

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ  
И ИХ СОДЕРЖАНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГЕРМЕТИКОВ  
НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА**

**Забуга Н.Н.\*, Климешина Е.Ю., Котова С.В.**

***МИРЭА – Российский технологический университет***

**\*nickzab7@gmail.com**

**Аннотация.** В работе проведено исследование различных типов минеральных наполнителей (мел, каолин, тальк) в составе неотверждаемых эластомерных герметизирующих композиций на основе бутадиен-нитрильного каучука марки БНКС-28АМН с целью повышения таких эксплуатационных характеристик, как адгезия к металлу, водопоглощение и маслостойкость.

**Ключевые слова:** бутадиен-нитрильный каучук, наполнитель, адгезионная прочность, герметик, мастика, эластомерная композиция

**STUDY OF THE INFLUENCE OF MINERAL FILLERS AND THEIR CONTENT ON THE  
PERFORMANCE PROPERTIES OF SEALANTS BASED ON NITRILE-BUTADIENE RUBBER**

**Zabuga N.N., Klimeshina E.Yu., Kotova S.V.**

***MIREA – Russian Technological University***

**Abstract.** The work carried out a study of various types of mineral fillers (chalk, kaolin, talcum) in the composition of non-curing elastomeric sealing compositions based on nitrile butadiene rubber in order to improve such performance characteristics as adhesion to metal, water absorption and oil resistance.

**Keywords:** nitrile butadiene rubber, filler, adhesive strength, sealant, mastic, elastomeric composition

**Введение**

Промышленные рецептуры эластомерных герметизирующих композиций (ЭГК) на основе бутадиен-нитрильного каучука (БНК) содержат следующие компоненты: мел марки МТД-2 в качестве наполнителя, хлорпарафин марки ХП-470 в качестве пластификатора, диоксид титана в качестве красителя (белил) и добавки для придания материалу диэлектрической проницаемости. Содержание наполнителя в герметизирующей мастике может составлять 180 масс. ч. на 100 масс. ч. полимерной основы, поэтому выбор наполнителя во многом определяет эксплуатационные свойства получаемого материала. К недостаткам герметика, содержащего мел в качестве наполнителя, можно отнести недостаточно высокие показатели адгезионных свойств, низкие показатели маслостойкости и водостойкости. Поэтому целью данного исследования является подбор альтернативных минеральных отечественных наполнителей, положительно влияющих на технологические и эксплуатационные характеристики герметиков, а также определение их оптимального содержания в ЭГК.

**Результаты и обсуждение**

Исследуемые герметики получали в смесителе «Brabender» при скорости вращения роторов 40 об/мин и температуре 100 °С. Процесс смешения длится 45 минут.

Исследование влияния наполнителя на вязкость ЭГК проводится в согласно с ГОСТ Р 54552-2011 с использованием вискозиметра MV3000 Basic при температуре 100 °С. На *рис. 1* представлена диаграмма, которая отражает полученные в ходе испытания значения вязкости по Муни. По сравнению с базовой рецептурой, при содержании мела, равном 200 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК, вязкость композиции повышается на 16 % при содержании мела, равном 220 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК – на 59 %.

При замене мела на каолин в базовой рецептуре, вязкость исследуемого образца повышается на 24 %. При дальнейшем увеличении содержания каолина также наблюдается рост вязкости ЭГК. Вязкость образца при содержании наполнителя, равном 200 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК, повышается на 123 %, по сравнению с промышленным образцом. Если повысить содержание до 220 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК, значение вязкости по Муни возрастает на 124 %, по сравнению с промышленным образцом.

Использование талька в качестве минерального наполнителя в базовой рецептуре снижает вязкость мастики на 24 %. С увеличением содержания талька, равном 200 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука и 220 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука, вязкость образцов повышается на 16 % и на 37 % соответственно, по сравнению с промышленным образцом.

Повышение вязкости снижает их усадку и, как следствие, снижает расход продукции при нанесении на субстрат. Изменение вязкости можно обосновать изменением структуры полимерной матрицы [5].

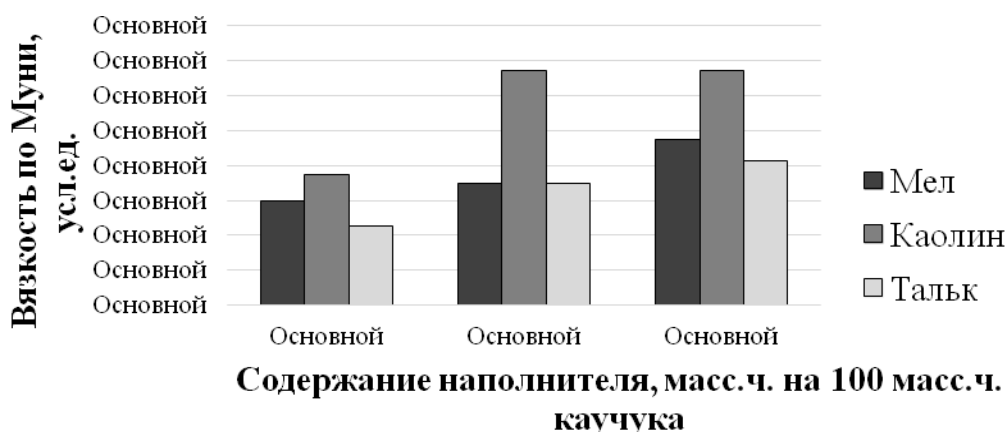


Рис. 1. Зависимость вязкости ЭГК от содержания наполнителя

Исследование прочности связи «металл-металл» при сдвиге проводилось в соответствии с ГОСТ 14759–69 на универсальной испытательной машине модели «AL-3000U».

Ввиду использования ЭГК в качестве создания непроницаемого слоя в месте соединения двух деталей конструкций существует необходимость оценки их адгезионных свойств к различным субстратам.

На *рис. 2* показана зависимость прочности связи «металл-металл» от содержания наполнителя в образце. Можно видеть, что с увеличением содержания мела адгезионная прочность соединения ЭГК с субстратом уменьшается на 25 %. При использовании каолина в качестве наполнителя эластомерной композиции, показатель прочности связи «металл-металл» снижается. Дальнейшее увеличение содержания наполнителя снижает данный показатель на 20 %. При замене мела на тальк в базовой рецептуре прочность связи мастики при сдвиге «металл-металл» также снижается. Увеличение содержания талька до 200 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК снижает адгезионные свойства образца на 25 %, увеличение содержания до 220 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК – на 27 %.

Результаты можно обосновать следующим фактором: структура частиц наполнителей анизотропна, их используют в качестве антиадгезива при опудривании резиновых смесей, следовательно, образцы с более высоким содержанием минеральных наполнителей имеют низкие значения прочности [1].

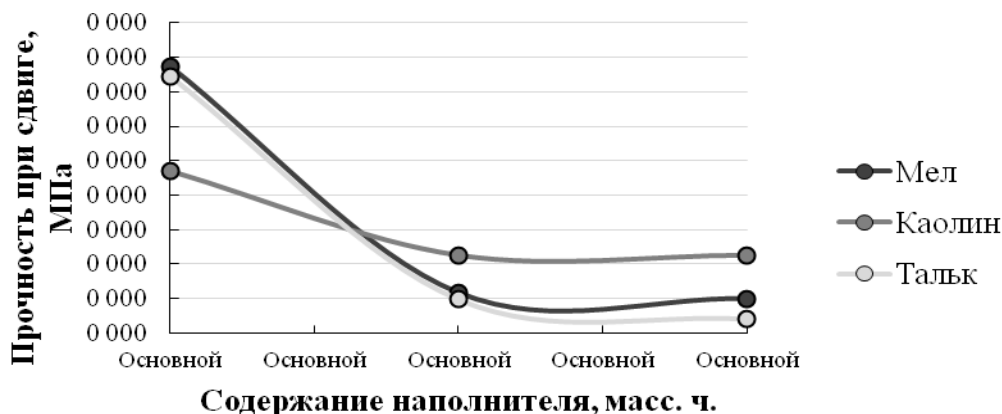


Рис. 2. Зависимость прочности связи «металл-металл» ЭГК при сдвиге от содержания наполнителя

Определение стойкости к воздействию полярного растворителя (воды) проводится в соответствии с ГОСТ Р ИСО 1817-2009. Показания снимались на 1, 3 и 7 сутки. Обработка полученных экспериментальных данных осуществляется согласно формуле (1) [7]:

$$\Delta m = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \%, \quad (1)$$

где  $m_1$  – масса образца после погружения, г;  $m_0$  – масса образца до испытания, г.

Определение стойкости к воздействию различных агрессивных сред важно с теоретической точки зрения: испытание дает возможность спрогнозировать изменения структуры композиции, влияющие на герметичность адгезионного покрытия под действием воды.

Результаты испытания представлены в виде диаграммы, показанной на рис. 3. По сравнению с промышленным образцом, степень водопоглощения при увеличении содержания мела до 200 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК и до 220 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК возрастает на 38 % и на 42 % соответственно. Использование талька в качестве минерального наполнителя ЭГК в базовой рецептуре повышает стойкость образца к воздействию воды на 57 %, по сравнению с промышленным образцом. Значение степени водопоглощения герметиков с содержанием талька, равным 200 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК, снижаются на 56 %, по сравнению с промышленным образцом. Увеличение содержания до 220 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК снижает степень водопоглощения на 55 %, по сравнению с промышленным образцом.

По итогам исследования стойкости ЭГК к набуханию в воде, показатели образцов мастик с применением талька имеют самые низкие значения водопоглощения, что отражено на диаграмме.

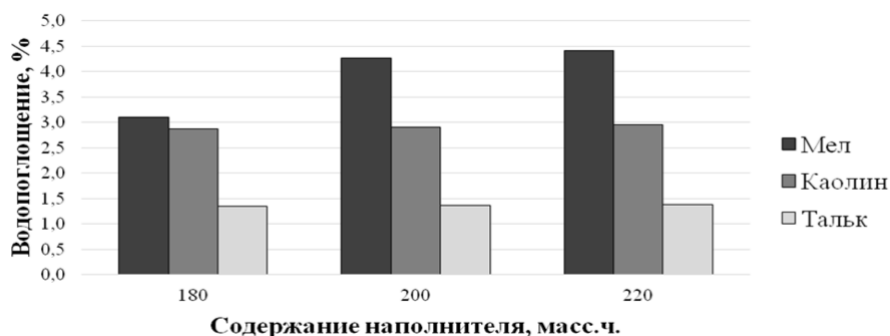


Рис. 3. Зависимость стойкости ЭГК к набуханию в полярном растворителе от содержания наполнителя

Определение стойкости к воздействию масла проводится в соответствии с ГОСТ ИЕС 60811-2-1-2011. Композиции выдерживаются в среде промышленного масла И-40 в течение суток при температуре  $100 \pm 2$  °C в климатической камере модели СМ-60/180-80 ТВХ. Обработка экспериментальных данных осуществляется согласно формуле (1). Рекомендуемые значения маслостойкости должны составлять  $10 \pm 1$  %.

Результаты испытания образцов ЭГК на маслостойкость представлены в виде диаграммы на рис. 4.

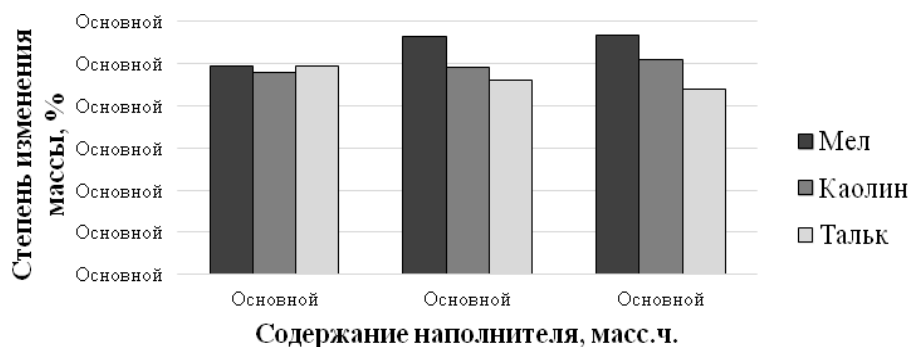


Рис. 4. Зависимость показателя маслостойкости ЭГК от содержания наполнителя

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что использование талька как минерального наполнителя ЭГК, а также увеличение его содержания до 220 масс. ч. на 100 масс. ч. БНК способствуют улучшению показателя маслостойкости на 11 %, по сравнению с промышленным образцом, в то время как увеличение содержания мела, наоборот, понижает данный показатель.

### Выводы

Проведенные исследования позволяют выбрать оптимальное содержание наполнителя для ЭГК в зависимости от условий их эксплуатации:

- с целью увеличения вязкости неотверждаемых герметиков на основе БНК можно использовать в качестве наполнителя каолин или тальк с содержанием, равным 220 масс. ч. Данное рецептурное решение позволяет повысить вязкость на 124 % с каолином, а с тальком – на 37 %;
- для производства герметиков с более высокими показателями прочности связи «металл-металл» в рецептуру необходимо вводить 180 масс. ч. наполнителя;
- использование в качестве минерального наполнителя талька приводит к получению герметиков с улучшенным показателем водопоглощения. Применение данного наполнителя повышает стойкость ЭГК к воздействию воды на 56 % при содержании, равном 200 масс. ч., относительно базовой рецептуры;
- для обеспечения высокой стойкости мастики к воздействию агрессивной среды нагретого масла рекомендуется вводить 220 масс. ч. талька, что позволяет повысить маслостойкость на 11 %.

### Библиография

1. Клосовски Д., Вольф А.Т. Герметики. Состав, свойства, применение: справочник: пер. с англ. яз. 2-го изд.; под ред. О.А. Елисеева. СПб.: ЦОП «Профессия», 2022. 584 с.
2. ГОСТ Р 59523-2021 Группа А57. Материалы строительные герметизирующие отверждающиеся. Общие технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2021.
3. Клеи и герметики / под ред. Д.А. Кардашов. М.: Химия, 1978. 197 с.
4. Бутадиен-нитрильный каучук [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный: <https://www.sibur.ru/upload/documents/БНКС%20ТДС.pdf> (дата обращения 22.05.2024).
5. Большой справочник резинщика. Ч. 1. Каучуки и ингредиенты / под ред. С.В. Резниченко, Ю.Л. Морозова. М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012. 744 с.
6. ГОСТ 14759-69. Метод определения прочности при сдвиге. М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.
7. ГОСТ Р ИСО 1817-2009. Определение стойкости к воздействию жидкостей. М.: Стандартиформ, 2011.