**ПРОЕКТ ГРАНТОВОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ АО "НЦКИТ"**

**Краткая информация**

**о проекте грантового финансирования молодых ученых по научным и (или) научно-техническим проектам на 2021-2023 годы:**

**«Разработка отечественной технологии получения радиопрозрачного высокопрочного композита для корпусов военных беспилотных летальных аппаратов и аэрокосмической техники»**

|  |  |
| --- | --- |
| **Цель** | Разработка отечественной технологии получения органопластика на основе арамидных тканей с главными характеристиками: диэлектрическая проницаемость ≤ 4 прочность на растяжение ≥ 700 МПа, прочность на сжатие ≥ 200 МПа, прочность на изгиб ≥ 300 МПа, ударная вязкость ≥ 250 кДж/м2. |
| **Актуальность** | Одним из перспективных робототехнических комплексов военного назначения на сегодняшний день являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Многофункциональный комплекс на основе БПЛА способен решать такие основные задачи, как контроль местности и объектов, проведение видео-, фотосъемки, транспортировка и сброс малогабаритных грузов в заданную точку. Предназначение и применение военных БПЛА отличаются от гражданских, исходя из двух функций: разведывательное назначение и как носитель боевого заряда. Специфика военных БПЛА заключается в их невидимости для радаров противника и обеспечения устойчивой приемопередачи информации с командным пунктом. Для этих целей, в первую очередь, материал БПЛА должен обладать свойствами радиопрозрачности. Этим требованиям среди композиционных полимерных материалов (ПКМ) полностю отвечает органопластик. |
| **Ожидаемые результаты** | Экспериментально будет отработан способ получения органопластика с эффективными компонентами с характеристиками: прочность на растяжение до 700 МПа, прочность на сжатие до 200 МПа изгиб до 300 МПа. |
| **Полученные результаты** | 1. 2021 году проведены экспериментальные и теоретические исследования по технологии получения высокопрочных органопластиковых изделий. Проведен литературный обзор по способам повышения механических свойств органопластика. Исследовано влияние массового соотношения армирующего наполнителя и матрицы, исследовано влияние режимов вакуумного формования и вакуумной инфузии, исследованы способы повышения прочностных характеристик органопластика. Исследована микроструктура полученных образцов органопластика. Определена плотность укладки нитей в образцах ≤2 мкм. По микроснимкам изучен характер разрушения органопластиковых образцов.  1.1 Проведены экспериментальные исследования оптимального соотношения массы армирующего наполнителя и матрицы. В качестве матрицы использована эпоксидная смола марки Epikote LR285 с отвердителем EPH. В качестве наполнителя использованы арамидная ткань (Кевлар). Получены данные исследований образцов органопластика с массовыми соотношениями арматуры и матрицы – 50:50 % при 2,5 кН, 60:40 % при 5 кН, 65:35 % при 10 кН, 75:25% при 20кН. Оптимальным массовым соотношением компонентов органопластика является содержание ткани в композите 65% и матрицы 35%, соответственно. Получены исходные образцы с прочностными характеристиками: на растяжение 282 МПа, на сжатие 100 МПа и изгиб 210 МПа.  1.2 Отработаны режимы ручного и вакуумного формования, термообработки, а также метод вакуумной инфузии. Получены образцы с разными массовыми соотношениями (50:50%, 55:45%, 60:40%, 65:35%) арматуры и матрицы. Органопластики с матрицей эпоксидной смолы +отвердитель EPH отверждены при температуре 25 С0 в течение 24 часов. Также получены образцы с дополнительной термообработкой при температуре 60 C0 в течение 15 часов. Ручное формование проведено путем ручного нанесения связующего на арамидную ткань и его последующим прессованием. Для достижения цели получения образцов с разными массовыми соотношениями арматуры и матрицы, прессование отверждаемых образцов проведено при давлении: 2,5 кН, 5 кН, 10 кН. Как показали результаты экспериментов, с увеличением давления на формируемый образец, арматура уплотняется, все больше вытесняя эпоксидную смолу, и массовое содержание арматуры в органопластике соответственно растет. При вакуумном формовании, вручную пропитанная эпоксидной смолой арматура, укладывалась в вакуумную оснастку. Вакуумирование проведено при следующих показателях разряжения: -70 кПа, -80 кПа, -90 кПа до конца отверждения образцов. В результате вакуумного формования и инфузии получены органопластики с соотношениями компонентов (арматура/матрица) – 50:50%, 60:40%, 65:35%. Как показали результаты исследований влияния режимов формования с массовыми соотношениями компонентов 65:35% с помощью метода вакуумного формования при разряжении вакуума -90 кПа: прочность на растяжение 414 МПа, прочность на сжатие 140 МПа, прочность на изгиб 216 МПа. Наилучшие результаты достигнуты на образцах, полученных методом вакуумной инфузии при массовом соотношении компонентов 65:35% и разряжении вакуума -90 кПа: прочность на растяжение 423 МПа, прочность на сжатие 180 МПа, прочность на изгиб 224 МПа.  1.3 Исследованы способы повышения прочностных характеристик органопластика путем модификации ЭС пластификатором на прочностные характеристики органопластика. Проведена модификация матрицы органопластика ЭС L+отвердитель EPH с помощью пластификатора трикрезилфосфат (ТКФ). Содержание пластификатора в ЭС составляло 10% масс, при котором получено увеличение прочности при растяжении на 2,3%, при сжатии на 5,5%, при изгибе на 8%. Проведено комбинированное армирование арамидной ткани двумя типами наполнителей: стеклоткань и арамидный ровинг. Значительное увеличение прочности достигнуто при комбинированном армировании арамидной ткани с арамидным ровингом с соотношением масс 50:50, прочность на растяжение повысилась на 37% от 423 МПа до 581 МПа, при сжатии на 41% от 180 МПа до 254 МПа, при изгибе на 86% от 224 МПа до 418 МПа.  1.4 Изготовлены образцы органопластика для прочностных испытаний согласно ГОСТ на растяжение (ГОСТ 32656-2014), сжатие (ГОСТ 33519-2015) и изгиб (ГОСТ 56810-2015). Образцы на растяжение, изготовленные из арамидной ткани и ЭС L, имеют ширину 25 мм ± 0,5 мм, общую длину 250 мм и толщину 4 мм. Органопластиковые образцы для испытаний на сжатие изготовлены с размерами: ширина 15 мм ± 0,5 мм, общая длина 140 мм и толщина 4 мм. Органопластиковые образцы для испытаний на изгиб изготовлены с размерами: ширина 15 мм ± 0,5 мм, общая длина 140 мм и толщина 4 мм. Результаты механических характеристик органопластика при введении пластификатора ТКФ в эпоксидную матрицу и с комбинированной арматурой (арамидная ткань с арамидным ровингом) в соотношении масс 50:50% показали заметно высокие показатели прочности. Прочность органопластика составила на растяжение 710 МПа, прочность на сжатие 260 МПа, прочность на изгиб 418 МПа. Исследована микроструктура полученных образцов органопластика: определена плотность укладки нитей в образцах ≤2 мкм. В исследуемых образцах обнаружено присутствие «воздушных» пузырей, в зонах переплетения в форме кругов диаметрами 40-80 мкм, небольшое количество пор размерами до 1-3 мкм в диаметре. По микроснимкам изучен характер разрушения органопластиковых образцов. |
| **Члены исследовательской группы с идентификаторами (Scopus ID, Researcher ID, ORCID) и ссылками на их профили** | 1. Ермаханова А.М., PhD <https://orcid.org/>0000-0002-2145-5122  2. 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=ru  3. Мустафа Л.М. магистр https://orcid.org/0000-0002-9779-0007  4. Мейрбеков М.Н. магистр https://orcid.org/0000-0003-0434-9114  5. Аблакатов И.К. магистр  6. Байсериков Б.М**.** магистр |
| **Список публикаций и патентов** | 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/10.31643/2018/166445 3. 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/10.31643/2018/6445.36 8. Исмаилов М.Б., Мейрбеков 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. |