

All results are obtained using an original algorithm integrated into ANSYS Mechanical APDL. The numerical procedure allows for the simulations of the mechanical response of a damageable and healable material. In general, self-healing will potentially contribute to the better durability of structures and thereby improve the overall resilience of the infrastructure.

#### References

- 1 **Edvardsen, C.** Water Permeability and Autogenous Healing of Cracks in Concrete / C. Edvardsen // *ACI Materials Journal*. – 1999. – No. 96 (4). – P. 448–455.
- 2 Polymeric microcapsules with switchable mechanical properties for self-healing concrete: synthesis, characterisation and proof of concept / A. Kanellopoulos [et al.] // *Smart Materials and Structures*. – 2017. – 26 (4). – P. 045025.
- 3 Synthesis and characterization of epoxy encapsulating silica microcapsules and amine functionalized silica nanoparticles for development of an innovative self-healing concrete / G. Perez [et al.] // *Materials Chemistry and Physics*. – 2015. – No. 165. – P. 39–48.
- 4 A novel design of autonomously healed concrete: Towards a vascular healing network / P. Minnebo [et al.] // *Materials*. – 2015. – No. 10 (1). – P. 49.
- 5 **Sangadji, S.** Self healing of concrete structures–novel approach using porous network concrete / S. Sangadji, E. Schlangen // *Journal of Advanced Concrete Technology*. – 2012. – No. 10 (5). – P. 185–194.
- 6 Employing ultrasonic wave as a novel trigger of microcapsule self-healing cementitious materials / N. Xu [et al.] // *Cement and Concrete Composites*. – 2021. – No. 118. – P. 103951.
- 7 Preparation and characterization of nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/paraffin encapsulated isocyanate microcapsule by electromagnetic controlled rupture for self-healing cementitious materials / Y. Li [et al.] // *Construction and Building Materials*. – 2020. – No. 265. – P. 120703.
- 8 Preparation and application of novel microcapsules ruptured by microwave for self-healing concrete / Y. Li [et al.] // *Construction and Building Materials*. – 2021. – No. 304. – P. 124616.
- 9 **Jonkers, H. M.** Bacteria-based self-healing concrete / H. M. Jonkers // *Heron*. – 2011. – No. 56 (1/2). P. 1–12.
- 10 **Jonkers, H. M.** Development of a bacteria-based self healing concrete / H. M. Jonkers, E. Schlangen // *Tailor made concrete structures*. – 2008. – No. 1. – P. 425–430.
- 11 Experimental characterization of the self-healing capacity of cement based materials: An overview / L. Ferrara [et al.] // *Proceedings*. – 2018. – Vol. 2, no. 8. – P. 454.

УДК 691.17:66-96

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРСЕРНЫХ БЕТОНОВ

*У. А. ЗИЯМУХАМЕДОВА*

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

*Ф. Н. НУРҚУЛОВ*

*Ташкентский химико-технологический научно-исследовательский институт,  
Республика Узбекистан*

*Г. Б. МИРАДУЛЛАЕВА, Ж. Х. НАФАСОВ*

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

На сегодня к числу наиболее распространённых бетонов из полимерных материалов следует отнести полимербетоны, бетонополимеры и полимерсерные бетоны. Этим материалам присущи не только высокая плотность, прочность, химическая стойкость и долговечность, но и высокие диэлектрические или электропроводящие характеристики. Кроме того, они сравнительно просты в изготовлении, и поэтому среди крупнейших потребителей полимерных материалов на одном из первых мест стоит строительная, а также транспортная индустрия [1].

Технология производства серного вяжущего проще и дешевле, чем технологии производства цемента. По результатам освоения производства технология производства серных вяжущих имеет следующие показатели по сравнению с традиционными способами производства цемента [2–4]:

- энергопотребление снижается в 1,5–2 раза;
- повышение экологической безопасности производства;
- капитальные затраты на организацию производства сокращаются на 40–50 %;
- достигается безотходность производства;
- стоимость снижается в 1,5–2 раза.

Следует, однако, отметить, что на многих промышленных предприятиях в условиях сильного агрессивного воздействия, повышенного давления и температуры термопластичные полимерные материалы быстро стареют, а ненаполненные терморезактивные, имея высокий коэффициент температурных деформаций, отслаиваются от защищаемых конструкций. Как показывает практика эксплуатации многих промышленных предприятий, защита конструкций полимерными покрытиями малоэффективна и во многих случаях не обеспечивает необходимой надежности и долговечности сооружений. В связи с этим в самых разнообразных отраслях промышленности всё острее ощущается отсутствие материалов, которые сочетали бы высокую химическую стойкость с высокой прочностью и долговечностью. Работы по созданию новых композиционных материалов, способных длительное время эксплуатироваться в условиях воздействия промышленных, климатических и других видов агрессивных сред, актуальны и несомненно вызывают интерес в настоящее время.

Полимерсерные бетоны, наряду со многими положительными свойствами, имеют ряд существенных недостатков, к числу которых в первую очередь относятся сравнительно низкая термостойкость и горючесть. Эти важные характеристики недостаточно полно изучены, и поэтому ряд публикаций имеют противоречивый характер. Так как сера – типичный неорганический термопласт, то можно предположить, что влияние низких температур на полимерсерные бетоны должны быть такими же, как и на термопластичные полимеры [5–8].

Прочностные характеристики полимерсерных бетонов определяли при пониженных температурах от 20 до  $-60$  °С с интервалом температур в 20 °С на образцах призмах размером  $40 \times 40 \times 160$  мм и кубах ребром 70 мм. Результаты испытаний подтвердили и показали, что с понижением температуры от 20 до  $-60$  °С предел прочности полимерсерного бетона возрастает от 52 до 68 МПа (рисунок 1).

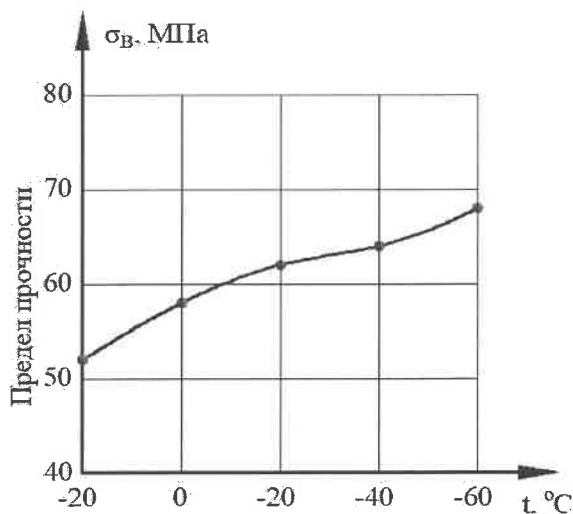


Рисунок 1 – Изменение предела прочности на сжатие полимерсерного бетона при снижении температуры

Исследование влияния температуры на свойства полимерсерных бетонов, в том числе на основе серосодержащих отходов, показало возможность использования различных конструкций из полимерсерных бетонов, которые могут успешно эксплуатироваться в местах, в которых возникают низкие температуры до  $-70$  °С.

#### Список литературы

- 1 **Оспанова, М. Ш.** Полимерсерные бетоны : [монография] / М. Ш. Оспанова, Ж. Т. Сулейменов. – Тараз : ТарГУ, 2001. – 265 с.
- 2 Handbook of fillers and reinforcements for plastics / edited by Harry S. Katz, John V. Milewski. – New York : Van Nostrand Reinhold Co., 1978. – 652 p.
- 3 **Gadamov, D.** Chemical resistance of a hydrophobic-hemostable organomineral composite material in aggressive liquid media / D. Gadamov, U. Ziyamuhammedova, G. Miradullaeva // Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them, AIP Conf. Proc. – Vol. 3045, is. 1. – P. 060017-1–060017-6.
- 4 **Гадамов, Д.** Обнаружение и идентификация микроорганизмов-нефтедеструкторов в загрязненных нефтью почвах Туркменистана / Д. Гадамов, Д. Аманназарова, Л. Гульмамедова // Химия и химическая инженерия. В 2 ч. Ч. 2. – 2023. – № 7.

5 Балакин, В. М. Изучение огнезащитной эффективности азот-фосфорсодержащих составов для древесины / В. М. Балакин, Ю. И. Литвинец // Пожаро-взрывобезопасность. – Т. 16, № 5. – 2007. – 39–41 с.

6 Поведение серных вяжущих и композиций на их основе при различных температурах / Г. Е. Нагибин [и др.] // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 4 (26). – 245–251 с.

7 Болтышев, С. А. Серные бетоны для защиты от радиации / С. А. Болтышев, А. М. Данилов, Е. В. Королев. – Пенза : ПГУАС, 2014. – 174 с.

8 ПНСТ 105-2016. Смеси серобетонные и серобетон. – Введ. 2016-04-30. – М. : Стандартиформ, 2016. – 16 с.

УДК 662.766:544.541

## АЦЕТИЛЕНОВЫЕ САЖИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ РЕЗИНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

А. С. ИБАДУЛЛАЕВ, Ш. И. МАМАЕВ, Д. И. НИГМАТОВА

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Композиционные полимерные материалы, стойкие к действию ионизирующего излучения, широко используются в радиационной технике для изготовления комплектующих уплотнительных и герметизирующих деталей. Для повышения радиационной стойкости композиций в их состав вводят различные модифицированные наполнители [1–4]. В работе исследованы физико-химические свойства углеродосодержащего материала (УМ) вторичного сырья производства ацетилена и его влияние на радиационную стойкость резиновых изделий и кабельных резин. Установлено, что углеродосодержащий материал представляет собой модифицированный углерод, поверхность которого микрокапсулирована олигомерными кислородсодержащими соединениями, толщина его, рассчитанная по значению удельной геометрической поверхности, составила величину порядка 50–60 Å.

Установлено влияние углеродосодержащего материала на коэффициент релаксации и напряжения сжатия, и радиационной стойкости по относительному удлинению резин в среде ионизирующего излучения  $^{60}\text{Co}$ . При этом обнаружено, что за счет аппретированного олигомера на поверхности частиц УМ пороговая доза излучения резин на основе бутадиен-стирольного каучука по показателю релаксации, напряжения сжатия и коэффициента радиационной стойкости по относительному удлинению увеличивается в три раза по сравнению с техуглеродом П803. Аналогично получены зависимости для резин на основе других типов каучуков, в том числе бутадиен-нитрильных каучуков, обладающих низкой радиационной стойкостью из-за повышенной склонности к структурированию. О подавлении процессов радиационного структурирования резин при использовании УМ свидетельствуют данные (рисунок 1), показывающие изменение при облучении дозой 50 Мрад, зависимость между объемной долей каучука в геле набухающих, наполненных и ненаполненных вулканизаторов. В необлученных резинах указанная зависимость свидетельствует о каталитическом влиянии УМ на процесс серного структурирования резин, что соответствует кинетике изменения в процессе вулканизации показателя условного напряжения при заданном удлинении.

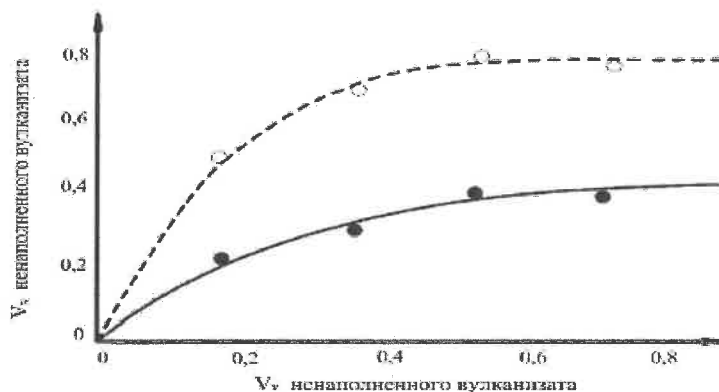


Рисунок 1 – Зависимость между объемной ( $V_v$ ) долей каучука в геле набухших наполненных и ненаполненных вулканизаторов на основе бутадиен-стирольного каучука