ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 6

# DEVELOPMENT OF SCIENCE

## ILMIY JURNAL



# Development of science

## Ilmiy jurnal

*2026/3 VOLUME 6*

*ISSN 3030 -3907*

***Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.***

**BOSH MUHARRIR:**
***Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.***
**TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:**
***Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor***
***TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI***

**TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Bozorov G‘ayrat Rashidovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Abdurahmonov Olim Rustamovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Adizov Bobur Zamirovich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor*
***Hayitov Ruslan Rustamjonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Jumayev Qayum Karimovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Berdiyev Dorob Murodovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Maxmudov Rafiq Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Tilloyev Lochin Ismatilloyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Raxmonov Qahramon Sanakulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Barakayev Nusratullo Rajabovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Panoyev Erali Rajabboyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Ataullayev Sherzod Nabiullyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Malik Negmurodovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Axmedova Ozoda Bahronovna***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.*
***Safarov Bahri Jumayevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Xaydarov Axtam Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Safarov Jasur Alijon o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Асадова Раъно Дилмуратовна***
*Тошкент Давлат техника университети доценти*

**KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Axmedov Voxid Nizomovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Umarov Baqo Bafoyevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Kodirov Abduaxad Abduraximovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Qurbonov Mingniqul Jumagulovich***
*Qarshi davlat Universiteti, dotsent*
***Turemuratov Sharibay Naurizbaevich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor*
***Tursunov Kaxor Shonazarovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Do‘stov Hamro***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Panoyev Nodir Shavkatovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Kasimov Sherzod Abduazimovich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor.*
***Aliqulov Rustam Valiyevich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor*
***Tropov Xamza Tursunovich***
*Samarqand Davlat Universiteti, professor*

**IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Nizamov Aslitdin Badreddinovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Boboyev Akmal Choriyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Saidaxmedova Nodira Ilxomovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Muxsinov Bekzod Toxirovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shakarov Qulmat Ashirovich***
*Renessans ta'lim universiteti,dotsent.*
***Jumaeva Zulfiya Qayumovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Norova Salomat Yusupovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Jalilov Jamshid G‘anijonovich***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent*
***Xasanova Gulruh Djumanazarovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Siddiqova Sadoqat G‘afforovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Zoyirov Erkin Xalilovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor*
***Gaffarov Feruz Hasanovich***
Puchon Universiteti, *professor*
***Ruziyev Davron Yuldashevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Muradova Firuza Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Yunusova Gulandon Samiyevna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***To‘xtayeva Zebo Sharifovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Uzoqova Laylo Polvonovna***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*
***To‘raqulova Marjona Qiyom qizi***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Muradova Zarina Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Sanjar Aslonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent*
***Gaffarov Laziz Hasanovich***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.



ISSN 3030-3907

**Development of science** ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.



ISSN 3030-3907

# ЭПОКСИ ПОЛИМЕРЛАРНИНГ АДГЕЗИЯ, МУСТАҲКАМЛИК ВА ҚОВУШҚОҚ- ЭЛАСТИКЛИК ХУСУСИЯТЛАРИНИ ЎРГАНИШ ҲАМДА УЛАРНИ МОДИФИКАЦИЯ ҚИЛИШ

**Наврузов Фарход Маматқулович**
*EMU University Кимё фанлари кафедраси мудири (PhD) доцент.*
*Ўзбекистон, Ташкент ш.*
*E-mail: navruzovfarmi@gmail.com*
**Акбаралиева Сарвиноз Умидовна**
*EMU Университети даволаш иши факультетининг 3-курс талабаси.*
*Ўзбекистон, Ташкент ш.*
*E-mail: Kimsulli301@gmail.com*

**Аннотация.** Мазкур ишда эпоксид полимерлар ва уларнинг модификацияларининг адгезион-мустаҳкамлик ҳамда қовушқоқ-эластик хоссалари тадқиқ қилинган. Тадқиқот объекти сифатида эпоксид олигомерлар ЭД-16 ва ЭД-20, шунингдек уларнинг ҳосилалари - ФАЭД-20 ва ЭИС-1 танлаб олинган. Тажрибалар давомида материалларнинг асосий физик-механик хусусиятлари аниқланган, жумладан тебранишларнинг логарифмик декременти, динамик эластиклик модули, йўқотиш модули, шишаланиш ҳарорати, зичлик, адгезион ва зарбага чидамлилик мустаҳкамлиги каби . хусусиятлар ўрганилган. Тадқиқот натижалари эпоксид полимерларнинг қовушқоқ-эластик ва адгезион-мустаҳкамлик хоссалари уларнинг кимёвий тузилиши ва таркибига сезиларли даражада боғлиқ эканлигини кўрсатди. Шунингдек, ўрганилган материаллар адгезион-мустаҳкамлик ва зкоэластик хоссалар даражаси бўйича қуйидаги тартибда жойлашади: ЭД-16, ЭД-20, ФАЭД-20 ва ЭИС-1. Шунингдек, ЭД-16 асосидаги эпоксид полимер вязкоэластик ва адгезион хусусиятлар бўйича юқорироқ кўрсаткичларга эга эканлиги кўрсатилди. Шу муносабат билан ушбу материални вибрацияни ютиш ва товушни изоляция қилиш хусусиятига эга бўлган композицион полимер материалларни ишлаб чиқишда қўллаш тавсия этилади.

**Калит сўзлар:** эпоксид полимерлар, модификация, адгезион мустаҳкамлик, қовушқоқ-эластик хоссалар, эпоксид смола, эластиклик модули, логарифмик декремент.

**Abstract.** This study examines the adhesive strength and viscoelastic properties of epoxy polymers and their modifications. The epoxy oligomers ED-16 and ED-20, as well as their derivatives FAED-20 and EIS-1, were chosen as the subjects of study. During the experiments, the key physical and mechanical properties of the materials were determined, including the logarithmic decrement of oscillation, the



ISSN 3030-3907

dynamic elastic modulus, the loss modulus, the glass transition temperature, the density, and the adhesive and impact strength. The results showed that the viscoelastic and adhesive strength properties of epoxy polymers depend significantly on their chemical structure and composition. It was found that the studied materials ranked in the following order of adhesive strength and viscoelastic properties: ED-16, ED-20, FAED-20, and EIS-1. It has been shown that ED-16-based epoxy polymer exhibits superior viscoelastic and adhesive properties. Therefore, this material is recommended for use in the development of vibration-absorbing and sound-insulating composite polymer materials.

**Keywords:** epoxy polymers, modification, adhesive strength, viscoelastic properties, epoxy resin, elastic modulus, logarithmic decrement.

**Аннотация.** В данной работе исследованы адгезионно-прочностные и вязкоупругие свойства эпоксидных полимеров и их модификаций. В качестве объектов исследования были выбраны эпоксидные олигомеры ЭД-16 и ЭД-20, а также их производные - ФАЭД-20 и ЭИС-1. В ходе экспериментов были определены основные физико-механические характеристики материалов, включая логарифмический декремент колебаний, динамический модуль упругости, модуль потерь, температуру стеклования, плотность, адгезионную и ударную прочность. Результаты исследований показали, что вязкоупругие и адгезионно-прочностные свойства эпоксидных полимеров существенно зависят от их химической структуры и состава. Установлено, что исследованные материалы по уровню адгезионно-прочностных и вязкоупругих свойств располагаются в следующем порядке: ЭД-16, ЭД-20, ФАЭД-20 и ЭИС-1. Показано, что эпоксидный полимер на основе ЭД-16 обладает более высокими показателями вязкоупругих и адгезионных характеристик. В связи с этим данный материал рекомендуется использовать при разработке вибропоглощающих и звукоизоляционных композиционных полимерных материалов.

**Ключевые слова:** эпоксидные полимеры, модификация, адгезионная прочность, вязкоупругие свойства, эпоксидная смола, модуль упругости, логарифмический декремент.

## ВВЕДЕНИЕ.

В настоящее время для снижения уровня вибрации и, следовательно, шума успешно применяются различные вибропоглощающие композиционные полимерные материалы. Однако эти материалы, в основном, состоят из гомополимеров и различных ингредиентов, а также недостаточно изучены ихвязкоупругие свойства. Они имеют сравнительно узкий диапазон проявления максимума потерь и ограничены в ассортименте.



ISSN 3030-3907

Эти недостатки не позволяют широко использовать их в качестве вибропоглощающего материала [1-4].

В связи с этим, в данной работе нами были исследованы адгезионно-прочностные и вязкотекучие свойства эпоксидных полимерных материалов и их производные применительно разработке вибропоглащающих и звукоизолирующих композиционных полимерных материалов.

**ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.** В качестве объекта исследования были выбраны эпоксидиановые, фурановые и сланцевые полимеры ЭД-16,ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), ФАЭД-20 (ТУ59-02.039.13-78) и ЭИС-1 (ТУ 38-1091-76) [1,2], а также порошкообразные эластомеры ПЭ-Ш (шероховальный) и ПЭ-Э (экструзионный), пластификатор дибугилфталат (ДБФ), отвердитель полиэтиленполиамин (ПЭПА).

Следует отметить, что фураноэпоксидную смолу ФАЭД-20 получают при совмещении 80 м.ч. фурфуролацетонового мономера ФА и 20 м.ч. эпоксидного олигомера ЭД-16. Одним из достоинств ФАЭД-20 является то, что фурфуролацетоновый мономер ФА получают из дешевого недефицитного сырья стеблей хлопчатника, запасы которого практически неистощимы в Узбекистане. Покрытия из ФАЭД-20 имеют высокую адгезионную прочность, водо-, термо- и химическую стойкость. Аналогичным путем полученыэпоксилоксановые полимеры. Поэтому нами были выбраны как объект исследования модификации эпоксидных полимеров ФАЭД-20 и ЭИС-1.

Методика получения вибропоглощающих полимерных композиций и образцов для их испытания. Для испытания вибропоглощающих свойств полимеров и композиций на основе ЭД-16, ЭД-20, ФАЭД- 20 и ЭИС-1 образцы получали следующим образом. Необходимое количество эпоксидных, фураноэпоксидных и эпоксиднослацевых олигомеров сушили в сушильном шкафу при 370 К в течение 2 часов. Затем в олигомеры вводили сначала необходимое количество пластификатора ДБФ, полимерных и органоминеральних наполнителей, затем отвердитель (ЭД:ПЭПА 10:1). После введения каждого ингредиента, композицию перемешивали в течение 10 минут механической мешалкой при 300К. Готовую смесь отливали в формы, предварительно обработанные антиадгезионным веществом. Реаксионноспособную массу отверждали при 300К (ФАЭД-20 при 350 К) в течение 10 часов. Образцы из ЭД и ЭНС подвергались термообработке при 373 К в течение 4 часов, а образцы из ФАЭД - при 400К в течение 6 часов.

Образцы для исследования химической структуры материала получали методом прессования таблеток с КВг. Для чего отвержденный полимер или



ISSN 3030-3907

композиционный материал измельчали в ступке и добавляли измельченный КВг. Затем из этого порошка получали таблетки на прессе.

Методика исследования вибропоглощающих и физико-механических свойств композиционных полимерных материалов. Вязкоупругие свойства полученных образцов исследовали методом ширины резонансной впадины [1]. Химическую структуру полученных образцов из гомополимеров и композиций на их основе изучали методом ИК-спектроскопии на спектрометре SPECOROD - 75IR.

Адгезионную прочность покрытий на основе полученных композиций определяли методом отрыва грибков, соединенных между собой связующим, на разрывной машине “FP-100/1 (ГДР)”.

Микротвердость композиционных полимерных покрытий определяли прибором ПМТ-3, представляющим собой микроскоп с устройством для вдавливания индентора в испытуемый материал под определенной статической нагрузкой. Ударную прочность полимерных покрытий определяли на приборе У-2, представляющим собой вертикальный копер.

Толщину покрытий измеряли магнитным толщиномером ТИП-10. Для изучения теплофизических свойств, в частности определения коэффициента теплопроводности, нами предварительно был применен стационарный метод определения теплового потока при комнатной температуре - теплометрический метод. Метод основан на регистрации теплового потока от плоского источника постоянной мощности сквозь испытуемый образец к телу с постоянной температурой.

Температурную зависимость теплопроводности исследуемых полимеров и композиций на их основе изучали динамическим методом. Экспериментальное определение теплопроводности, исследуемых композиций проводилось в диапазоне температур (240-500 К) по ГОСТ 23630.2-79 на приборе ИТ - λ - 400 одном из немногих приборов для теплофизических исследований, выпускаемых промышленностью Российской Федерации. Измерение теплопроводности проводилось на образцах из полимерных композиций а 15 мм. Обработка всех экспериментальных данных проводилась методом математической статистики.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.** Были исследованы адгезионно-прочностные и вибропоглощающие свойства эпоксидных полимеров и их производных. Результаты исследований вязкоупругих и адгезионнопрочностных свойств полимеров, выбранных в качестве объекта исследования, эпоксидных смол и их производных,



ISSN 3030-3907

приведены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Вязкоупругие и адгезионно-эпоксидных прочностные свойства эпоксидных полимеров и их производных.**

| Свойства | Полимеры | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ЭД-20 | ЭД-16 | ФАЭД- | ЭИС-1 |
| Логарифмический декремент, δ | 0.086 | 0,110 | 0.098 | 0,091 |
| Динамический модуль упругости Е', МПа | 3820 | 4060 | 3580 | 3400 |
| Модуль потерь Е", МПа | 344 | 398 | 387 | 310 |
| Температура стеклования Тс, К | 390 | 370 | 400 | 340 |
| Плотность р, г/см$^3$ | 1,26 | 1,28 | 1,25 | 1,23 |
| Адгезионная прочность $\delta_a$, МПа | 36,0 | 32,0 | 40,0 | 26,0 |
| Ударная прочность $\sigma_{уп}$, МПа | 1,11 | 1,20 | 1,22 | 1,26 |

Как видно из таблицы 1, вязкоупругие и адгезионно-прочностные свойства эпоксидных полимеров на основе ЭД-16, Эд-20 и их производных ФАЭД-20 и ЭИС-1 значительно различаются друг от друга. Так, например, у эпоксидного полимера на основе ЭД-16 логарифмический декремент находится в пределе δ= ф, 0,110 динамический модуль упругости Е'=4060 Мпа, модуль потерь - Е"= 398 Мпа, температура стеклования $T_c$ = 370 К, плотность $\rho$ =1,28 г/см$^2$, адгезионная прочность $\delta_a$=32,0 МПа и ударная вязкость σ=1,20 МПа. А у эпоксидного полимера на основе ЭД-20 логарифмический декремент находится в пределе δ - ф, 0,086, динамический модуль упругости Е'= 3820 Мпа, модуль потерь - Е"= 344 МПа, температура стеклования $T_c$ = 390 К, плотность σ = 1,26г/см$^2$, адгезионная прочность - $\delta_a$=36,0 МПа и ударная вязкость $\sigma_y$=l,ll МПа.

Как видно из анализа, у эпоксидного полимера на основе ЭД-16 кроме адгезионной прочности и температуры стеклования все остальные вязкотекучие и адгезионно-прочностные свойства находятся выше, чему эпоксидного полимера на основе ЭД-20.

Теперь рассмотрим вязкотекучие и адгезионно-прочностные свойства полимеров производных эпоксидных полимеров ФАЭД- 20 и ЭИС-1.

Логарифмический декремент у ФАЭД-20 находится в пределе 0,098



ISSN 3030-3907

динамический модуль упругости E'=3580 Мпа, модуль потерь - E"=387 Мпа, температура стеклования $T_c$=400 К, плотность р=1,25 г/см", адгезионная прочность-$\delta_a$=40,0 МПа и ударная прочность $\sigma_{yn}$=l,22 МПа. А у ЭИС-1 логарифмический декремент находится в пределе δ=ф,0,091 динамический модуль упругости E'=3400 Мпа, модуль потерь-E"=310 МПа, температура стеклования $T_c$=340 К, адгезионная прочность-$\sigma_a$=26,0 МПа и ударная прочность $\sigma_y$=l,26 МПа.

Анализируя можно отметить, что у производных эпоксидного полимера ФАЭД-20 кроме ударной прочности все остальные вязкоупругие и адгезионно-прочностные свойства выше, чем у производных эпоксидного полимера ЭИС-1.

Результаты исследования эпоксидных полимеров по адгезионно-прочностным и вязкоупругим свойствампоказали,что они имеют следующий ряд: ЭД-16,ЭД-20, ФАЭД- 20 и ЭИС-1.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

Все исследованные эпоксидные полимеры и их производные имеют хорошие адгезионно-прочностные и вязко-текучие свойства. Так как среди исследованных полимерных материалов эпоксидный полимер на основе ЭД -16 имеет более хорошие вязкоупругие и адгезионно-прочностные свойства, то далее для исследования и разработки композиционных полимерных вибропоглащающих материалов и покрытий на их основе рекомендуется именно эпоксидный полимер на основе ЭД-16.

**ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Негматов С.С., Пак И.И.,Демпфирующие свойства полимерных материалов и покрытий на их основе. УзИИИНТИ, Ташкент, 1974. 16с.
2. Негматов С.С., Пак И.И., Применение полимерных композиционных покрытий в хлопкоуборочной машине. В сб.научных трудов ТашПИ. «Сельхозмашины» вып. 329, Ташкент, 1982г.-С. 125-127.
3. Писаренко Г.С. Рассенние энергии при механических колебаниях. Киев, Изд-во, АН УССР, 1962.
4. Вибродемпфирующий материал NOISEBUSTER [Электронный ресурс] / NOISEBUSTER, 2015. URL: http://www.noisebuster-msk.ru/. (Дата обращения: 15.03.2015).



ISSN 3030-3907