

**МЕЙІРБЕКОВ МОҒАММЕД НҮРҒАЗЫҰЛЫНЫҢ**  
6D071000 – «Материалтану және жаңа материалдардың технологиясы»  
мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін  
ұсынылған  
**«КӨМІРПЛАСТИКТІҢ СОҚҚЫҒА БЕРІКТІГІН АРТТЫРУ**  
**ЖОЛДАРЫН ЗЕРТТЕУ»**  
тақырыбындағы диссертациялық жұмысының  
**АҢДАТПАСЫ**

**Диссертациялық жұмыстың мақсаты** эпоксид шайырын каучуктармен модификациялау және көміртекті талшықты арамидті және шыны талшықтармен құрамдастырып арқаулау арқылы көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығын арттыру.

**Зерттеу міндеттері:**

- эпоксид шайырдың беріктік сипаттамаларын арттыруға мүмкіндік беретін әдісті әзірлеу;
- каучуктармен эпоксид шайырды модификациялау кезінде көмірпластикті қалыптастыру әдістерін зерттеу;
- көмірпластиктің беріктігі мен соққы тұтқырлығына арналған модификацияланған эпоксид шайыр мен құрамдастырып арқаулаудың бірлескен әрекетін зерттеу;
- көміртекті түтікшелерді өндірудегі негізгі факторлар мен параметрлердің әсерін зерттеу.

**Зерттеу әдістері**

Диссертациялық жұмысты орындау кезінде қолданылған, негізгі зерттеулер мен талдаулар әдістеріне төмендегілер жатады:

- эпоксид шайырлардың тұтқырлығын анықтау үшін ВЗ-246 визкозиметрі пайдаланылды («ҰҒЗТО» АҚ);
- жұғу бұрыштарын зерттеу "Ossila" гониометрінде жүргізілді («Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ»);
- эпоксидті шайырлар мен көмірпластиктердің қысу/созу сынақтарын механикалық сынау Instron, WDW-5E және Shimadzu сынақ машиналарында жүргізілді. («Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ», «С. Аманжолова атындағы ШҚМУ», «МжКБИ» АҚ, Жану проблемалар институты);
- эпоксид шайырлар мен көмірпластиктердің үлгілерінің соққы тұтқырлығына сынау МК-30 маятниктік коперінде жүргізілді («ҰҒЗТО» АҚ).

**Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа да тұжырымдар):**

1. ЭД-20 маркалы эпоксид шайырдың кинематикалық тұтқырлығын 25%-ға төмендетуге және қысу беріктігін шамалы ғана жоғалта отырып, оның соққы тұтқырлығын 126%-ға арттыруға, Этал-Инжект-Т шайырдың тұтқырлығын 64%-ға төмендетуге және 105,7 МПа деңгейінде қысуға

беріктігін сақтай отырып, оның соққы тұтқырлығын 67%-ға арттыруға мүмкіндік беретін эпоксид шайырларды каучуктармен модификациялау әдісі әзірленді;

2. Көмірпластикті қолмен қалыптау процесінде 10% полиуретан каучукпен модификацияланған эпоксид шайырды қолдану қысу беріктігін 16% және соққы беріктігін 12% арттыруға әкеледі, вакуумдық инфузия әдісімен қалыптастыру кезінде көмірпластиктің қысу беріктігін 25% және соққы тұтқырлығын 21% арттыруға мүмкіндік береді;

3. Эпоксид шайыр 10% полиуретан каучукпен модификациялаудың және 1:1 қатынасында көміртекті және арамидті маталарды құрамдастырып арқаулаудың қос әсері көмірпластиктің қысу беріктігі 35%-ға дейін және соққы тұтқырлығы 42%-ға дейін арттыратын әдіс әзірленді;

4. Созу беріктігі 710 МПа, қысу беріктігі 515 МПа және соққы тұтқырлығы 201 кДж/м<sup>2</sup> болатын жоғары көміртекті түтікшелерді жасау кезінде айтарлықтай әсер ететін маңызды факторлар мен параметрлер анықталды.

#### **Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы:**

– Модификацияланбаған ЭД-20 және Этал-Инжект-Т эпоксид шайыр тұтқырлығына, ылғалдау бұрышына, қысу беріктігі мен соққы тұтқырлығына каучуктардың әсері зерттелді. Ең жоғарғы нәтижелер эпоксид шайырын 10% полиуретан каучуғымен модификациялағанда алынды: ЭД-20 эпоксид шайырының тұтқырлығы 95 сСт (25%-ға төмендеді), ылдалдау бұрышы оң және сол бұрыштары 49°, қысу беріктігін аз ғана жоғалтты, соққы тұтқырлығы 45,4 кДж/м<sup>2</sup> (2,2 есе өсті) артты; Этал-Инжект-Т эпоксид шайырының тұтқырлығы 56 сСт (64%-ға төмендеді), ылдалдау бұрышы оң және сол бұрыштары 40°, қысу беріктігі өз деңгейінде сақталды 105,7 МПа, соққы тұтқырлығы 70,8 кДж/м<sup>2</sup> (67% өсті) жоғарылады.

– Каучуктармен модификацияланған эпоксид шайырдың және қалыптау әдістерінің көмірпластиктің беріктік қасиеттеріне әсері зерттелді. Эпоксид шайырына оң нәтиже көреткен 10% полуретан каучуғын қосу арқылы, қолмен қалыптау әдісімен алынған көмірпластик үлгілерінің беріктігі 425 МПа-дан 495 МПа-қа (16%-ға өсті) артты, соққы тұтқырлығы 192 кДж/м<sup>2</sup>-тан 215 кДж/м<sup>2</sup>-қа (12%-ға өсті) жоғарылады. Көмірпластиктерді вакуумдық қалыптау кезінде полиуретан каучуғының 10% эпоксид шайырға қосқан кезде көмірпластиктің қысу беріктігі 25%-ға, ал соққы тұтқырлығы 21%-ға жоғарылады.

– Көмірпластиктердің беріктік қасиеттеріне құрамдастырып арқаулаудың әсерін зерттелді. Көміртекті матаны арамидті матамен 1:1 қатынасында құрамдастырып арқаулаған кезде қысу беріктігі 425 МПа-дан 458 МПа-ға, соққы тұтқырлығы 192 кДж/м<sup>2</sup>-тан 229 кДж/м<sup>2</sup>-қа жоғарылады.

– Эпоксид шайыр құрамына полиуретан каучуғын енгізу және көміртекті мата/арамидті мата 1:1 массалық қатынасында құрамдастырып арқаулау арқылы алынған көмірпластиктің соққы тұтқырлығын 192 кДж/м<sup>2</sup>-тан 273 кДж/м<sup>2</sup>-ға дейін жоғарылауына әкелетіні анықталды, яғни, 42%-ға

ұлғайды, ал қысу беріктігінің 425 МПа-дан 575 МПа-ға дейін, яғни 35%-ға арттырды.

– Көміртекті түтікшелерді алуда және беріктік қасиеттерін арттыруда маңызды факторлардың көрсеткіштері анықталды: көміртекті ровингтың қалыңдығы 24К, көміртекті ровингтың ыдыста малыну уақыты 9,5 с, көміртекті ровингтың кернеу күші 18,6 Н, орау бұрышы 60°, полиуретан каучугының 10%, құрамдастырып арқаулауда көміртекті/арамидті ровинтердің 1:1 қатынасында. Барлық ең оңтайлы параметрлерді қолдану арқылы алынған КТ-дің: созу беріктігі 541 МПа-дан 710 МПа-ға (31%), қысу беріктігі 325 МПа-дан 515 МПа-ға (58%), соққы тұтқырлығы 158 кДж/м<sup>2</sup>-тан 201 кДж/м<sup>2</sup>-қа (27%) жоғарылады.

### **Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу**

Алғаш рет қысу беріктігін сақтай отырып, көмірпластиктің соққы тұтқырлығын арттыратын эпоксид шайырларын модификациялаудың және құрамдастырып арқаулау технологиясы жасақталды.

Ұсынылған технология алғаш рет қысу және созу беріктігі 515-710 МПа және соққы тұтқырлығы 201-273 кДж/м<sup>2</sup> болатын соққыға берік көмірпластик алуға мүмкіндік береді. Бұл көрсеткіштердегі көмірпластик жоғары санатты көмірпластик болғандықтан және шетелдік басылымдарда жарияланбағандықтан, бұл Қазақстан үшін жаңа бағыт.

Көміртекті түтікшелерді өндіруге арналған жұмыс үстелінің зертханалық орау білдіргінің техникалық жобасы ұсынылды.

Зерттеу нәтижелері жаңашылдық пен практикалық құндылыққа ие, көмірпластикті өндіру технологиясы туралы бар түсініктерді айтарлықтай толықтырады және ұқсас мәселелерді шешу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми құндылығы жоғары, ол жарияланған мақалаларды қамтитын автордың ғылыми еңбектерімен; халықаралық баяндамалармен және пайдалы модельге ҚР патентімен расталады.

Зерттеу нәтижелері бойынша "KazTechInnovations" ЖШС-де (енгізу актісі) аэроғарыштық мақсаттағы көмірпластиктерін алу (өндіру) технологияларын енгізу туралы акт жасалды.

### **Ғылымның даму бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі**

Қазіргі уақытта көмірпластик өзінің беріктігі жоғары және жеңілдігінің арқасында ғарыш аппараттарының тұрқыларында (корпус) кеңінен қолданылады. Қазақстанда отандық ғарыш саласы дамуына байланысты Астана қаласында Қазақстан Республикасының Ұлттық ғарыш орталығы (ҰҒО) құрылысы аяқталу қарсаңында. ҰҒО-ның құрамдас бөлігі ғарыш аппараттарының барлық түрлерін жобалау және өндіру жөнінде Қазақстандық-Француздық "Ghulam" ЖШС айналысады. Қазақстанда жиынтықтауыштар өндірісін біртіндеп игеру жоспарлануда.

Қазақстанда Байқоңыр ғарыш айлағына арналған отандық аса жеңіл санатты зымыран тасығыш жобасы «Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» АҚ 2021 жылдан жүзеге асырылып келеді.

Осы екі себепке байланысты отандық Аэроғарыш комитетінің тапсырмасымен жоғары сапалы көмірпластиктің өндіру технологиясын қолға алынды.

Тұрқыларды, қуат элементтерін, сондай-ақ жеке компоненттерді өндіру үшін арнайы беріктігі мен соққы тұтқырлығы жоғары құрылымдық материалдар - көмірпластиктер қажет. Беріктігі және соққы тұтқырлығы жоғары көмірпластиктер Қазақстанда өндірісі жоқ, осыған байланысты оларды импорттауға тура келеді. «Зымыран технологиясын бақылау режимінің» (РКРТ шарттары) Халықаралық келісімі және «Кәдімгі қару-жарақты, тауарларды және қосарланған технологияларды экспорттық бақылау бойынша вассенаар келісімдері» (Вассенаар келісімдері) бойынша беріктігі 415 МПа-дан жоғары көмірпластиктер «күпия» және «өте күпия» санатына енгізілген. Осы санаттағы көмірпластик технологиялары жариялауға және трансвертке тиым салынады. Сол себептен ғарыштық техникасына арналған жоғары сапалы көмірпластиктің өндіру технологиясын Қазақстан өзі жасауға мәжбүр болып тұр.

Диссертациялық жұмыс осы аталған мәселенің бір маңызды бөлігін шешуге бағытталған.

Осы ғылыми-зерттеу жұмысы "Қазақстан Республикасында ғарыш қызметін дамытудың 2015-2017 жылдарға арналған" мемлекеттік бағдарламасының іс-шараларымен және 2018-2020 жылдарға арналған "Ғарыш қызметі саласындағы қолданбалы ғылыми зерттеулер" 008 «Қорғаныс және аэроғарыштық қосымшалар үшін соққыға төзімді көмірпластик өнімдерін өндіру технологиясын әзірлеу» республикалық бюджеттік бағдарламамен байланысты.

**Автордың жеке үлесі** эксперименттер жасау және жүргізу, алынған нәтижелерді жалпылау және түсіндіру, тәжірибелік орау білдегін жасауға қатысу, мақалалар жазу болып табылады.

### **Докторанттың әрбір жарияланымды дайындауға қосқан үлесінің сипаттамасы**

Диссертациялық жұмыстың нәтижелері бойынша жарияланды:

1. 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, 8-11 апреля 2019 г, стр.172

2. Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б. Влияние каучка на механические свойства эпоксидной смолы и углепластика (Обзор) // Комплексное Использование Минерального Сырья. №1 (312).2020, Алматы, стр. 11-18, ISSN 2224-5243. DOI: 10.31643/2020/6445.02

3. Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б. Механизм влияние каучука на прочность и ударную вязкость углепластика. «Наука и инновации: новости, проблемы и достижения» Сб. материалов межд. науч-практ. конф. 2-том. – Алматы: Центр «Bilim Innovations Group», 2020. – 304 с ISBN 978-601-332-728-0

4. Meirbekov 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

5. Мейірбеков М.Н., Манько Т.А., Козис К.В. Прочностные характеристики углепластиков модифицированных пластификаторами. XXIII Міжнаодна молодіжна наукового-практична конференція «Людина і космос», Дніпро, 14-16 квітня 2021 г, стр. 137

6. Патент РК на полезную модель «Способ получения углепластика». Выдан Министерством юстиции Республики Казахстан за № 2952. Дата подачи заявки 06.01.2021, дата опубл. 23.04.2021, бюл. №6007. Авторы изобретения: Исмаилов М.Б. (РК), Мейірбеков М.Н. (РК), Жумаканова Венера Руслановна (РК), Байсериков Б.М. (РК), Аблакатов И.К. (РК).

7. Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б. Проектирование и изготовление лабораторной установки по формованию углепластиковых стержней методом намотки // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Physico-Mathematical series ISSN 1991-346x vol.6, №340 (2021), 15–27 DOI: 10.32014/2021.2518-1726.97*

8. Yermakhanova AM, Sanin A.F., Meirbekov MN, Baiserikov BM. Investigation of dielectric and strength properties of composite materials. 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>

9. Meyirbekov, MN, Ismailov, MB, Manko, TA, Kozis, KV Study of the influence of rubber on strength properties of carbon plastic// *Space Sci. & Technol*. 2022, 28 ;(5):07-07 <https://doi.org/10.15407/knit2022.05>

10. Yermakhanova AM, Baiserikov BM, Kenzhegulov AK, Meirbekov MN, Zhumadilov BY. Study on methods to improve the mechanical properties of aramid/epoxy composites. *Journal of Elastomers & Plastics*. 2023;55(2):331-346. doi:10.1177/00952443221147645