

<https://doi.org/10.15407/knit2022.05.067>

УДК 620.22-036.4+620.18

М. Н. МЕЙРБЕКОВ^{1,2}, докторант PhD

E-mail: muhammed_91@mail.ru

М. Б. ІСМАІЛОВ^{1,2}, дир. департаменту космічного матеріалознавства, д-р техн. наук, проф.

E-mail: muhammed_91@mail.ru

Т. А. МАНЬКО³, проф., д-р техн. наук, проф.

E-mail: tamaramanko1607@gmail.com

К. В. КОЗІС⁴, пров. інж., канд. техн. наук

E-mail: kozis2014@gmail.com

¹АО «Національний центр космічних досліджень і технологій»

вул. Шевченка 15, Алмати, Республіка Казахстан, 050010

²НАО «Казахський національний дослідницький технічний університет імені К. І. Сатпаєва»

вул. Шевченка 15, Алмати, Республіка Казахстан, 050010

³Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Проспект Гагаріна 72, Дніпро, Україна, 49000

⁴Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля»

вул. Криворізька 3, Дніпро, Україна, 49008

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАУЧУКІВ НА МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕПЛАСТИКУ

Використання еластомерів дозволяє цілеспрямовано змінювати структуру епоксидних композицій, яка значною мірою визначає характеристики. Серед відомих особливий інтерес становлять еластомери, такі як силіконові і поліуретанові каучуки. В експериментальних роботах для виготовлення вуглепластикових пластин використовувався метод ручного формування з механічним пресуванням. Дана технологія є економічною, не вимагає великих трудозатрат, а витрата матеріалів менша, ніж при використанні інших методів формування. Досліджено вплив поліуретанового та силіконового каучуків як модифікаторів підвищення ударної в'язкості епоксидної смоли Етал-Інжект-Т гарячого отвердіння. Для визначення міцності вуглепластику на стиск зразки випробовувалися на універсальній випробувальній машині МУП-200. Ударна міцність вуглепластику визначалася методом Шарпі. Встановлено, що поліуретанові та силіконові каучуки якісно однаково впливають на властивості епоксидних смол.

При модифікації вуглепластику поліуретановим каучуком зі збільшенням вмісту до 10 % ударна в'язкість вуглепластику максимально збільшується до 215 кДж/м² зі значним збільшенням міцності на стиск до 495 МПа. Оптимальні результати отримано з поліуретановим каучуком при 10 %-му вмісті речовини. Основна роль каучуку у підвищенні міцності і пружності матеріалу полягає в тому, що при ударі в малому обсязі вуглепластику концентрується велика механічна енергія. В цьому випадку каучуки є концентраторами напружень, тому тріщина зароджується в ділянці матриці, прилеглої частки еластомеру (каучуку). Підвищення ударної в'язкості матеріалу можна зв'язати з утворенням дисперсної фази каучуку, яка розрихлює структуру затверділої епоксидної смоли.

Ключові слова: вуглепластик, епоксидна смола, модифікатори, рідкі олігомери, ударна в'язкість, стискання, міцність.

Цитування: Мейрбеков М. Н., Ісмаїлов М. Б., Манько Т. А., Козіс К. В. Дослідження впливу каучуків на міцнісні властивості вуглепластику. *Космічна наука і технологія*. 2022. 28, № 5 (138). С. 67—74. <https://doi.org/10.15407/knit2022.05.067>

ВСТУП

Сучасна космічна галузь і авіабудування потребують нових зв'язників для композитів при виготовленні деталей літаків і космічних апаратів. У зв'язку з цим основним завданням є розробка способів модифікації епоксидних смол для отримання в подальшому на їхній основі полімерів і композитів, які відповідають вимогам міцності.

Епоксидні смоли мають обмежене застосування в ролі полімерних матриць, бо їхня тривимірна зшита структура мережі робить їх крихкими, що ускладнює поглинання і розподіл навантажень. Незважаючи на значну крихкість і твердість епоксидних матеріалів, особливої актуальності набуває проблема підвищення їхньої еластичності при збереженні задовільного рівня інших фізико-механічних характеристик.

Спільне затвердіння епоксидної смоли і з'єднань, що містять функціональні групи, які реагують з епоксидною групою — один з найбільш поширених і ефективних шляхів отримання еластичних епоксидних композицій. Ударну міцність крихких за своєю природою епоксидних смол можна підвищити шляхом введення модифікаторів [6, 14].

Вуглепластики, отримані за базовою технологією, володіють високою міцністю, але залишаються чутливими до ударного навантаження. Дана обставина обмежує їхню область використання у зв'язку з ризиком руйнування або втрати справності від ударних навантажень і відколів. Щоб вирішити цю проблему, необхідні ретельні дослідження модифікаторів і технологічних нюансів, що дозволяють збільшити ударну в'язкість вуглепластиків.

Збільшення ударної в'язкості здійснювалося шляхом модернізації первинного вуглепластику спеціальними модифікаторами. При цьому були досягнуті результати: ударна в'язкість зростає на 15...110 % [2, 3, 7]. Ця обставина різко підняла можливість використання удароміцних марок вуглепластиків при виробництві літаків, ракетно-космічної техніки і т. д. Матеріал виявився наукомістким зі складною технологією виробництва.

На сьогоднішній день проводиться велика кількість досліджень, присвячених вивченню

процесу затвердіння епоксидного зв'язника. Одним з методів підвищення ударної міцності вуглепластику є підвищення ударної в'язкості його матриці, тобто епоксидної смоли (ЕС). У першу чергу це досягається введенням різних модифікаторів, таких як пластифікатори [9, 12], термопласти [4, 16], наночастинки [8, 15] і еластомери [1, 5, 10, 11, 13], що здатні реагувати з функціональними групами, які утворюються на різних стадіях отримання полімеру. Як модифікаційні добавки найчастіше використовуються еластомери.

Використання еластомерів дозволяє цілеспрямовано змінювати структуру епоксидних композицій, яка в значній мірі визначає характеристики матеріалу. Серед представлених особливий інтерес становляють еластомери, такі як силіконові і поліуретанові каучуки [5, 13].

Мета роботи — дослідження впливу модифікаторів поліуретанового і силіконового каучуків на міцнісні властивості вуглепластику.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Вихідні компоненти, матеріали. Як полімерний зв'язник в експериментах використовувалася ЕС «гарячого затвердіння» Етал Інжект-Т [1], що складається з компонентів: А — епоксидна смола, Б — затверджувач у масовому співвідношенні 100 : 49.9.

Для підвищення міцності і ударної в'язкості вуглепластику в експериментах використано такі матеріали:

вуглецева тканина саржа 3К-1200-200;

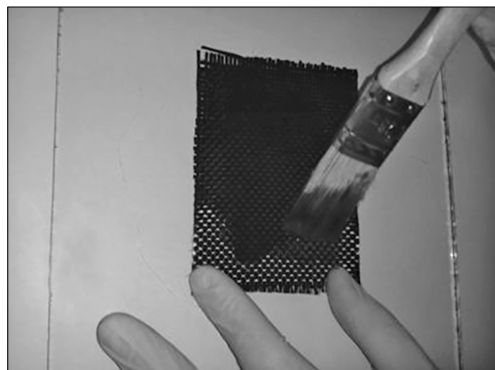
епоксидна смола Етал-Інжект-Т;

каучуки: поліуретанові і силіконові СКТН-А.

Формування вуглепластику. В експериментальних роботах для виготовлення вуглепластикових пластин використовувався метод ручного формування з механічним пресуванням. Дана технологія є економічною, не вимагає великих трудозатрат, і витрата матеріалів менша, ніж при використанні інших методів формування.

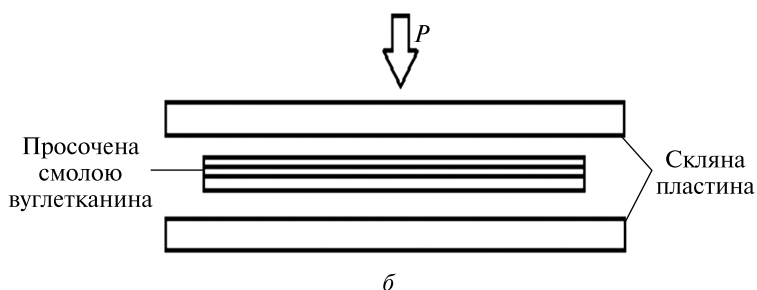
Процес ручного формування складається з декількох етапів.

1. Готується форма для укладання. В даному випадку було використано скляну пластину, на



a

Рис. 1. Ручне формування вуглепластику: *a* — просочування тканини ЕС, *б* — отвердіння вуглепластику під тиском



укладальному формі якої наноситься розділовий шар, що дозволяє згодом відокремити заготовку. У ролі розділового шару використовувався спирт марки Loctite 330 NS.

2. Вуглецева тканина необхідних розмірів викладається пошарово у форму.

3. Готується зв'язний компонент (епоксидний компаунд Етал-Інжект-Т перед змішуванням нагрівається при температурі 45 °С протягом 60 хв).

4. Кожен шар просочується ЕС за допомогою пензлика або м'якого валика (рис. 1, *a*).

5. На завершальному етапі вуглепластик піддається прокатці за допомогою жорсткого валика: прокатка дозволяє позбутися пухирців повітря у матеріалі.

6. Отвердіння вуглепластику проводилося під тиском $P = 0.02$ МПа. Для надання тиску використовувалася пластина з вантажем (рис. 1, *б*).

Витяг виробу з матриці проводиться тільки після повного затвердіння. Час затвердіння пластин залежить від типу використаної епоксидної смоли. Затвердіння пластини з епоксидною смолою марки Етал Інжект-Т проводиться при використанні такого температурного режиму: 4 год при температурі 150 °С і 1 год — при температурі 180 °С. Для затвердіння вуглепластику при вищих температурах використовувалась термошафа марки SNOL з температурою нагрівання до 220 °С.

Методи випробувань зразків вуглепластику на стиск і ударну в'язкість. Для визначення міцності вуглепластику на стиск зразки випробову-

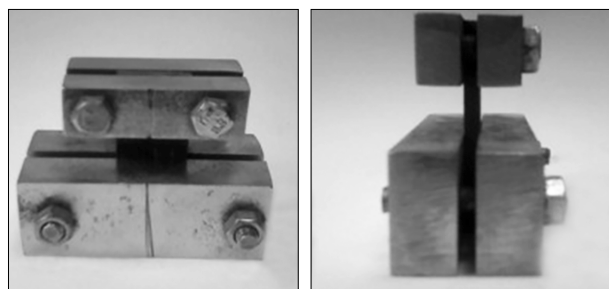


Рис. 2. Пристосування для випробування на стиск

валися на універсальній випробувальній машині МУП-200. Вуглепластикові зразки для випробувань на стиск виготовлені з розмірами: довжина $l = 80 \pm 2$ мм, ширина $b = 10 \pm 0.5$ мм, товщина $h = 4 \pm 0.2$ мм.

При випробуваннях пластин на стиск важливим фактором для коректного визначення міцності є збереження паралельності торців і стійкості зразка в ході випробування. Для цього було виготовлено пристосування зі сталевих пластин і кріпильних болтів. У пристосування кріпиться зразок і ставиться на випробувальну плиту. Дане пристосування полегшує процес випробувань на стиск (рис. 2).

Ударна міцність вуглепластику визначається методом Шарпі по ГОСТ 4647-2015. Даний стандарт поширюється на пластмаси і встановлює метод визначення ударної в'язкості на зразках з надрізом і без надрізу. Встановлений метод застосовують для оцінки характеристик зразків для випробування, передбачених цим стандартом, під дією ударних напруг і для оцінки крих-

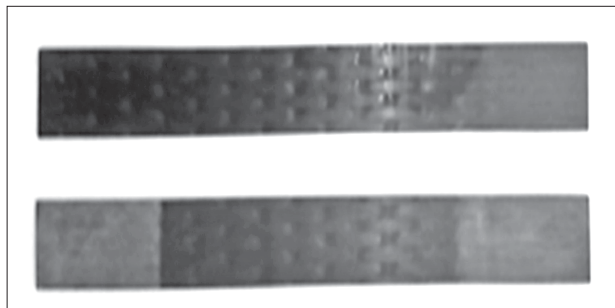


Рис. 3. Зразок для випробувань на ударну в'язкість

кості або в'язкості зразків у межах, встановлених умовами випробування.

Ударну в'язкість по Шарпі визначають для таких матеріалів:

- жорсткі термопласти для лиття та екструзії, включаючи наповнені і зміцнені композиції;
- жорсткі конструкції з термопластів і реактопластів;
- жорсткі формувальні реактопласти, зокрема наповнені і зміцнені композиції і шаруваті пластмаси;

Таблиця 1. Вплив каучуків на властивості вуглепластику

Вміст	Номер зразка	Модифікатори			
		поліуретановий каучук		силіконовий каучук	
		міцність на стиск, МПа	ударна в'язкість, кДж/м ²	міцність на стиск, МПа	ударна в'язкість, кДж/м ²
0	1	425	188	425	188
	2	424	194	424	194
	3	421	189	421	189
	4	425	192	425	192
	5	430	197	430	197
5 %	1	444	205	431	190
	2	440	200	427	193
	3	429	206	433	192
	4	431	195	425	199
	5	426	189	429	201
10 %	1	498	217	437	208
	2	491	213	440	209
	3	492	214	439	205
	4	495	219	443	207
	5	499	212	446	211
15 %	1	478	192	415	188
	2	485	195	414	189
	3	479	196	416	186
	4	480	193	417	187
	5	483	194	413	185
20 %	1	421	190	199	180
	2	418	189	397	182
	3	419	187	401	185
	4	417	189	398	180
	5	420	190	395	183

- термопласти і реактопласти, зміцнені волоконом, зокрема матеріали з односпрямованим або різноспрямованими міцнісними компонентами, такими як мати, тканини, тканини з ровінгу, рубані комплексні нитки з комбінованими і гібридними компонентами, ровінги і подрібнені волокна;

- композити з попередньо просочених матеріалів (препреги), наповнені і зміцнені композитні матеріали;

- рідкокристалічні полімери.

Випробування на ударну в'язкість вуглепластику проводилися на маятниковому копрі МК-30А.

Затверділі зразки вуглепластику доводилися до точних розмірів на шліфувальній установці. Зразок для випробувань на ударну в'язкість показано на рис. 3.

Після випробувань на маятниковому копрі за отриманими даними показників енергії, витраченої на руйнування зразків, розраховується ударна в'язкість матеріалу.

Ударну в'язкість a_H зразків без надрізу обчислюють за формулою

$$a_H = A \times 10^3 / (b \times h), \text{ кДж/м}^2,$$

де A — енергія удару, витрачена на руйнування зразка без надрізу, Дж; b — ширина зразка по його середині, мм; h — товщина зразка по його середині, мм.

ВПЛИВ КАУЧУКІВ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕПЛАСТИКУ

Досліджено вплив каучуків на властивості вуглепластику з епоксидної матрицею марки Етал Інжект-Т. Проведена модифікація епоксидної частини вуглепластику поліуретановим (ПУ) і силіконовим каучуками. В першу чергу здійснювалося поєднання компонентів з використанням ультразвукового диспергатора. У ЕС додавалися каучуки 5, 10, 15, 20 % від загальної маси, але не більше 20 % мас., бо при цьому порушується його повне розчинення в ЕС, що негативно позначається на механічних властивостях вуглепластику). Використаний ультразвуковий вплив при частоті 65 кГц протягом 20 хв сприяв зменшенню повітряних пор, зниженню в'язкості, де-

газації, і в цілому змінював структуру, що забезпечує монолітність структури композиту.

У табл. 1 представлені результати міцності вуглепластику, модифікованого каучуками.

Як показано в табл. 1, міцність на стиск немодифікованого вуглепластику дорівнювала 425 МПа, а ударна в'язкість — 192 кДж/м². При модифікації ЕС з 5 % ПУ каучуку міцність вуглепластику дорівнює 434 МПа, ударна в'язкість — 199 кДж/м². А для смоли з 5 % каучуку СКТН-А міцність вуглепластику становила 429 МПа, ударна в'язкість — 195 кДж/м². Для ЕС, модифікованої 10 % силіконовим каучуком, міцність на стиск підвищилася на 4 %, а ударна в'язкість — на 8 %.

При модифікації вуглепластику ПУ каучуком зі збільшенням вмісту до 10 % ударна в'язкість вуглепластику максимально збільшується до 215 кДж/м² зі значним збільшенням міцності на стиск до 495 МПа. Оптимальні результати отримано з каучуком ПУ при 10 %-му вмісті речовини.

ВИСНОВКИ

Основна роль каучуку у підвищенні міцності і пружності матеріалу полягає в тому, що при ударі у малому обсязі вуглепластику концентрується велика механічна енергія. У цьому випадку каучуки є концентраторами напружень, тому тріщина зароджується в ділянці матриці прилеглої частки еластомеру (каучуку). Тобто, частинки каучуку ініціюють мікротріщини. Таким чином, основна роль частинок рідкого олігомеру полягає в забезпеченні ефекту змочування, що призводить до утворення мікротріщин замість звичайних тріщин, а також у створенні багатьох осередків перенапруг, що призводять до виникнення великої кількості мікротріщин. При цьому відбувається певне розпушення матеріалу матриці в околицях частинок за рахунок різниці коефіцієнтів теплового розширення, а також можливе молекулярне диспергування каучуку у матриці або сегментального розчинення полімерів у міжфазних шарах. Ця властивість олігомеру і сприяє підвищенню ударної стійкості вуглепластику.

ЛІТЕРАТУРА

1. Амиров Р. Р., Андрианова К. А., Амирова Л. М., Герасимов А. В. Механические и теплофизические свойства эпоксидных полимеров, модифицированных уретановыми каучуками. *Бутлеровские сообщения*. 2012. **31**, № 8. С. 61—65.
2. Дубкова В. И., Маевская О. И., Жандаров С. Ф. Модифицированные полимерной матрицы углепластика для повышения межфазной адгезионной прочности, деформационно-прочностных свойств и устойчивости к термоокислению. *Полимерные материалы и технологии*. 2017. № 4. С. 19—36.
3. Костягина В. А., Соломонов Л. И., Кравченко Т. П., Горбунова И. Ю. Композиционные материалы на основе термопластов. *Успехи в химии и химической технологии*. 2012. **26**, № 4. С. 11—14.
4. Мараховский К. М., Осипчик В. С., Водовозов Г. А., Папина С. Н. Модификация эпоксидного связующего с повышенными характеристиками для получения композиционных материалов. *Успехи в химии и химической технологии*. 2016. **30**, № 10. С. 56—58.
5. Мейірбеков М. Н., Исмаилов М. Б. Влияние каучка на механические свойства эпоксидной смолы и углепластика (Обзор). *Комплексное использование минерального сырья*. 2020. № 1 (312). С. 11—18.
6. Старокамодский Д. Длинный век эпоксидки. *Наука и жизнь*. 2018. С. 66—72.
7. Чеботараев Е. А., Вишняков Л. Р. Полимерные композиционные материалы: Формирование структуры и влияние её на свойства (Обзор). *Bull. engineering Acad. Ukraine*. 2012. № 2. С. 157—163.
8. Яковлев Е. А., Яковлев Н. А., Ильиных И. А., Бурмистров И. Н., Горшков Н. В. Исследование влияния функционализированных многостенных углеродных нанотрубок на электропроводность и механические характеристики эпоксидных композитов. *Вестник Томского гос. ун-та. Химия*. 2016. **5**, № 3. С. 15—23.
9. Bakar M., Bialkowska A., Rudecka J., Bachan D. Preparation and properties evaluation of an epoxy resin toughened by a combination of reactive polyester and kaolin. *Polymers & Polymer Composites*. 2012. **20**, № 7. P. 629—637.
10. Fakhar A., Aabediaan M., Keivani M., Langari A. Use of reactive oligomer to improve fracture resistance of epoxy used in medical applications and GRP pipelines. *World Appl. Sci. J.* 2012. P. 259—263.
11. Gojny F. H., Wichmann M. H. G., Fiedler B., Schulte K. Influence of different carbon nanotubes on the mechanical properties of epoxy matrix composites. *A comparative study. Composites Sci. and Technol.* 2005. **65**. P. 2300—2313.
12. Ku H., Cardona F., Rogers D. Vandenbroucke A. Effects of EPON on mechanical and thermal properties of epoxy resins. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/8da3/43d97d56c9de4ca5a6a6505cd09ebe217bb4.pdf> (дата звернення: 05.09.2021).
13. 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. **3**. P. 122—127.
14. Machanje Doreen Iteny, Xinhai Yu, Rotich K. Gideon. Modification of epoxy resin with reactive end-capped carboxylic imide oligomer for manufacture of glass-fiber reinforced composite. *Int. J. Composite Materials*. 2017. **7**, № 4. P. 120—126.
15. Pilawka R., Paszkiewicz S., Roslaniec Z. Epoxy composites with carbon nanotubes. *Adv in manufacturing sci. and technology*. 2012. **36**, № 3. P. 67—79.
16. Zeyu Sun, Lei Xu, Zhengguo Chen, Yuhao Wang, Rogers Tusiime, Chao Cheng, Shuai Zhou, Yong Liu, Muhuo Yu, Hui Zhang. Enhancing the mechanical and thermal properties of epoxy resin via blending with thermoplastic polysulfone. *Polymers*. 2019. № 11. P. 461.

REFERENCES

1. Amirov R. R., Andrianova K. A., Amirova L. M., Gerasimov A. V. (2012). Mechanical and thermophysical properties of epoxy polymers modified with urethane rubbers. *Butler's messages*, **31**, № 8, 61–65.
2. Dubkova V. I., Maevskaya O. I., Zhandarov S. F. (2017). Modified polymer matrix of carbon fiber to increase the interfacial adhesive strength, strain strength and resistance to thermal oxidation. *Polymeric materials and technologies*, № 4, 19–36 [in Russian].
3. Kostyagina V. A., Solomonov L. I., Kravchenko T. P., Gorbunova I. Yu. (2012). Composite materials based on thermoplastics. *Advs in chemistry and chemical technology*, **26**, № 4, 11–14 [in Russian].
4. Marakhovsky K. M., Osipchik V. S., Vodovozov G. A., Papina S. N. (2016). Modification of epoxy binder with improved characteristics for the production of composite materials. *Successes in chemistry and chemical technology*, **30**, № 10, 56–58.
5. Meirbekov M. N., Ismailov M. B. (2020). Influence of rubber on mechanical properties of epoxy resin and carbon fiber (Review). *Complex use of mineral raw materials*, № 1 (312), 11–18. Almaty, ISSN 2224-5243.
6. Starokamodsky D. (2018). The long life of epoxy. *Sci. and life*, 66–72 [in Russian].
7. Chebotaraev E. A., Vishnyakov L. R. (2012). Polymer composite materials: Structure formation and its influence on properties (Review). *Bull. engineering academy of Ukraine*, № 2, 157–163 [in Russian].
8. Yakovlev E. A., Yakovlev N. A., Ilinykh I. A., Burmistrov I. N., Gorshkov N. V. (2016). Investigation of the influence of functionalized multiwall carbon nanotubes on the electrical conductivity and mechanical characteristics of epoxy composites. *Bull. Tomsk State Univ. Chemistry*, **5**, № 3, 15–23.
9. Bakar M., Bialkowska A., Rudecka J., Bachan D. (2012). Preparation and properties evaluation of an epoxy resin toughened by a combination of reactive polyester and kaolin. *Polymers & Polymer Composites*, № 7, 629–637.
10. Fakhar A., Aabeadiaan M., Keivani M., Langari A. (2012). Use of reactive oligomer to improve fracture resistance of epoxy used in medical applications and GRP pipelines. *World Appl. Sci. J.*, 259–263.
11. Gojny F. H., Wichmann M. H. G., Fiedler B., Schulte K. (2005). Influence of different carbon nanotubes on the mechanical properties of epoxy matrix composites. *A comparative study. Composites Sci. and Technology*, **65**, 2300–2313.
12. Ku H., Cardona F., Rogers D. Vandenbroucke A. Effects of EPON on mechanical and thermal properties of epoxy resins [Електрон. ресурс]. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/8da3/43d97d56c9de4ca5a6a6505cd09ebe217bb4.pdf> (Last accessed: 05.09.2021).
13. Meirbekov M. N., Ismailov M. B., Manko T. A. (2020). The effect of the modification of an epoxy resin by liquid oligomers on the physical-mechanical properties of composites. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, **3**, 122–127.
14. Machanje Doreen Iteny, Xinhai Yu, Rotich K. Gideon (2017). Modification of epoxy resin with reactive end-capped carboxylic imide oligomer for manufacture of glass-fiber reinforced composite. *Int. J. Composite Materials*, **7**, № 4, 120–126.
15. Pilawka R., Paszkiewicz S., Roslaniec Z. (2012). Epoxy composites with carbon nanotubes. *Advs in manufacturing science and technology*, **36**, № 3, 67–79.
16. Zeyu Sun, Lei Xu, Zhengguo Chen, Yuhao Wang, Rogers Tusiime, Chao Cheng, Shuai Zhou, Yong Liu, Muhuo Yu, Hui Zhang (2019). Enhancing the Mechanical and Thermal Properties of Epoxy Resin via Blending with Thermoplastic Poly-sulfone. *Polymers*, № 11, 461.

Стаття надійшла до редакції 05.09.2021

Після доопрацювання 26.05.2022

Прийнято до друку 30.05.2022

Received 05.09.2021

Revised 26.05.2022

Accepted 30.05.2022

M. N. Meyirbekov^{1,2}, PhD student

E-mail.: muhammed_91@mail.ru

M. B. Ismailov^{1,2}, Director of the Department of Space Materials Science, Dr. Sci. in Tech., Prof.

E-mail.: muhammed_91@mail.ru

*T. A. Manko*³, Dr. Sci. in Tech., Prof.

E-mail.: tamaramanko1607@gmail.com

*K. V. Kozis*⁴, Leading Engineer, Ph. D. in Tech.

E-mail: kozis2014@gmail.com

¹AO «National Center for Space Research and Technology»,

15, Shevchenko Str., 050010 Almaty, Republic of Kazakhstan

²NAO «Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev»,

15, Shevchenko Str., 050010 Almaty, Republic of Kazakhstan

³Oles Honchar Dnipro National University

72, Gagarina Ave, Dnipro, 49010 Ukraine

⁴Yangel Yuzhnoye State Design Office

3 Kryvorizka Str, Dnipro, 49008 Ukraine

STUDY OF THE INFLUENCE OF RUBBER ON STRENGTH PROPERTIES OF CARBON PLASTIC

The use of elastomers allows us to purposefully change the structure of epoxy compositions, which largely determines the characteristics. Of particular interest are elastomers, such as silicone and polyurethane rubbers. In experimental works for the manufacture of carbon fiber plates, we used the method of manual molding with mechanical pressing. This technology is economical, does not require large labor costs, and less material consumption than when using other methods of formation. The effect of polyurethane and silicone rubbers as modifiers of increasing the impact strength of epoxy resin Etal-Inject-T hot curing has been studied. To determine the compressive strength of carbon fiber, the samples were tested on a universal test machine MUP-200. The impact strength of carbon fiber was determined by the Charpy method. It is established that polyurethane and silicone rubbers have the same qualitative effect on the properties of epoxy resins. When modifying carbon fiber with polyurethane rubber with an increase in the content of up to 10%, the impact strength of carbon fiber increases to a maximum of 215 kJ/m², with a significant increase in compressive strength up to 495 MPa. Optimal results were obtained with polyurethane rubber at 10% content of the substance. The main role of rubber in increasing the strength and elasticity of the material is that when the impact in a small amount of carbon fiber concentrates a lot of mechanical energy, the rubbers are stress concentrators, so the crack arises in the matrix adjacent to the elastomer (rubber). The increase in the toughness of the material can be associated with the formation of a dispersed phase of rubber, which loosens the structure of the cured epoxy resin.

Keywords: Carbon Fiber Reinforced Plastic, Epoxy resin, modifiers, liquid oligomers, impact viscosity, compression, strength.