**2021-2023 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша жас ғалымдарды гранттық қаржыландыру жобасы туралы қысқаша ақпарат:**

**"Әскери ұшқышсыз ұшу аппараттары мен аэроғарыштық техника корпустары үшін жоғары беріктігі бар радиоөткізгіш композитті алудың отандық технологиясын әзірлеу"**

|  |  |
| --- | --- |
| Максаты | Негізгі сипаттамалары бар арамидті маталар негізінде органопластик алудың отандық технологиясын әзірлеу: диэлектрлік өткізгіштік ≤ 4 созылу беріктігі ≥ 700 МПа, қысу беріктігі ≥ 200 МПа, иілу беріктігі ≥ 300 МПа, соққы беріктігі ≥ 250 кДж/м2. |
| Өзектілігі | Бүгінгі таңда әскери мақсаттағы перспективты робототехникалық кешендердің бірі ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) болып табылады. ҰҰА негізіндегі көпфункционалды кешен жер бедерін және объектілерді бақылау, бейне, фото-түсірілім жүргізу, шағын габаритті жүктерді белгілі бір нүктеге тасымалдау және түсіру сияқты негізгі міндеттерді шеше алады. Әскери ұшақтардың мақсаты мен қолданылуы екі функцияға негізделген азаматтық ұшақтардан ерекшеленеді: барлау мақсаты және жауынгерлік зарядтың тасымалдаушысы болып табылады. Әскери ұшақтардың ерекшелігі-олардың жау радарларына көрінбеуі және командалық пунктпен ақпараттың тұрақты берілуін қамтамасыз ету. Осы мақсаттар үшін, ең алдымен, ұшқышсыз ұшу аппараттарының материалы радиоөткізгіштік қасиеттеріне ие болуы керек. Бұл талаптарға полимерлі композициялық материалдар (ПКМ) арасында органопластик толық жауап береді. |
| Күтілетін нәтижелер | Сипаттамалары бар тиімді компоненттері бар органопластикты алу әдісі эксперименталды түрде пысықталады: созылу беріктігі 700 МПа дейін, қысу беріктігі 200 МПа дейін иілу 300 МПа дейін. |
| Алынған нәтижелер | 2022 жылғы күнтізбелік жоспар бойынша органопластиктің қаттылығы мен радиоөткізгіштігін арттыру тәсілдерін тәжірибелік зерттеу жүргізілді. Эпоксид шайырын пластификатормен модификациялау арқылы органопластиктің соққыға төзімділігін арттыру жолдары зерттелді. Біріктірілген арматураның органопластиктың радиоөткізгіштігіне әсері зерттелді. Алынған үлгілердің микроқұрылымы зерттелді.Органопластиктың қаттылығы мен радиоөткізгіштігі бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Үш әдіспен органопластиктерді қалыптаудың технологиялық режимдері пысықталды: қолмен қалыптау, вакуумды қалыптау және вакуумды инфузия. Үлгілерді қалыптау кезінде Epikote LR 285 бөлмелі қатайтылған эпоксидті шайыр, Арамид 3300 dtex маркалы арамидті мата толтырғыш ретінде пайдаланылды. Нәтижелер үш қалыптау әдісімен органопластиктың соққыға төзімділігінің келесі беріктік деректерін алды:- қолмен – 279 кДж/м2;– вакуум-360 кДж/м2;- вакуумдық инфузия-402 кДж/м2.Ең жақсы нәтижелерге 65:35% компоненттерінің массалық қатынасы және -90 кПа вакуумдық разряд кезінде вакуумдық инфузия әдісімен үлгілерде қол жеткізілді.50:50% массалық арақатынаста арамидті ровингпен арамидті мата арматурасын біріктірілген арматуралау арқылы органопластиктың соққы беріктігін арттыру әдістері зерттелді, сонымен қатар 2021 жылдың нәтижелері бойынша қысу, созылу, иілу үшін беріктік көрсеткіштерін арттыруға қол жеткізілді (созылу беріктігі 710 МПа, қысу үшін 260 МПа және иілу үшін 418 МПа). Үлгілер вакуумдық инфузия әдісімен жасалады. Алынған органопластик үлгілерінің қаттылығы 416 кДж/м2 құрады.Органопластиктың матрицасын модификациялау арқылы қаттылықты арттыру әдістері зерттелді:- бір бағытты арамидті ровинг;- бір бағытты арамидті мата;- Пластификатор трикресилфосфат (ТКФ);- СКТНА полиуретанды каучук.Арамидті ұлпаны біріктіру үшін бір бағытты арамидті ұлпалар мен масса қатынасында ровингтер қолданылады. 50:50%. Эпоксидті шайырдағы модификаторлардың мөлшері ЭШ жалпы массасының 10%, 15%, 20% құрады.Бір бағытты арамидті ровингпен және бір бағытты арамидті тінмен біріктірілген арматуралау кезінде органопластиктің соққы тұтқырлығының жоғарылауы арамидті тіннің массасының 50:50% қатынасында тиісінше 402 кДж/м2-ден 416 кДж/м2-ге дейін және 432 кДж/м2-ге дейін алынды. Бір бағытты арамидті ровингпен біріктірілген арматуралау және құрамында 15% бар СКТНА полиуретанды резеңкемен эпоксидті шайырды модификациялау кезінде соққы тұтқырлығын 416 кДж/м2-ден 426 кДж/м2-ге дейін арттыруға қол жеткізілді. Бір бағытты арамидті шүберекпен және 15% резеңке полиуретан СКТН біріктірілген арматурамен 445 кДж/м2 соққы тұтқырлығына қол жеткізілді. Соққының тұтқырлығын арттырудағы резеңкенің негізгі рөлі-органопластиктегі соққы кезінде резеңке бөлшегінің маңында шамадан тыс кернеу әсерінен областьысу аймағы пайда болуы мүмкін. Сдысу жолақтары соққы энергиясын қосымша сіңіру арқылы да, микысу жолағының күшейтілген материалымен кездескенде микрокректердің өсуін тежеу арқылы да органопластиктың соққыға төзімділігін арттыруға ықпал етеді.Бір бағытты арамидті ровингпен біріктірілген арматуралау және құрамында 10% ТКФ пластификаторымен эпоксидті шайырды модификациялау кезінде соққы тұтқырлығының 416 кДж/м2-ден 475 кДж/м2-ге дейін 14% - ға ең жоғары жоғарылауына қол жеткізілді. Ең жақсы нәтиже эпоксидті шайырды 10% TКФ пластификаторымен және бір бағытты арамидті матамен біріктірілген арматурамен модификациялау кезінде алынады, оның қаттылығы 432 кДж/м2-ден 480 кДж/м2-ге дейін 11% - ға жоғарылағанын көрсетті. TКФ пластификаторымен беріктіктің жоғарылауы матрицаның молекулалық құрылымының икемділігі мен қозғалғыштығының жоғарылауына байланысты болуы мүмкін.Жұмыстың келесі кезеңі органопластиктың радиоөткізгіштігін бағалау параметрлерінің бірін өлшеу болды-электромагниттік энергияның жоғалуы. Үлгілерді сынау "Ғарыштық техника және технологиялар институты" ДББҰ-да жүргізілді.Радиоөткізгіштікті өлшеу (электромагниттік толқынның өту коэффициенті) органопластик үлгісімен және онсыз таратушы және қабылдаушы мүйіз антенналары арасындағы электромагниттік сәулелену деңгейлерін салыстыру әдісімен жүргізілді. P6-23m/2 типті мүйіз антенналары нормаланған бағыт диаграммасы бар кең жиілік диапазонында берілген қуат ағынының тығыздығы бар концентрацияланған электромагниттік өрісті қоздыру қабілетіне байланысты таңдалады. Органопластиктегі электромагниттік энергияның жоғалуын өлшеу үшін өлшемдері бар пластиналар түрінде үлгілер жасалды: ені 297 мм, ұзындығы 420 мм, қалыңдығы 2 мм.Үлгінің кеңістіктік жағдайы тірекке ағаш жақтаумен бекітілген. Металл бекіткіштерден пайда болатын өлшеу аймағындағы шағылыстарды азайту үшін жақтау периметрі бойынша пластикалық бұрандалармен бекітілген.Антенналардың бүйірлік жапырақшаларының энергиясы өлшеу дәлдігін нашарлатпауы үшін, таратушы антеннадан үлгінің сыртындағы қабылдау бөлмесіне еніп, Торус типіндегі радио сіңіргіш материалмен жабылған эхо емес экрандалған камера жағдайында үлгінің радиоөткізгіштігін өлшеу. Радио сіңіргіш материал бүйірлік жапырақшалардың паразиттік энергиясын сіңіреді. Камераны экрандау ұялы байланыс операторларының базалық станцияларының сыртқы эфирлік радио сәулеленуінің өлшеу нәтижелеріне әсерін болдырмауға мүмкіндік береді.Органопластиктегі электромагниттік энергияның жоғалуы 1÷6 ГГц өлшеуіш мүйіз антенналарының жиілік диапазонында өлшенді, диапазон нәтижелерді дәлірек көрсету үшін екі бөлімге бөлінді: 1÷4 ГГц және 4÷6 ГГц. Эксперименттердің нәтижелері бойынша мәні 1÷4 ГГц жиілік диапазонындағы бастапқы органопластиктегі радиотолқындардың әлсіреуі 0,851 дБ, ал 4÷6 ГГц жиілікте 1,45 дБ құрайды.Радиоөткізгіштікті тағы бір негізгі көрсеткіші-диэлектрлік өткізгіштік өлшенді. Диэлектрлік өткізгіштікті өлшеу конденсатор әдісімен жүргізілді. Органопластиктің қатысуымен және онсыз конденсатордың сыйымдылығы APPA701 LCR метрімен өлшенеді. Эксперимент нәтижелері бойынша бастапқы органопластиктің диэлектрлік өткізгіштігі ε=2,825 анықталды.Органопластиктың радиоөткізгіштігі мен диэлектрлік өткізгіштігін арттыру әдісі бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Органопластиктың радиоөткізгіштігі мен диэлектрлік өткізгіштігін арттыру үшін келесі модификаторлар қолданылады:- байланыстырушы үшін Пластификатор Трекрезилфосфат (ТКФ) - эпоксидті шайырдың жалпы массасының 10 % ;- біріктірілген Арматура үшін арамидті ұлпа массасының 50:50% қатынасында бір бағытты арамидті ровинг;- біріктірілген Арматура үшін арамидті ұлпа массасының 50:50% қатынасында бір бағытты арамидті ұлпа.Эксперименттердің нәтижелері бойынша төмендеу алынды қуаттың жоғалуы 1÷4 ГГц диапазонында 0,851 дБ-ден 0,210 дБ-ге дейін, ал 4÷6 ГГц диапазонында 1,45 дБ-ден 0,73 дБ-ге дейін органопластик үлгісі үшін күшейтілген бір бағытты арамидті ровинг және 10% ТКФ пластификаторы бар модификацияланған эпоксидті шайыр. Диэлектрлік өткізгіштіктің ε=2,825-тен ε=2,581-ге дейін төмендеуі.Қуаттың жоғалуы мен диэлектрлік өткізгіштікті төмендетудің ең жақсы нәтижесі эпоксидті шайырды 10% TKF және 1÷4 ГГц диапазонында 0,851 дБ-ден 0,195 дБ-ге дейін және 4÷6 ГГц диапазонында 1,45 дБ-ден 0,64 ДБ-ге дейін бір бағытты арамидті матамен біріктірілген арматурамен модификациялау арқылы алынады, ал диэлектрлік өткізгіштік ε=2,825-тен ε-ге дейін = 2,496.Осылайша, органопластиктың радиоөткізгіштігі мен диэлектрлік өткізгіштігі толтырғыш пен байланыстырғыштың құрамы шешуші мәнге ие екендігі анықталды. Органопластиктың ең жақсы радиоөткізгіштігі мен диэлектрлік өнімділігі бір бағытты арамидті шүберекпен біріктірілген арматураға негізделген арамидті ұлпамен және ТКФ пластификаторының 10% құрамымен өзгертілген эпоксидті шайырмен қамтамасыз етіледі.Диэлектрлік қасиеттердің төмендеуіне мыналар арқылы қол жеткізуге болады: тығыздығы жоғары бір бағытты арамидті маталарды пайдалана отырып, біріктірілген арматуралау арқылы арматуралық толтырғышты тығыздау, нәтижесінде композиттегі микро қуыстар мен ақаулар реттеледі; органопластиктың диэлектрлік өткізгіштік көрсеткішіне полимер матрицасының түрі әсер етеді, байланыстырғыш үлгілерде ε төменгі мәндері алынады оның құрамында TKF пластификаторы бар, бұл шайырдың арматуралық толтырғышпен үйлесімділігін жақсартады. Сондай-ақ, TKF модификаторы жақсы диэлектрлік қасиеттерге ие, ылғалға төзімділікпен сипатталады, бұл ультра жоғары жиілік диапазонында ылғалдың сіңуі мен диэлектрлік өнімділіктің төмендеуіне әкеледі.Алынған үлгілердің беріктігін сынау және құрылымдық талдауОрганопластиктың беріктік қасиеттері зерттелді өзгертілген 10% TКФ пластификаторымен және аралас арматурамен (бірге бір бағытты арамидті мата 50:50% масса қатынасында. Беріктік сынақтарына арналған органопластик үлгілері ГОСТ созылу (ГОСТ 32656-2014), қысу (ГОСТ 33519-2015), иілу (ГОСТ 56810-2015) және қаттылық (ГОСТ 4647-2015) сәйкес жасалған. Арамидті матадан және es l-ден жасалған созылу үлгілерінің ені 25 мм ± 0,5 мм, жалпы ұзындығы 250 мм және қалыңдығы 4 мм. Сығымдау сынағы үшін органопластик үлгілер өлшемдермен жасалған: ені 15 мм ± 0,5 мм, жалпы ұзындығы 140 мм және қалыңдығы 4 мм. иілу сынағы үшін органопластик үлгілер өлшемдермен жасалған: ені 15 мм ± 0,5 мм, жалпы ұзындығы 140 мм және қалыңдығы 4 мм. соққыға төзімділік сынағы үлгілері өлшемдермен жасалған: ұзындығы 80 ± 2 мм, ені 10 ± 0,5 мм және қалыңдығы 4 мм. осылайша, органопластиктың беріктік сипаттамаларын зерттеу нәтижесінде 740 МПа созылу, 281 МПа қысу беріктігі, 426 Мпа иілу беріктігі және 480 кДж/м2 соққыға төзімділік болды.Алынған органопластик үлгілерінің микроқұрылымы зерттелдіҚұрамында трикресилфосфат модификаторы бар вакуумды инфузия әдісін қолдана отырып жасалған органопластиктың микроқұрылымында бір фазалы құрылымы бар аймақтар, сондай-ақ құрылымдық ақаулары бар аймақтар бар. Талшықтар арасындағы полимер матрицасының қабаттарының қалыңдығы мөлшері бойынша айтарлықтай өзгеретіні анықталды – 0-ден 10 мкм-ге дейін. Органопластик көлеміндегі полимер матрицасының біркелкі бөлінбеуі арматуралық талшықтардың қаптамасының әр түрлі тығыздығына байланысты, бұл арматуралық толтырғышты сіңдіру сатысында байланыстырушы компоненттердің талшық аралық кеңістікке ену процесіне әсер етеді. Диаметрі 40-80 мкм шеңберлер түрінде өрілген аймақтарда ауа тесіктерінің, үлгілердің бетінің болуы анықталды. Осылайша, микроқұрылымдық зерттеулердің нәтижелері талшықтардың тығыз оралған аймақтарында (жіптерде) және талшықтардың бетінде бір фазалы құрылымы бар эпоксидті полимердің жұқа қабаты пайда болатындығын көрсетеді. 2022 жылға арналған күнтізбелік жоспарға сәйкес жұмыстың барлық кезеңдері орындалды. |
| Зерттеу тобының мүшелері идентификаторларымен (Scopus ID, Researcher ID, ORCID) және олардың профильдеріне сілтемелері | 1. Ермаханова А.М., PhD <https://orcid.org/>0000-0002-2145-51222. Кенжегулов А.К. PhD https://orcid.org/0000-0001-7001-2654, Scopus ID: 57210622996, WoS ID: AAD-1637-2020, https://scholar.google.ru/citations?user=umeQ\_s4AAAAJ&hl=ru3. Мейрбеков М.Н. магистр <https://orcid.org/0000-0003-0434-9114>, Scopus ID: 572182826174. Байсериков Б.М**.** магистр |
| Жарияланымдар мен патенттер тізімі | 1. Ермаханова А.М., Исмаилов М.Б. Влияние углеродных наночастиц на механические свойства эпоксидной смолы//Труды международных сатпаевских чтений «Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстана» – Алматы: КазНИТУ 2016, т.2, С. 582-587.2. M.B. Ismailov, А.M. Yermakhanova. Carbon nanoparticles influence on mechanical properties of epoxide resin and carbon composite // Complex Use of Mineral Resources – Almaty, 2016. № 4. P.63-73. DOI: https://doi.org/10.31643/2018/1664453. Ермаханова А.М. Углеродные наночастицы. Эффективное влияние на прочностные свойства эпоксидной смолы и углепластика//Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» – Алматы: КазНУ имени аль-Фараби. 2017. С.286.4. Исмаилов М.Б., Забережный С.А., Ермаханова А.М. Разработка отечественных технологий производства углепластика и изделий из него//IV Международный семинар на тему «Современные космические технологии: опыт и перспективы» Астана, 21-22 ноября 2016.5. М.B. Ismailov, А.M. Yermakhanova. Characterization of the epoxy resin and carbon fiber reinforced plastic stress-strain state by modified carbon nanotubes// Eurasian Chemico-Technological Journal, 2018,V.2, №2, p.137-145. DOI: <https://doi.org/10.18321/ectj698>6. М.B. Ismailov, А.M. Yermakhanova. About the Mechanism of Stress-strain State of Epoxy Resin by Carbon Nanotubes//The 2017 International Conference on Energy and Development and environmental protection, Shanghai, 8-10th September, 2017, p.106-111.7. Ермаханова А.М., Исмаилов М.Б. Влияние углеродных нанотрубок на процесс отверждения и прочность эпоксидной смолы// Комплексное использование минерального сырья – Алматы, 2018. № 4, С.105-115. DOI: https://doi.org/10.31643/2018/6445.368. Исмаилов М.Б., Мейірбеков М.Н., Магомедов Р.М., Алпысбай И.М., Байсериков Б.М., Ермаханова А.М., Мустафа Л.М. Способ получения углепластика космического назначения. Патент на полезную модель №2017/0632.2, бюл. - №25.9. Ермаханова А.М., Исмаилов М.Б. Влияние углеродных нанотрубок на стадийность напряженно-деформированного состояния эпоксидной смолы//Материалы Международной практической интернет-конференции «Актуальные проблемы науки», 22 ноября 2018 г.10. Ермаханова А.М., Исмаилов М.Б., Нелюб В.А. Влияние углеродных нанотрубок на упруго-прочностные свойства углепластика// X International Symposium “THE PHYSICS AND CHEMISTRY OF CARBON MATERIALS AND NANOENERGETIC MATERIALS" September 12-14, 2018 Almaty, Kazakhstan. 11. Mustafa L.M., Ismailov M.B., Yermakhanova A.M. The Effect of Carbon Fabrics Modification on the Strength of Carbon Fiber Reinforced Plastic// Complex Use of Mineral Resources, № 2 (309), 2019, p.68-75.12. Мустафа Л.М., Исмаилов М.Б., Ермаханова А.М., Санин А.Ф. Исследование влияния пластификаторов и термопластов на механические свойства эпоксидной смолы и углепластика. (Обзор)//Комплексное использование минерального сырья.-Алматы, Институт металлургии и обогащения, 2019, № 4 (311), с.48-56. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.37>.13. Мустафа Л.М., Исмаилов М.Б. Исследование методов модификации углеродной ткани с целью увеличения прочностных свойств углепластика. // Каз ҰЗУ Хабаршысы – Vestnik KazNRTU, 2019, №5 (135), с.72-75. 14. Мустафа Л.М., Исмаилов М.Б Исследование влияния пластификаторов на прочность и ударную вязкость углепластика//Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации: новости, проблемы и достижения» 2-том - 29-30 апреля 2020 -Алматы. 15. Мейрбеков М.Н., Исмаилов М.Б. Влияние каучука на механические свойства эпоксидной смолы и углепластика//Complex Use of Mineral Resources, № 1 (312), 2020, p.11-21. DOI: 10.31643/2020/6445.02.16. Meiirbekov M.N., Ismailov M.B., Manko T.A. The effect of the modification of an epoxy resin by liquid oligomers on the physical-mechanical properties of composites // Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii. – 2020. – Vol.3. – P. 122-127. DOI: 10.32434/0321-4095-2020-130-3-122-127.17. Смағұлова Г.М., Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б., Аблакатов И.К. Эпоксид шайырын сұйық олигомерімен модификациялауды жүргізу. Международная научная конференция студентов и молодых ученых, «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». Алматы. – 2019. – С. 172.18. Забережный С.А., Исмаилов М.Б., Байсериков Б.М. Технология получения углепластиковых пластин. // Комплексное использование минерального сырья / Алматы, №3, 2016 – С.74-77.19. Забережный С.А., Исмаилов М.Б., Байсериков Б.М. Исследование технологии получения углепластиковых пластин. В кн.: “The Physics Chemistry of Carbon Materials/Nanoengineering” and Conference “Nanoenergetic Materials and Nanoenergetics”, Алматы, 2016. - С.179-182.20. Yermakhanova AM, Sanin A.F., Meiirbekov MN, Baiserikov BM. Investigation of dielectric and strength properties of organoplastics. Review. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources. 2022;322(3):89-102. <https://doi.org/10.31643/2022/6445.33> |