

конденсированного состояния» : Диссертация на соискание доктора физико-математических наук / Загребин, М. А. ; Челябинский государственный университет. — Челябинск, 2021. — 326 с.

2. Мирошкина, О. Н. Структурные, магнитные, электронные и термодинамические свойства сплавов Гейслера на основе Ni, Fe и Pd : специальность 01.04.07 «Физика конденсированного состояния» : Диссертация на соискание кандидата физико-математических наук / Мирошкина, О. Н. ; Челябинский государственный университет. — Челябинск, 2020. — 165 с.

3. Афремов, Л. Л., Белоконов, В. И., Дьяченко, О. И., Петров, А. А. Метод случайного поля в магнетизме наночастиц [Текст] / Л. Л. Афремов, В. И. Белоконов, О. И. Дьяченко, А. А. Петров — 1 — Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2016 — 110 с.

#### УДК 66

*Булгакова А.А., Посохова В.Ф., Вергейчик А.В.*

*Научный руководитель: Ключникова Н.В. канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **ВЛИЯНИЕ НАПОЛНЕННОГО ПОЛИМЕРИЗАТА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА**

В стоматологической практике врачи используют различные реставрационные материалы в зависимости от разных клинических ситуаций: постановка коронок, пломб, виниров, вкладок, накладок или шин. Для этих целей используют дисперсно-армированные композиционные материалы, включающие разноразмерные наполнители. Однако для обеспечения эстетических свойств реставраций – соответствие пломбировочного материала естественному блеску эмали зуба, необходимо использовать микронаполнители, которые не обеспечивает необходимых прочностных показателей. Поэтому разработка технологии получения предварительно полимеризованных частиц, состоящих из олигомерного связующего и мелкодисперсного наполнителя с целью оптимизации технологии производства, является актуальным направлением [1].

Для получения наполненного полимеризата использовали олигомерное связующее (бис-ГМА, ТГМ=50:50% масс.) и неорганический стеклонаполнитель «Barium Borosilicate EEG102-0,7»,

в качестве инициатора полимеризации использовали перекись бензоила (ПБ). Проводили перемешивание механическим способом в планетарном смесителе DPM-4 до получения однородной массы, затем проводили термическую полимеризацию и последующее измельчение наполненного полимеризата. Для дальнейшего исследования были выбраны образцы №1 и №2, состав которых представлен в таблице 1.

Таблица 1. - Состав наполненных полимеризатов №1 и №2

Состав	Образец 1	Образец 2
	Содержание, %	
Олигомерное связующее (УДМА, ТГМ, ПБ)	25	50
«Barium Borosilicate EEG102-0,7»	70	-
Предварительно аппретированный ОХ-50	5	50

Гранулометрический состав определялся методом лазерной дифракции света с технологией PIDS на универсальном жидкостном модуле анализатора размера частиц «LS 13 320» (Beckman Coulter, США) с ультразвуковым гомогенизатором. [2]. По основным критериям оценки гранулометрического состава средний размер частиц наполненного полимеризат №1 и №2 составил 14,19 и 2,362 мкм соответственно.

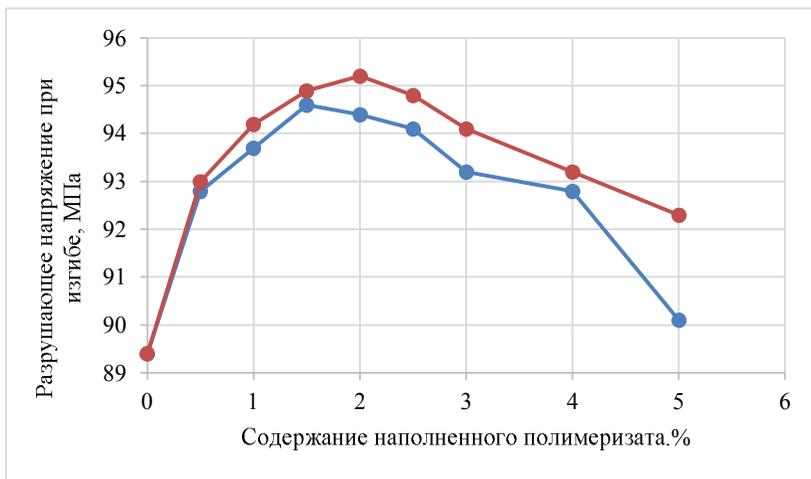


Рис. 1.– Зависимость разрушающего напряжения при изгибе от содержания в ненаполненной отвержденной композиции образцов наполненного полимеризата 1-2.

Использованные для модификации олигомерного связующего образцы №1 и №2 повышают разрушающее напряжение при изгибе в разной степени (рис. 1). В случае добавления наполненного полимеризата №1 разрушающее напряжение при изгибе достигает максимального значения при его 1,5% содержании. В случае добавления наполненного полимеризата №2 разрушающее напряжение при изгибе достигает максимального значения при его 2% содержании, что вероятнее всего связано с более равномерным распределением ОХ-50 в олигомерном связующем.

Проведена оценка основных физико-механических свойств образцов композиционных материалов, в состав которых входят тонкодисперсные разно размерные наполнители и олигомерное связующее, состав которых представлен в таблице 2. Нижеуказанные образцы 1-3 готовили в реакторе ДПМ-4 до образования высоконаполненной гомогенной массы.

Таблица 2. – Состав наполненных композиционных материалов

Сырьевые Компоненты	Процентное содержание, % масс.		
	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Олигомерное связующее (табл.1)	30	23,4	24,5
Стеклонаполнитель барийборсиликатный	24,5	29,6	28,0

ESSCHEM 102-07 (0,7 мкм)			
Стеклонаполнитель стронцийсиликатный ESSCHEM 103-3 (3 мкм)	37	37	37
Диоксид кремния (Аэросил ОХ- 50)	6	6	6
Диоксид кремния (Аэросил А-90)	2,5	2,5	2,5
Наполненный полимеризат (1)	-	1,5	-
Наполненный полимеризат (2)	-	-	2

– (1) – без содержания порошка, наполненного полимеризата – основа материала «ДентЛайт»-нано; (2) – содержит 1,5% наполненного полимеризата: олигомерное связующее/стеклонаполнитель барийборсиликатный ESSCHEM 102-07/ОХ-50; (3) – содержит 2% наполненного полимеризата: олигомерное связующее/ОХ-50.

Введение в состав композиционного материала «ДентЛайт»-нано порошков наполненного полимеризата №1, №2 в количестве 1,5% масс. и 2% масс., позволило увеличить общую загрузку стеклонаполнителя барийборсиликатного ESSCHEM 102-07 (0,7 мкм) на 17% и 12,5% соответственно. Вероятнее всего это связано с малой площадью удельной поверхности наполненного полимеризата, в сравнении с обычными наполнителями.

Для оценки основных физико-механических свойств тестируемые образцы отверждали с помощью стоматологического фотополимеризатора в течение 60 секунд согласно рекомендациям, изложенным в ГОСТ Р 56924–2016 [3]. Спектр излучения 420-490 нм перекрывает диапазон инициации камфорохинона, максимум поглощения которого 475 нм. Разрушающее напряжение при изгибе определяли при нагружении образцов в виде балок методом трехточечного изгиба при помощи разрывной машины model 3345 (Inston, США). Скорость движения траверсы –  $0,75 \pm 0,25$  мм/мин.

Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Физико-механические характеристики наполненных композиционных материалов

№ п/п	Прочность при изгибе, МПа	Модуль упругости при изгибе, ГПа	Прочность при диаметральном разрыве, МПа
1	124,91±4,50	9,57±1,54	56,35±1,20

2	135,81±3,89	10,47±2,43	55,22±1,20
3	125,78±4,52	9,83±2,00	54,83±1,20

– (1) – основа «ДентЛайт»-нано; (2) – содержит 1,5% наполненного полимеризата: олигомерное связующее/стеклонаполнитель барийборсиликатный ESSCHEM 102-07/ОХ-50; (3) – содержит 2% наполненного полимеризата: олигомерное связующее/ОХ-50.

Установлено, что в случае добавления наполненных полимеризатов №1и №2 разрушающее напряжение при изгибе достигает максимального значения 1,5% масс. и 2 % масс. соответственно.

Определено, что показатель прочности при изгибе и модуль упругости образца, содержащего в своем составе 1,5% наполненного полимеризата №1, составляет 135,81 МПа и 10,47 ГПа соответственно, что на 8% выше, чем у стандартного образца. Показатель прочности при диаметральной разрыве образца, содержащего в своем составе 2% на 3,3% масс. меньше, чем у содержащего 1,5% и композиционного материала «ДентЛайт»-нано.

Удалось снизить липкость композиционной пасты к рабочим инструментам и увеличить степень полировки при проведении процедуры реставрации твердых тканей зуба.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ключникова, Н. В., Полимерный композиционный материал на основе термопластичного полиимида /Н. В. Ключникова, С. А. Гордеев, М. Д. Гордиенко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2017. — №12. — С. 126-129.

2. ISO 13320:2020 Particle size analysis — Laser diffraction methods. — URL: <https://www.iso.org> (дата обращения 15.05.2025).

3. ГОСТ Р 56924–2016: Стоматология. Материалы полимерные восстановительные.