

**АНАЭРОБНЫЕ КЛЕЕВЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ
МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОВЫШЕННЫМИ
АДГЕЗИОННЫМИ И ЭЛАСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

Розроблені анаеробні клейові композиції, модифіковані низькомолекулярними каучуками. Встановлено, що введення низькомолекулярних каучуків дозволяє підвищити адгезійні та еластичні характеристики металополімерних з'єднань. Показана можливість застосування модифікованих анаеробних клейових композицій для з'єднання різноманітних матеріалів конструкційного призначення.

**ANAEROBIC GLUE COMPOSITIONS FOR METAL-POLYMERIC OF
JOINTS WITH HEIGHTENED ADHESIVE AND ELASTIC PROPERTIES**

Designed anaerobic glue compositions, modified low molecular weight caoutchoucks. Is established, that the introducing of low molecular weight caoutchoucks allows to raise the adhesive and elastic performances of metal-polymeric joints. The rotined possibility of applying of modified anaerobic glue compositions for joint of miscellaneous materials of constructional assigning.

Анаэробные клеи и герметики - это композиции, которые быстро отверждаются в зазорах между металлическими поверхностями и при этом надежно фиксируют, герметизируют и уплотняют резьбовые, фланцевые, цилиндрические соединения, микротрещины, сварные швы [1-12]. Созданные на основе многолетних испытаний, сначала для военной и космической техники, анаэробные клеи и герметики нашли широкое применение в различных областях техники, особенно в автомобильной промышленности и при ремонте машин и механизмов:

– использование при контровке резьбовых соединений (рис. 1) позволяет отказаться от механических стопорных элементов - контргаек, шайб Гровера, шплинтовой проволокой и др. При этом обеспечивается равномерность распределения нагрузки по резьбе, повышается стойкость к вибрации, ударным нагрузкам, предотвращается коррозия;

- использование в цилиндрических соединениях (рис. 2) позволяет усилить посадку, заменить прессовую посадку на скользящую, снизить допуски на обработку фиксируемых поверхностей;

- в авторемонтных предприятиях широко используются при восстановлении подшипниковых соединений, т.к. такой процесс является наиболее простым и экономичным;

- хорошо зарекомендовали себя при уплотнении фланцевых соединений и трубных резьб (рис. 3) и применяются для герметизации тормозной аппаратуры, пневмосистем автомобилей, во фланцах масляных и топливных насосов.

За счет капиллярного эффекта анаэробные герметики легко заполняют поры и микротрещины и при отверждении надежно уплотняют различные литые и сварные швы.

Состав лучших анаэробных композиций – установившийся и включает [1-2]:

- полимеризационноспособные соединения (моно- или полифункциональные акриловые, метакриловые соединения, их смеси или комбинации с другими ненасыщенными углеводородами);
- инициаторы полимеризации (перекисные и гидроперекисные соединения);
- ускорители процесса разложения инициаторов полимеризации (чаще всего амины);
- ингибиторы радикального процесса полимеризации (гидрохинон и его производные);
- целевые добавки (красители, загустители, промоторы адгезии и др.).

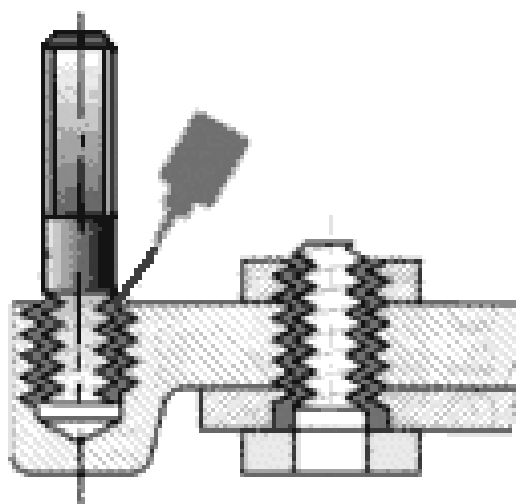


Рис. 1 – Анаэробные композиции для резьбовых соединений

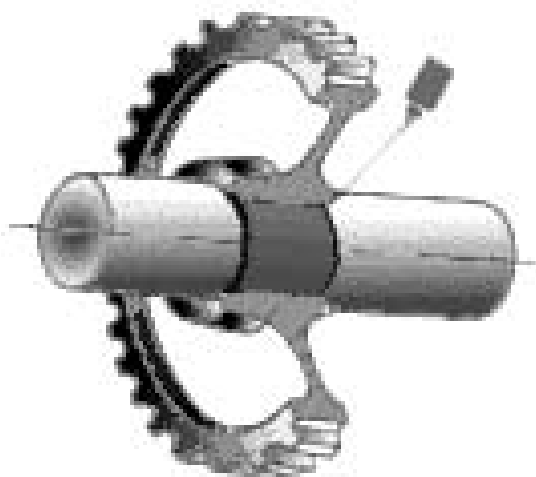
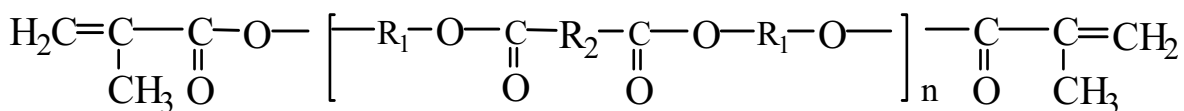


Рис. 2 – Анаэробные клеи для посадочных соединений

Такие составы должны обладать высокой скоростью "схватывания" при комнатной температуре, требуемой вязкостью, чтобы адгезив не выдавливался в процессе сборки.

В связи с этим в работе использованы не мономерные, а олигомерные эфиракрилаты (МГФ-1, МДФ-1, МГФ-9, ТГМ-3) общей формулы:



R_1, R_2 - остатки многоатомных спиртов и двухосновных кислот;
 n - степень полимеризации олигоэфирного блока ($n = 1-3$)

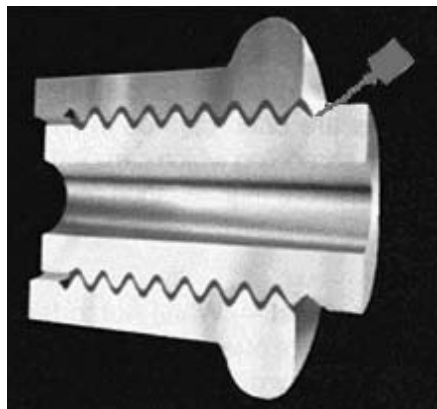
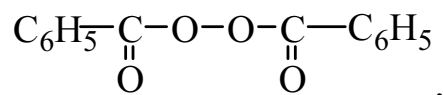


Рис. 3 – Анаэробные композиции для уплотнения трубных резьб

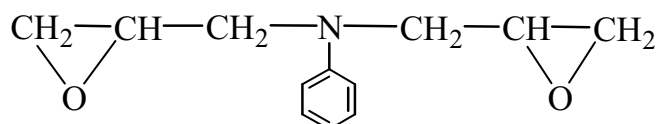
В качестве целевой добавки полифункционального действия (загуститель, промотор адгезии, эластификатор) использовались низкомолекулярные каучуки с разными функциональными группами (гидроксильными, карбоксильными, эпоксидными и др.) и среднечисленной молекулярной массой $\bar{M}_n = 2000 - 4000$.

Инициатором полимеризации олигоэфиракрилатов при 20°C являлась перекись бензоила



эффективность которой была определена в [13].

Для снижения температуры отверждения клеевых композиций и ускорения разложения перекиси бензоила при 20°C (перекись бензоила эффективно разлагается при 85°C [14]) применялась эпоксидная аминоксодержащая смола ЭА – $\text{N,N}'$ -диглицидиланилин [15]:



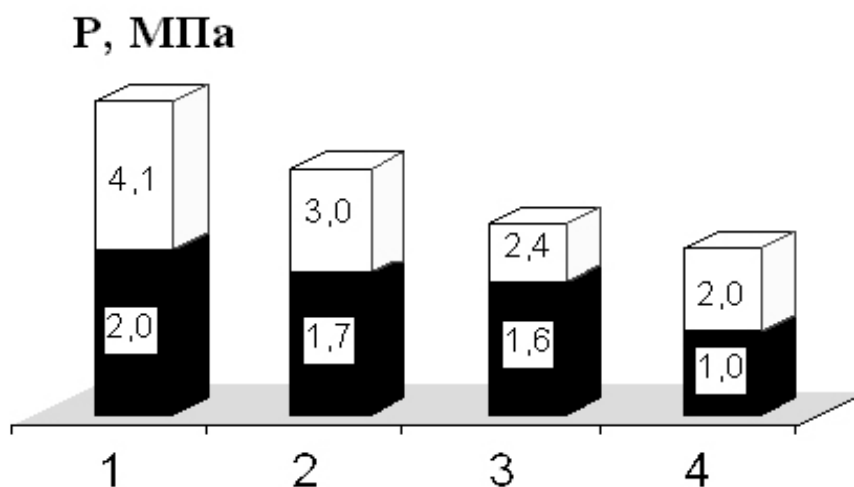
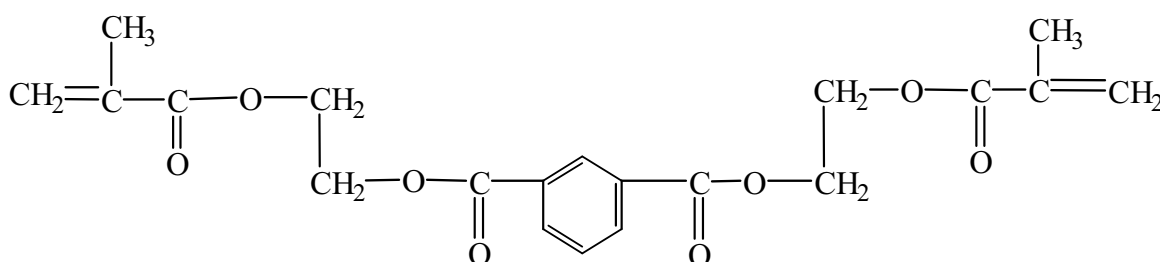
Применение эпоксидной смолы ЭА интересно еще и тем, что она содержит эпоксидные группы, способные вступать во взаимодействие как с поверхностными группами металлов, так и с добавками в составе клеев.

Суммарное содержание всех компонентов в соответствии с общепринятым подходом при рецептуростроении анаэробных клеевых композиций составляло 100 мас.ч. (100 мас. %).

Приготовленные путем смешения при 20°C анаэробные композиции наносили на поверхность стандартных металлических образцов (ГОСТ 209-75) и отверждали без давления при 20°C на протяжении 1-24 ч; толщина наносимых клеевых композиций составляла 40-60 мкм.

При испытаниях использовали 2 серии образцов: первая серия образцов только обезжиривалась ацетоном (образцы с необработанной поверхностью); вторая серия образцов обезжиривалась, а затем для удаления окисной пленки обрабатывалась на шлифовальном круге №100. Адгезионную прочность склеенных металлических образцов оценивали по сопротивлению отрыву (ГОСТ 209-75).

Согласно данным, представленным на рис.4, наибольшую эффективность в сочетании с эпоксидной смолой ЭА обеспечивает олигоэфиракрилат МГФ-1 [α, ω - диметакрилат(бис-этиленгликоль)фталат]:



1 - МГФ-1; 2 - МДФ-1; 3 - МГФ-9; 4 - ТГМ-3

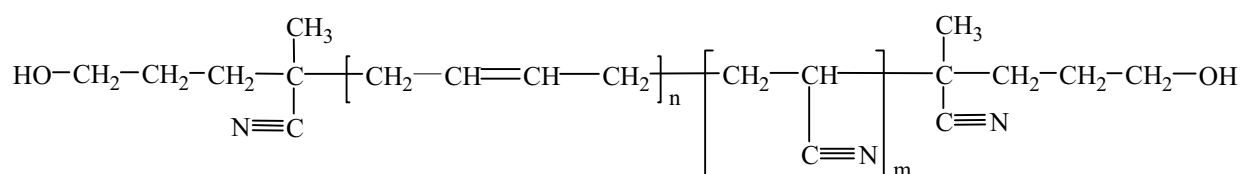
Продолжительность контакта образцов, ч.: ■ - 1,0; □ - 24,0

Рис. 4 – Влияние олигоэфиракрилатов на прочность склеивания (сопротивление отрыву P от стали) при 20°C предварительно обработанных стальных (Ст. 3) образцов

Для эффективного использования анаэробных композиций, особенно в условиях влияния вибрации, ударных нагрузок, необходимо повышение их эластических свойств, которое достигается путем введения добавок низкомолекулярных каучуков с функциональными группами, влияющими также на скорость процесса отверждения композиций и адгезионную прочность соединений. Низкомолекулярные каучуки вводились за счет части ЭА или МГФ-1

при сохранении найденного их оптимального соотношения [16].

Как и следовало ожидать, при введении низкомолекулярных каучуков различной структуры в состав анаэробных композиций возрастает эластичность клеевых соединений, что находит свое выражение в повышении относительного удлинения при разрыве склеенных стальных образцов в 2-5 раз в зависимости от структуры низкомолекулярного каучука (относительное удлинение при разрыве склеенных стальных образцов без добавок низкомолекулярных каучуков составляет 0-2 %, с добавками 10 мас. ч. каучуков - 4-10%). В то же время влияние низкомолекулярных каучуков на адгезионные свойства композиций различно: наибольшую адгезионную прочность (5,2 МПа после выдержки 20 °С x 24 ч) композициям придает бутадиен-нитрильный каучук с концевыми гидроксильными группами СКН-8 ГТР, содержащий ~ 8 масс. % акрилонитрила:



В конструкционных узлах и соединениях применяют кроме Ст.3 и другие марки конструкционных сталей, а также алюминий, медь и другие металлы. В связи с этим важно было определить влияние низкомолекулярных каучуков и различных металлических субстратов на адгезионную прочность металлополимерных систем как при обычных условиях (20°С), так и при повышенных температурах, после теплового старения и влияния некоторых сред. При этом использовались металлические образцы без предварительной обработки (перед испытанием применялось только обезжиривание поверхности) для имитации условий применения анаэробных клеевых композиций, приближенных к наиболее неблагоприятным производственным. Результаты исследований металлополимерных соединений приведены в таблицах 1-2.

Как свидетельствуют данные табл. 1-2, природа низкомолекулярных каучуков оказывает существенное влияние на адгезионную прочность соединений: для большинства изученных низкомолекулярных каучуков адгезионная прочность склеенных металлов и сплавов увеличивается по сравнению с адгезионной прочностью соединений, полученных с помощью анаэробных клеевых композиций без добавок каучуков. Для одного и того же низкомолекулярного каучука адгезионная прочность (сопротивление отрыву) соединений увеличивается при использовании разных металлов и сплавов в такой последовательности: Ст.3 < Ст.20 < X18H10T < алюминий < латунь < 12X18H10 BD¹.

Существенную роль при формировании адгезионной прочности металлополимерных соединений играет природа концевых функциональных групп и полярность низкомолекулярных каучуков.

¹ поверхность образцов из стали 12X18H10 BD была подвергнута термо-абразивной подготовке

Таблица 1 – Влияние низкомолекулярных каучуков на адгезионную прочность (сопротивление отрыву при $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$) металлополимерных соединений, полученных с помощью анаэробных клеевых композиций на основе олигоэфиракрилата МГФ-9 (режим отверждения клеевых соединений: $20 \pm 2^{\circ}\text{C} \times 24 \text{ ч}$)*

Марка низкомолекулярного каучука	Адгезионная прочность металлополимерных соединений, МПа					
	Ст. 3	Ст. 20	X18H10T	12X18H10T BD	Лагуль ЛС 591	Алюминий
без каучука	1,1 (0,8-1,4)	1,4 (1,1-1,7)	1,3 (1,0-1,5)	2,0 (1,8-2,2)	2,1 (1,8-2,4)	1,8 (1,5-2,0)
СКД-ГТР	1,1 (0,8-1,3)	1,5 (1,4-1,6)	1,5 (1,2-1,9)	2,2 (2,0-2,3)	2,2 (2,0-2,2)	1,9 (1,7-2,1)
СКН-8 ГТР	1,8 (1,5-2,0)	2,0 (1,8-2,2)	2,2 (1,9-2,4)	2,7 (2,3-2,9)	2,7 (2,3-2,9)	2,5 (2,3-2,9)
СКН-14 ГТР	1,8 (1,6-2,0)	2,0 (1,8-2,3)	2,2 (1,9-2,5)	2,8 (2,5-2,9)	2,8 (2,5-2,9)	2,6 (2,5-2,9)
СКН-40 ГТР	1,6 (1,5-1,8)	2,1 (2,0-2,4)	2,4 (2,2-3,0)	3,0 (3,0-3,2)	3,0 (2,9-3,2)	2,6 (2,5-2,9)
СКН-8 КТР	1,7 (1,5-2,0)	2,0 (1,8-2,1)	2,1 (1,9-2,3)	2,6 (2,2-2,9)	2,5 (2,4-2,8)	2,5 (2,4-2,8)
LBD	1,6 (1,4-1,8)	2,0 (1,8-2,4)	2,2 (1,8-2,4)	2,6 (2,4-2,8)	2,8 (2,4-3,0)	2,6 (2,4-2,8)
СКИ-ГЗ	1,6 (1,4-1,8)	2,0 (1,8-2,4)	2,1 (1,7-2,3)	2,4 (2,0-2,6)	2,4 (2,0-2,6)	2,3 (2,0-2,5)

* Примечание: в скобках указан интервал значений адгезионной прочности металлополимерных соединений

Таблица 2 – Влияние низкомолекулярных каучуков на адгезионную прочность (сопротивление отрыву при $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$) металлополимерных соединений, полученных с помощью анаэробных клеевых композиций на основе олигоэффракрилата ТГМ-3 (режим отверждения клеевых соединений: $20 \pm 2^{\circ}\text{C} \times 24 \text{ ч}$)*

Марка низкомолекулярного каучука	Адгезионная прочность металлополимерных соединений, МПа					
	Ст. 3	Ст. 20	X18Н10Т	12Х18Н10Т ВD	Латунь ЛС 591	Алюминий
без каучука	0,9 (0,7-1,0)	1,1 (0,9-1,2)	1,1 (0,9-1,3)	2,0 (1,6-2,4)	1,6 (1,4-1,8)	1,6 (1,4-1,8)
СКД-ГТР	1,2 (1,1-1,4)	1,4 (1,2-1,8)	1,6 (1,3-1,9)	2,6 (2,0-2,8)	2,2 (2,0-2,6)	2,0 (1,8-2,2)
СКН-8 ГТР	1,8 (1,6-1,9)	2,0 (1,8-2,3)	2,1 (1,9-2,2)	2,3 (1,9-2,5)	2,2 (2,0-2,4)	2,1 (1,9-2,3)
СКН-14 ГТР	1,8 (1,7-1,9)	2,0 (1,8-2,3)	2,1 (1,9-2,3)	2,3 (2,0-2,5)	2,2 (2,0-2,5)	2,1 (1,9-2,3)
СКН-40 ГТР	1,7 (1,4-2,2)	2,1 (1,9-2,6)	2,2 (2,0-2,6)	2,7 (2,6-3,1)	2,7 (2,5-3,2)	2,6 (2,3-3,0)
СКН-8 КТР	1,7 (1,5-1,9)	1,9 (1,8-2,1)	2,0 (1,9-2,3)	2,3 (2,0-2,5)	2,3 (2,2-2,6)	2,2 (2,0-2,4)
LBD	1,9 (1,7-2,1)	1,9 (1,8-2,3)	2,0 (1,8-2,3)	2,4 (2,1-2,6)	2,3 (2,1-2,6)	2,2 (2,0-2,4)
СКИ-ГЗ	1,9 (1,7-2,2)	2,0 (1,9-2,3)	2,0 (1,7-2,1)	2,5 (2,4-2,9)	2,6 (2,4-3,1)	2,2 (2,0-2,4)

* Примечание: в скобках указан интервал значений полученной адгезионной прочности металлополимерных соединений

Так, сравнение влияния близких по химической природе низкомолекулярных полиизопренов без концевых (ПИ-0), с концевыми изоцианатными (LBD), гидразонными (СКИ-ГЗ) группами показало, что, как и следовало ожидать, наименее эффективным оказался низкомолекулярный полиизопрен без концевых функциональных групп; наибольшую прочность адгезионным металлополимерным соединениям придает низкомолекулярный полиизопрен с концевыми гидразонными группами, которые также могут влиять на ускорение процесса разложения перекиси бензоила.

Увеличение полярности низкомолекулярных бутадиен-нитрильных каучуков с концевыми гидроксильными группами, при переходе от малополярного олигобутадиена СКД-ГТР к полярному СКН-40 ГТР, приводит к увеличению адгезионной прочности соединений на основе Ст.3 с максимумом для низкомолекулярных каучуков СКН-8 ГТР, СКН-14 ГТР. Для других исследованных металлов и сплавов с увеличением содержания акрилонитрила в структуре низкомолекулярных бутадиен-нитрильных каучуков адгезионная прочность соединений увеличивается.

Изменение концевой гидроксильной группы (СКН-8 ГТР) на карбоксильную (СКН-8 КТР) в низкомолекулярных бутадиен-нитрильных каучуках приводит к незначительному уменьшению адгезионной прочности металлополимерных соединений.

Олигоэфиракрилат, который является полимеризационноактивным соединением в анаэробных клеевых композициях, влияет на адгезионную прочность формирующихся металлополимерных соединений: в случае олигоэфиракрилата МГФ-1 адгезионная прочность соединений наиболее высокая (табл. 3).

Анаэробные клеевые композиции, модифицированные низкомолекулярными каучуками, обеспечивают высокую стойкость соединений к тепловому старению (табл. 4) и действию воды (табл. 3). При продолжительном влиянии высокой температуры ($150^{\circ}\text{C} \times 24$ часа) происходит доотверждение клеевых пленок, более активное взаимодействие олигомерных составляющих с металлической поверхностью и, как результат, повышение адгезионной прочности соединений.

Поверхностная энергия металлов и их оксидов обычно превышает 500 мДж/м^2 [17], т.е. эти субстраты являются высокоэнергетическими. Высокие значения поверхностной энергии металлов обуславливают достаточно сильное межфазное (адгезионное) взаимодействие с адгезивом, что находит свое отображение в значительных величинах термодинамической работы адгезии. Однако при образовании металлополимерных соединений возникают слабые граничные слои, которые отрицательно влияют на прочность систем. Разрушение адгезионных соединений начинается именно по образующимся слабым граничным слоям [17].

Одной из наиболее неблагоприятных сред для адгезионных высокоэнергетических субстратов (металлы и их сплавы) является вода. Вода проникает в систему за счет диффузии через адгезив, а также диффундирует вдоль межфазной границы [17]. При этом вода вытесняет прежде всего молекулы адгезива, связанные с субстратом связями физического характера вследствие их

невысокой поверхностной энергии (меньше 60 мДж/м²). С точки зрения энергетического подхода вода не может легко вытеснять хемосорбционный слой адгезива на металлическом субстрате [17].

Исследование коррозионной стойкости в кипящей воде при нагрузке и стойкости металлополимерных соединений в этих условиях является согласно DIN 50021 одним из основных показателей их качества [18]. Данные исследования при использовании метода равномерного отрыва металлополимерных соединений проводили под действием кипящей воды при температуре 95-98°C под нагрузкой 20Н на протяжении 2 часов. Результаты исследований (табл.5-6) показали, что наибольшую коррозионную стойкость имеют металлополимерные соединения, полученные с применением в составе анаэробных клеевых композиций бутадиен-нитрильного низкомолекулярного каучука с концевыми гидроксильными группами – СКН-8 ГТР.

Таблица 3 – Адгезионные свойства металлополимерных соединений на основе Ст.3 и двухкомпонентных анаэробных клеевых композиций оптимального состава с добавками низкомолекулярного каучука СКН-8ГТР при повышенных температурах и действии агрессивных сред (режим отверждения соединений 20⁰С×24 ч; поверхность металлических образцов предварительно не обрабатывалась)

Показатели	Анаэробные клеевые композиции на основе олигоэфиракрилатов					
	МГФ-1		МГФ-9		ТГМ-3	
	без каучука	с каучуком	без каучука	с каучуком	без каучука	с каучуком
Сопротивление отрыву, (МПа) при температурах, °С:						
20	3,4	4,8	1,1	2,0	1,0	1,8
60	2,9	3,9	0,9	1,7	0,8	1,6
100	2,0	2,9	0,7	1,4	0,7	1,4
150	1,4	2,0	0,3	0,9	0,3	0,9
Относительное удлинение при разрыве (%) при температурах, °С						
20	2,5	9,0	3,0	8,0	3,0	6,0
60	2,0	8,0	2,5	6,0	2,5	5,0
100	1,5	6,0	2,0	4,0	2,0	4,0
150	0	4,0	1,0	3,0	0	3,0
Водостойкость по сопротивлению отрыву (МПа) при экспозиции:						
20 ⁰ С×20 суток	1,2	2,4	0,5	1,0	0,5	1,0
80 ⁰ С×10 суток	0,8	1,5	0,3	0,7	0,3	0,6

Таблица 4 – Влияние низкомолекулярных каучуков на стойкость металлополимерных соединений к тепловому старению (150⁰С×24 ч; режим отверждения клеевых соединений 20±2⁰С×24 ч)

Марка низкомолекулярного каучука	Адгезионная прочность (сопротивление отрыву, МПа) соединений на основе олигоэфиракрилатов											
	МГФ-9					ТГМ-3						
	Ст. 3	Ст. 20	алюминий	изменение адгезионной прочности после старения, %		Ст. 3	Ст. 20	алюминий	изменение адгезионной прочности после старения, %			
				Ст. 3	Ст. 20				алюминий	Ст. 20		
без каучука	1,4	1,6	2,5	+27	+23	+67	1,4	1,5	2,6	+40	+45	+78
СКН-8 ГТР	2,1	2,3	4,0	+5	+5	+54	2,0	2,1	3,9	+6	+5	+69
СКН-8 КТР	1,8	2,1	4,0	0	+5	+67	1,7	1,9	3,9	0	+5	+77
СКН-40 ГТР	2,0	2,1	4,1	+25	+5	+46	1,9	2,0	4,0	+18	+5	+67
LBD	2,0	3,5	3,7	+11	+75	+61	1,8	3,1	3,6	+6	+72	+64
СКІ-ГЗ	2,0	3,6	3,7	+11	+80	+61	1,9	3,1	3,6	+12	+63	+57

Таблица 5 – Влияние низкомолекулярных каучуков в составе анаэробных клеевых композиций на основе олигоэфиракрилата МГФ-9 на коррозионную стойкость металлополимерных соединений

Показатели	Низкомолекулярные каучуки											
	без каучука		СКН-8 ГТР		СКН-8 КТР		СКН-40 ГТР		LBD		СКИ-ГЗ	
	Ст. 3	Ст. 20	Ст. 3	Ст. 20	Ст. 3	Ст. 20	Ст. 3	Ст. 20	Ст. 3	Ст. 20	Ст. 3	Ст. 20
Время выдержки склеенных образцов до разрушения, мин. (коэффициент вариации, %)	23	36	>120	>120	40	110	80	>120	30	70	50	>120
	(15,1)	(13,0)	(8,4)	(5,0)	(4,3)	(7,2)	(9,0)	(8,1)	(11,1)	(9,5)	(9,0)	(5,8)
Характер разрушения (по клеевой пленке, %)	смешанный (40)	смешанный (45)	смешанный (60)	смешанный (70)	смешанный (50)	смешанный (60)	смешанный (45)	смешанный (50)	смешанный (65)	смешанный (75)	смешанный (50)	смешанный (70)
Изменение адгезионной прочности склеенных образцов (после кипячения на протяжении 120 мин), %	-100	-100	-67	-10	-100	-100	-100	-30	-100	-100	-100	-15

Таблица 6 - Влияние низкомолекулярных каучуков в составе анаэробных клеевых композиций на основе олигоэфиракрилата ТГМ-3 на коррозионную стойкость металлополимерных соединений

Показатели	Низкомолекулярные каучуки											
	без каучука		СКН-8 ГТР		СКН-8 КТР		СКН-40 ГТР		LBD		СКИ-Г3	
	Ст. 3	Ст. 20	Ст. 3	Ст. 20	Ст. 3	Ст. 20	Ст. 3	Ст. 20	Ст. 3	Ст. 20	Ст. 3	Ст. 20
Время выдержки склеенных образцов до разрушения, мин. (коэффициент вариации, %)	40 (16,3)	60 (14,0)	>120 (8,8)	>120 (5,7)	100 (9,6)	>120 (8,0)	100 (9,4)	>120 (8,0)	60 (8,9)	>120 (6,0)	47 (9,1)	115 (6,9)
Характер разрушения (по клеевой пленке, %)	смешанный (35)	смешанный (40)	смешанный (55)	смешанный (65)	смешанный (45)	смешанный (55)	смешанный (45)	смешанный (45)	смешанный (50)	смешанный (65)	смешанный (55)	смешанный (60)
Изменение адгезионной прочности склеенных образцов (после кипячения на протяжении 120 мин), %	-100	-100	-35	-14	-100	-50	-100	-15	-100	-16	-100	-100

Разработанные анаэробные клеевые композиции с добавками низкомолекулярного бутадиен-нитрильного каучука с концевыми гидроксильными группами СКН-8 ГТР (табл.7) могут быть использованы для фиксации съемных резьбовых металлических соединений (по значениям момента отвинчивания), при получении соединений металл-стекло, металл-керамика. Наполненные порошкообразным алюминием (15 мас. %) модифицированные СКН-8 ГТР анаэробные клеевые композиции могут применяться для устранения микродефектов и микротрещин в литье и сварных швах.

Таблица 7 – Свойства анаэробных клеевых композиций, модифицированных низкомолекулярным бутадиен-нитрильным каучуком с концевыми гидроксильными группами СКН-8 ГТР

Показатель	Значение
Вязкость по Хепплеру при 20°C, мПа·с	900-950
Жизнеспособность компонентов А и Б при 20°C, мес.	6
Время «схватывания» при 20°C, мин.	5-10
Время достижения рабочей (50% от максимальной) прочности, мин.	30
Время полного отверждения при 20°C, ч.	24
Адгезионная прочность (сопротивление отрыву) соединений (режим отверждения клеевых соединений: 20±2°C×24 ч; поверхность образцов только обезжирена), МПа:	
Сталь Ст.3 – сталь Ст.3	1,8
Сталь Ст.20 – сталь Ст.20	2,0
Сталь Х18Н10Т – сталь Х18Н10Т	2,2
Латунь ЛС 591 – латунь ЛС 591	2,7
Алюминий – алюминий	2,5
Сталь Ст.3 – стекло М1	1,5
Сталь Ст.20 – стекло М1	2,0
Сталь Х18Н10Т – стекло М1	1,5
Латунь ЛС 591 – стекло М1	1,8
Алюминий – стекло М1	1,5
Сталь Ст.20 – сантехническая керамика	1,5
Момент срыва (для соединений с преднатягом) на стальных болтах и гайках М10 согласно DIN 54454 после отверждения 20±2°C×24 ч, Н·м:	
конструкционная сталь	5-7
конструкционная нержавеющая сталь	4-5
Момент отвинчивания (для соединений с преднатягом) на стальных болтах и гайках М10 согласно DIN 54454 после отверждения 20±2°C×24 ч, Н·м:	
конструкционная сталь	5-7
конструкционная нержавеющая сталь	4-5

Таким образом, введение низкомолекулярных каучуков в анаэробные клеевые композиции позволяет в 1,5-2,0 раза улучшить их адгезионные свойства и на 200-500% повысить эластичность металлополимерных соединений.

В присутствии ряда низкомолекулярных каучуков с концевыми реакционноспособными группами происходит образование достаточно прочных связей между функциональными группами анаэробных адгезивов и поверхностными

группами металлических субстратов, которые обеспечивают высокий комплекс эксплуатационных свойств металлополимерных соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Loctite. Worldwide design handbook / Wilfred H. Barbeau, John Cocco, Simon Cowdrey and other. - Loctite European Group, 1998. - 452 p.
2. Притыкин Л.М., Кардашов Д.А., Вакула В.Л. Мономерные клеи. – М.: Химия, 1988. – 176 с.
3. Пат. 61664 Україна, МПК С 09 К 3/10, С 08 К 5/04. Анаэробна композиція / Бондаренко П.О., Бокало Г.А., Батог О.П., Иванова Т.С. - №2003032536; Заявл. 25.03.2003; Опубл. 17.11.2003.
4. Пат. 6043327 США, МПК С 08 F 220/52. Anaerobic adhesive composition of acrylates coreactants and moleimides curable under ambient conditions (Англ). - №08/888002; Заявл. 03.06.1997; Опубл. 28.03.2000.
5. Пат. 49587 Украина, МПК С 09 J 4/00, С 08 L 33/12. Клейова композиція / Шутенко Л. М., Волювач С. В., Золотов С.М. - №20020100747; Заявл. 03.01.2002; Опубл. 16.09.2002.
6. Пат. 6673875 США, МПК С 09 J 4/00, С 09 J 4/06. Anaerobic composition with enhanced toughness and crack resistance (Англ).- №10/169607; Заявл. 27.03.2001; Опубл. 6.06.2004.
7. Пат. 6509394 США, МПК С 09 J 133/08. Анаэробная клеевая композиция и ее получение. Optimized anaerobic adhesive compositions and methods of preparing same (Англ).- №09/482820; Заявл. 13.01.2001; Опубл. 21.01.2003.
8. Месичев В.Е., Атепкова Г.Н. / Особенности применения анаэробных герметиков и клеев. // Оборонный комплекс научно-технического прогресса России. – 2000. - №3. - С. 98-101.
9. Бобович Б.Б., Еровеева О.В. / Свойства и применение анаэробных герметиков. // Технология машиностроения. – 1998. - №3. - С. 110-113,143.
10. Малышева Г.В., Карапатницкий А.М. / Применение анаэробных адгезивов для устранения микродефектов. // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2001. - №6. - С.35-37.
11. Башкирцев В.И., Матвеев В.А., Егоров Ю.П., Добровольский И.В./ Обоснование использования адгезивов для фиксации шпилек с поврежденной резьбой. // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2003. - №4. - С. 42-45.
12. Малышева Г.В., Кравченко И.И./ Применение анаэробных клеев при сборке машин. // Технология металлов. – 1998. - №5-6. - С.18-23.
13. Емельянов Ю.В., Ващенко Ю.М., Полоз О.Ю. / Влияние низкомолекулярных каучуков на адгезионные свойства однокомпонентных анаэробных композиций // Вопр. химии и хим. технологии. – 2002.- № 5. – С. 46-50.
14. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения. – М.: Высш. шк., 1992. – 512 с.
15. Полоз О.Ю., Ващенко Ю.М., Емельянов Ю.В., Просяник О.В. / Вплив основних фізико-хімічних характеристик складових клейових анаэробних композицій на їх адгезійні властивості // Вопр. химии и хим. технологии. – 2004. - №3.– С. 119-122.
16. Пат. 60994А Україна МПК⁷ С 08 F 20/44, С 08 L 9/02, С 09 J 9/00. Анаэробна клейова композиція / Ю.В. Емельянов, Ю.М. Ващенко, О.Ю. Полоз. - №200212130310; Заявл. 19.12.2002; Опубл. 15.10.2003. – Бюл. №10
17. Вакула В.Л., Притыкин Л.М. Физическая химия адгезии полимеров. - М.: Химия, 1984.- 224 с.
18. Акбаев И. Крепление резиновых смесей к металлу // Геотехническая механика: Сб. научн. тр. – 2002. – Вып. 31. – С. 180-193.