Kalzhitov N., Vasilevsky V.S., Takibayev N. Zh., Kurmangaliyeva V.O.</b> A STUDY OF THE EFFECTS OF CLUSTER POLARIZATION IN THE 6Li NUCLEUS.....	25
<b>Kurbaniyazov A.K., Syrlybekkyzy S., Janaliyeva N.Sh., Akkenzheyeva A., Kabylova A.</b> DIRECT MEASUREMENT OF SEA CURRENTS AND THERMOHALINE STRUCTURE OF THE MIDDLE CASPIAN.....	33
<b>Meirambekuly N., Karibayev B.A., Temirbayev A.A.</b> MULTI-BAND ANTENNA BASED ON THE SECOND GENERATION OF ANISOTROPIC FRACTAL FOR SMALL REMOTE SENSING AND EARTH OBSERVING SPACECRAFTS.....	42
<b>Mussabek G.K., Sadykov G.K., Baktygerey S.Z., Zaderko A.N. Lisnyak V.V.</b> PHOTOLUMINESCENT NANOMATERIALS FOR THERMOMETRY: SILICON AND CARBON NANOPARTICLES.....	54

### COMPUTER SCIENCE

<b>Jussupbekova G.T., Zhidebayeva A.N., Iztayev Zh.D., Shaimerdenova G.S., Tastanbekova B.O.</b> CREATION OF AUTOMATED JOBS FOR "LOANS AND DEPOSITS IN THE BANKING SYSTEM" IN THE DELPHI ENVIRONMENT.....	61
<b>Yerassyl K., Akhmetov I, Jaxylykova A.</b> SENTIMENT ANALYSIS OF KASPI PRODUCT REVIEWS.....	68
<b>Maulenov K.S., Kudubaeva S.A.</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF FACE DETECTORS HAAR, HOG, CNN.....	74
<b>Seilova N.A., Dzhuruntaev D.Z., Mamyrbayev O.Zh., Batyrgaliev A.B., Turdalyuly M.</b> DIGITAL GENERATORS OF A PSEUDORANDOM PULSES SEQUENCE AND THEIR MODELING WITH USE OF FPGA IN THE ENVIRONMENT CAD QUARTUS II.....	83
<b>Symagulov A., Kuchin Ya., Yelis M., Zhumabayev A., Abdurazakov A.</b> METHODS FOR INTERPRETING MACHINE LEARNING BLACK BOXES AND THEIR APPLICATION TO DECISION SUPPORT SYSTEMS.....	91
<b>Ussatova O., Begimbayeva Ye., Nyssanbayeva S., Ussatov N.</b> ANALYSIS OF METHODS AND PRACTICAL APPLICATION OF HASH FUNCTIONS.....	100

### MATHEMATICS

<b>Abdramanova G.B., Imambek O., Belisarova F.B.</b> MATHEMATICAL FORMALISM FOR CALCULATIONS OF THE ELASTIC p <sub>7</sub> Be SCATTERING CROSS SECTION IN THE FRAMEWORK OF GLAUBER THEORY.....	111
<b>Adilova A.K., Zhuzbayev S.S., Akhmetzhanova S.E.</b> COMPOSITE MATERIAL STRUCTURE AND PROBLEMS OF COMPOSITE MECHANICS.....	119
<b>Ivanov K.S., Tulekenova T.D.</b> DYNAMICS OF THE ADAPTIVE DRIVE OF THE DOCKING MECHANISM.....	131
<b>Israilova S., Mukhanova A., Satybaldiyeva A.</b> MODERN METHODS FOR EVALUATING BUSINESS PROCESSES OF AN ENTERPRISE USING A BALANCED SCORECARD.....	137
<b>Orazbayev B., Zhumadillayeva A., Dyussekeyev K., Santeyeva S., Xiao-Guang Yue</b> DEVELOPMENT MATHEMATICAL MODELS OF PETROL REFORMING REACTORS OF THE LG-35-11 / 300-95 INSTALLATION BASED ON A SYSTEM APPROACH.....	145

**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 described work 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](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <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 сайтах:

**[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)**

**<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>**

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*  
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 15.10.2021.

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

4,6 п.л. Тираж 300. Заказ 5.