

DOI – 10.32743/UniTech.2022.104.11.14502

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ  
НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ****Негматов Сайибжан Садикович**

академик АН Республики Узбекистан,  
д-р. техн. наук, проф., ГУП «Фан ва тараққиёт»,  
Ташкентский государственный технический университет,  
Республика Узбекистан, г. Ташкент  
E-mail: [sanjar.sultanov.89@inbox.ru](mailto:sanjar.sultanov.89@inbox.ru)

**Абед Нодира Сайибжановна**

д-р. техн. наук, проф., ГУП «Фан ва тараққиёт»,  
Ташкентский государственный технический университет,  
Республика Узбекистан, г. Ташкент

**Улмасов Тулкин Усманович**

зав. лаб.,  
«Адгезия и динамика композиционных материалов»  
ГУП «Фан ва тараққиёт», д-р. техн. наук,  
Республика Узбекистан, г. Ташкент

**Аликабулов Шухрат Абдумаликович**

PhD д-р филос. по техн. наукам, доц.,  
соискатель ГУП «Фан ва тараққиёт»,  
Ташкентский государственный технический университет,  
Республика Узбекистан, г. Ташкент

**Ражабов Ёркинбек Сайфиддин угли**

соискатель ГУП «Фан ва тараққиёт»,  
Ташкентский государственный технический университет,  
Республика Узбекистан, г. Ташкент

**Мухиддинов Музаффар Бахтиёрович**

соискатель ГУП «Фан ва тараққиёт»,  
Ташкентский государственный технический университет,  
Республика Узбекистан, г. Ташкент

**STUDY OF THE INFLUENCE OF OPERATION MODES OF METAL TOOLING  
ON THE WEAR RESISTANCE OF COMPOSITE POLYMER MATERIALS****Sayibjan Negmatov**

Academician of the AS RepUz,  
Doctor of technical sciences, professor,  
SUE "Fan va tarakkiyot",  
Tashkent state technical university,  
Republic of Uzbekistan, Tashkent

**Nodira Aded**

Doctor of technical sciences, professor,  
Head of the State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot",  
Tashkent State Technical University,  
Republic of Uzbekistan, Tashkent

**Tulkin Ulmasov**

*Head lab. "Adhesion and dynamics of composite materials"  
State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot",  
Doctor of Technical Sciences,  
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

**Shukhrat Alikabulov**

*PhD Doctor of Philosophy  
in Engineering Sciences, Associate Professor,  
Applicant State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot",  
Tashkent State Technical University,  
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

**Yorkinbek Rajabov**

*Applicant  
State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot",  
Tashkent State Technical University,  
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

**Muzaffar Mukhiddinov**

*Applicant  
State Unitary Enterprise "Fan va tarakkiyot",  
Tashkent State Technical University,  
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

#### АННОТАЦИЯ

Приведены результаты экспериментального исследования износостойкости различных эпоксидных композиций в зависимости от эксплуатационных режимов металлической оснастки.

#### ABSTRACT

The results of an experimental study of the wear resistance of various epoxy compositions depending on the operating conditions of the metal tooling are presented.

**Ключевые слова:** металлическая оснастка, износостойкость, полимер-бетонные матрицы, композиция, антиадгезионные свойства.

**Keywords:** metal tooling, wear resistance, polymer-concrete matrices, composition, anti-adhesion properties.

#### Введение

Известно, что покрытия из полимерных материалов на рабочей поверхности технологической оснастки во время эксплуатации часто выходят из строя. Причинами этого является разрушение поверхности оснастки в результате изнашивания или отслаивания полимерного покрытия при многократном воздействии бетонной смеси в стадии формования [1].

В стадии разработки таких композиций исследователями основное внимание было уделено на антиадгезионные свойства полимера с бетоном и влияние температуры и влажности бетонной смеси на адгезионную прочность самого полимера с подложкой. Влияние же основных эксплуатационных факторов, т.е. скоростно-нагрузочных режимов на изнашивание полимерных покрытий, нанесенных на рабочую поверхность технологической оснастки при температуре и влажности, практически не изучены и износостойкость в стадии разработки полимерных композиций не учитывалась. В результате этого технологические оснастки имели невысокий потенциал работоспособности и долговечности [2].

Поэтому для создания более эффективных и работоспособных композиционных полимерных материалов для покрытия рабочих поверхностей технологической оснастки, на наш взгляд, наряду с влажностью бетонной смеси и температурно-временными факторами. При этом также необходимо будет учесть влияние давления и скорости перемещения смеси на рабочей поверхности опалубки [3].

В связи этим проведение исследования по разработке оптимальных режимов получения износостойких композиционных полимерных материалов для покрытия на рабочей поверхности технологической оснастки в производстве железобетонных изделий является актуальной проблемой.

**Объектами исследования** являются два вида основного состава (ОС) связующего из 100 масс.ч. эпоксидной смолы марки ЭД-16, ГОСТ 10587-72, 12 масс.ч. отвердителя-полиэтиленололиамина ТУ6-02-524-70, 20 масс.ч. пластификатора-дибutilфталата ГОСТ 8728-16 ОС-1 и из 100 масс.ч. ЭД-16, 7 масс.ч. отвердителя-пиперидина ТУ6-09-3672-74, 20 масс.ч. алифатической низкомолекулярной эпоксидной смолы ТЭГ-ИРГУ6-05-1223-89, ОС-2. Выбор связующего на основе ЭД-16 обусловлен его технологичностью,

сравнительно высокими физико-механическими свойствами и теплостойкостью и возможностью получения покрытий как при холодном, так и горячем отверждении. Для наполнения эпоксидных композиций были выбраны выпускаемые промышленностью дисперсные и волокнистые наполнители органического, неорганического, синтетического и минерального происхождения; графит зернистый и пластинчатый, углеродные волокна, сажа, железный порошок, цемент, тальк, каолин, стекловолокно, фторопласт, полиэтилен высокой плотности.

Выбор этих наполнителей для исследования обусловлен следующим. Графит, сажа и железный порошок улучшают тепло- и электрофизические свойства композиций, а также обеспечивают высокую адгезию к металлическим поверхностям, фторопласт и полиэтилен обладают хорошими антиадгезионными свойствами при взаимодействии с конструкционными материалами, что важно для снижения адгезии бетона к поверхностям оснастки. Углеродные и стеклянные волокна придают материалу высокую прочность и повышают их устойчивость к термомеханическим воздействиям за счет армирования. Цемент, тальк и каолин выбраны с целью снижения стоимости рекомендуемых для внедрения в производство эпоксидных композиций (для применения в оснастках). Они отличаются электромагнитными свойствами, плотностью и высокой удельной поверхностью, что позволяет изучать влияние физических модификаций на свойства эпоксидных композиций.

Такое разнообразие наполнителей по виду, структуре, свойствам и назначению позволяет всесторонне изучать износостойкость эпоксидных композиций в условиях абразивной среды, что необходимо для обеспечения долговечности покрытий.

Технология получения покрытий на поверхности образцов-подложек осуществлялась следующим образом; предварительно подготавливалась композиция, которая наносилась на предварительно очищенную и обезжиренную поверхность образцов при помощи шпателя.

Композицию на основе эпоксидного олигомера готовили следующим образом; необходимое количество эпоксидной смолы нагревали до 373-393 К для удаления воздушных пузырьков из массы полимера, затем при температуре 333 К при тщательном перемешивании добавляли пластификатор дибутилфталат. После этого вводили обезжиренный и высушенный наполнитель. Непосредственно перед употреблением небольшими порциями при комнатной температуре вводили отвердитель полиэтиленполиамин или пиперидин. Приготовленная таким образом композиция наносилась на поверхность образцов. После нанесения композицию с полиэтиленполиамином отверждали при температуре 383 К (100°C) в течение одного часа. А композицию с пиперидином отверждали при температуре 363 К (90°C) в течение 6 час.

В настоящее время существует ряд методов для изучения изнашивания полимерных материалов. Из-

нашивание - сложный процесс разрушения поверхности материалов и сопровождается отделением из него микро или макрочастиц при многократном или одноактном взаимодействии.

Специально проведенные нами исследования по изучению характера и закономерностей разрушения поверхности форм с полимерными покрытиями показали, что разрушение поверхности покрытий различно в зависимости от технологического процесса формования. Например, для форм немедленной распалубки имеет место как абразивное, так и усталостное разрушение поверхности. В более жестких режимах формования, как пропариванием или обогревом, происходит коррозионно-механическое разрушение поверхности. Этот вид изнашивания поверхности становится преобладающим при снижении теплостойкости материала покрытия, т.е. в основном у термопластичных полимеров. Покрытия из термореактивных полимеров в основном разрушаются вследствие абразивного воздействия или из-за низкой усталостной прочности.

Для определения абразивной износостойкости материалов нами использован дисковый трибометр.

#### Результат исследования и их анализ

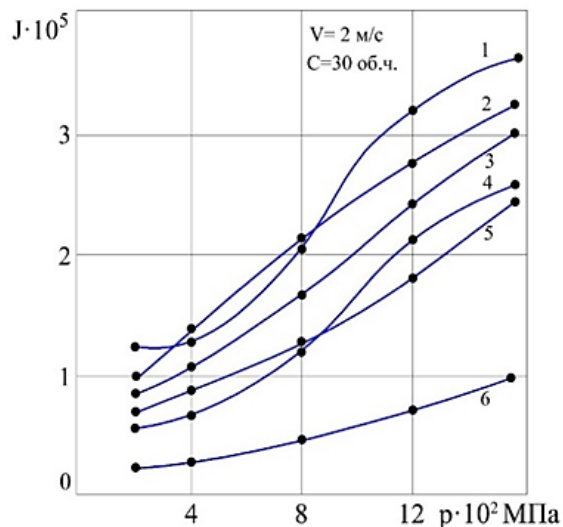
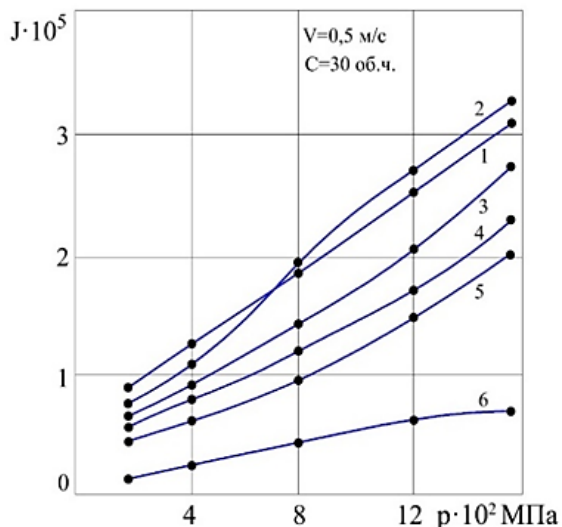
Для исследования в качестве основных эксплуатационных режимов были выбраны давление на поддон и скорость перемещения растворов в процессе формования изделий.

С целью разработки эффективных износостойких композиционных материалов были выбраны эпоксидные композиции на основе ОС-1, как более износостойкие, наполненные 25 об.ч. полиэтилена, графита, талька, железного порошка и стекловолокна. При этом вместо абразивного полотна в качестве контртела были использованы покрытия из бетонных растворов на поверхности стального диска. Испытания проводились в пределах давления 0,02-0,15 МПа и скорости 0,5-2 м/с в присутствии цементного молока (25% раствор портландцемента марки 500 в воде) и без него, т.е. во влажной и сухой среде.

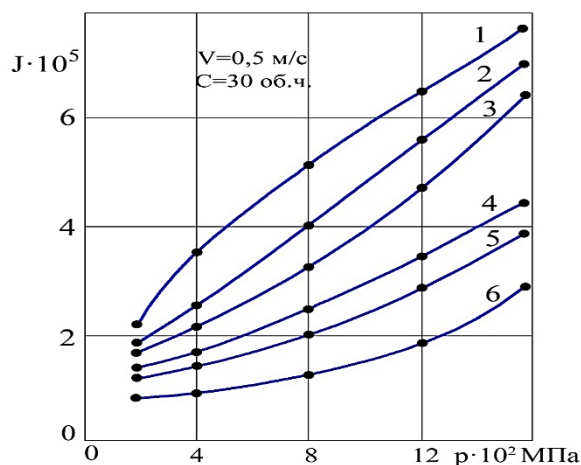
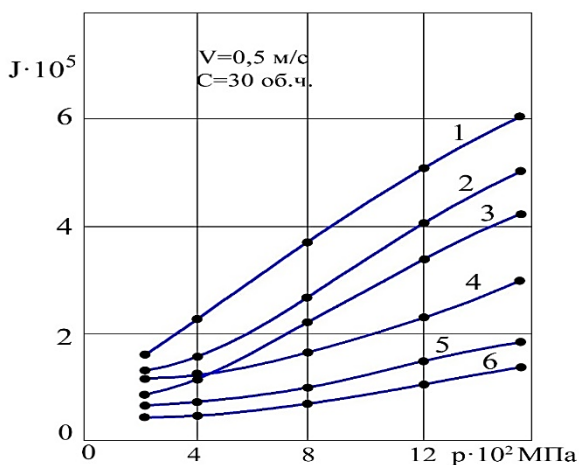
Из представленных на рис.1-2. данных видно, что с увеличением давления интенсивность изнашивания эпоксидных композиций увеличивается независимо от скорости скольжения как во влажной среде, так и в сухой. При этом следует отметить, что величина интенсивности изнашивания с изменением среды и условий взаимодействия трущихся тел существенно изменяется. Например, с увеличением давления от 0,05 до 0,15 МПа интенсивность изнашивания изменяется почти на два порядка и составляет во влажной среде  $3 \cdot 10^{-7}$  -  $8 \cdot 10^{-7}$  и в сухой  $6 \cdot 10^{-7}$  -  $5 \cdot 10^{-6}$ , в зависимости от вида композиций. Эти показатели примерно на 1,5-2 порядка ниже по сравнению с интенсивностью изнашивания (0,15  $\cdot 10^{-6}$  - 1,0  $\cdot 10^{-6}$ ) композиций по абразивному полотну в жестких условиях при равных давлениях (0,1 МПа) и скорости (0,5 м/с), что объясняется изменением условий взаимодействия композиций с абразивной поверхностью в лучшую сторону за счет применения упругоэластичного устройства в установке и присутствием цементного молока, благоприятно способствующего

отводу тепла из контактной зоны. Кроме того, надо также отметить, что покрытия из бетонного раствора имеют меньшую твердость и более пологие радиусы вершин неровностей по сравнению с неровностями абразивного полотна, которые в конечном счете

существенное влияние оказывают на снижение фактического давления при контакте полимера с абразивами. В результате снижается объем микрорезания и, соответственно, интенсивность изнашивания композиций.



**Рисунок 1. Зависимость интенсивности изнашивания эпоксидных композиций на основе ОС-1 по бетону от давления при различных наполнителях: 1-ПЭВП; 2-талк; 3-без наполнителя; 4-графит; 5-железный порошок; 6-стекловолокно**

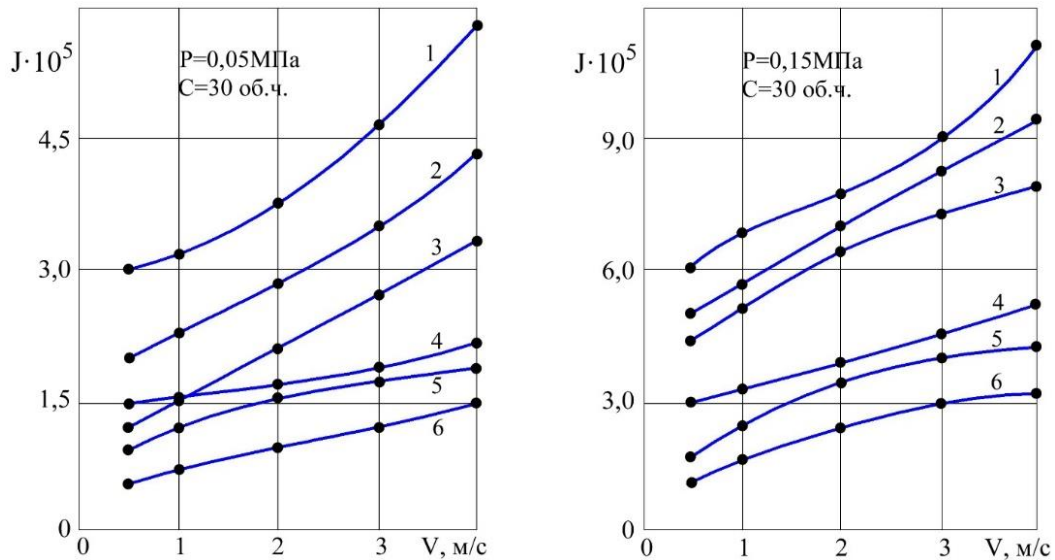


**Рисунок 2. Зависимость интенсивности изнашивания эпоксидных композиций на основе ОС-1 по бетону в присутствии влажной среды от давления при различных наполнителях: 1-ПЭВП; 2-талк; 3-без наполнителя; 4-графит; 5-железный порошок; 6-стекловолокно**

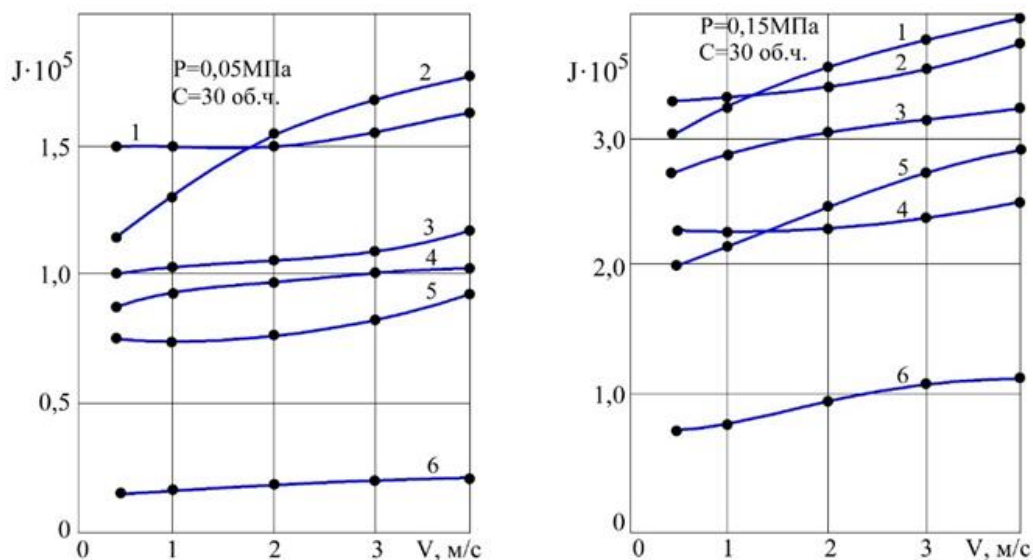
Далее рассмотрим влияние скорости скольжения на интенсивность изнашивания по сухому бетону и при влажной среде.

Увеличение интенсивности изнашивания композиций с ростом давления связано с увеличением объема микрорезания, что согласуется с данными работы.

На рисунке 4 и 5 приведены зависимости интенсивности изнашивания эпоксидных композиций ОС-1 по сухому бетону в присутствии влажной среды и скорости скольжения соответственно.



**Рисунок 3.** Зависимость интенсивности изнашивания эпоксидных композиций на основе ОС-1 по бетону от скорости скольжения при различных наполнителях: 1-ПЭВП; 2-тальк; 3-без наполнителя; 4-графит; 5-железный порошок; 6-стекловолокно



**Рисунок 4.** Зависимость интенсивности изнашивания эпоксидных композиций на основе ОС-1 по бетону в присутствии влажной среды от скорости скольжения при различных наполнителях: 1-ПЭВП; 2-тальк; 3-без наполнителя; 4-графит; 5-железный порошок; 6-стекловолокно

Известно, что с увеличением скорости скольжения возрастает температура, которая приводит к существенным изменениям триботехнических характеристик полимерных материалов, снижая их механические и прочностные свойства. В условиях абразивного трения с увеличением температуры в контактной зоне должна увеличиваться и интенсивность изнашивания вследствие снижения твердости, что и наблюдается в наших исследованиях.

Аналогичные результаты наблюдаются в наших исследованиях (рис 4 и 5) Это отчетливо видно из сравнения результатов исследований по износостойкости композиций в зависимости от скорости скажения, особенно наполненных полиэтиленом и железным порошком, сильно отличающимися по коэффициенту теплопроводности. Очевидно, по этой причине

снижается интенсивность изнашивания композиций, наполненных полиэтиленом, по сравнению с другими композициями и она практически мало зависит от скорости во влажной среде.

Таким образом, результаты исследования показывают, что интенсивность изнашивания эпоксидных композиций существенно зависит от условий эксплуатации технологической оснастки и форм и может быть определена механическими и теплофизическими свойствами применяемого в оснастках материала.

При этом относительная абразивная износостойкость эпоксидных композиций в условиях жесткого и упруго-эластичного взаимодействия их с абразивами по характеру одинакова, а по величине отличается.

### Заключение

Отмечено, что с увеличением давления интенсивность абразивного изнашивания эпоксидных композиций увеличивается независимо от условий взаимодействия трущихся тел и от вида материала, а с увеличением скорости растет в меньшей степени, особенно во влажной среде.

Установлено, что результаты проведенных исследований позволяют нам выбрать наиболее эффективные материалы для применения в формах с учетом

их условий эксплуатации, что важно для повышения эффективности работы форм и прогнозирования их долговечности в процессе эксплуатации.

Установлено, что рабочие поверхности полимерной оснастки в процессе эксплуатации подвергаются воздействию значений давления (0,05-0,15 и 0,02-0,05 МПа) и скорости (3-4 и 0,5,6 м/с), разным по величине и по характеру действия в зависимости от стадии технологического процесса формования изделий.

### Список литературы:

1. Батяновский Э.И. Технология производства железобетонных изделий. Учебное пособие. Минск. «Высшая школа». 2019., 316 с.
2. Курочкин М.П. Прогрессивные технологии производства бетонных и железобетонных изделий. Вісник ПДАБА. №2 – 3 лютий– березень 2016., С. 92-96.
3. Думанский М.О., Александров В.М., Сытин В.И. Измерение твердости металлов и сплавов. – Архангельск, 2013. -18 с.