

ФГБОУ ВО «МАДИ»

Ю.Э. Васильев
д.т.н. профессор



**Эффективность
применения
резиновой крошки в
цементобетоне для
дорожного
строительства**

Москва 2022

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ «РЕЗИНОВЫХ» СВАЛОК



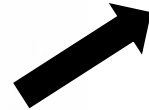
Экологическая и экономическая концепции утилизации и использования отработавших шин



Отходы отработавших шин



Резиновая крошка



покрытие для спортплощадок

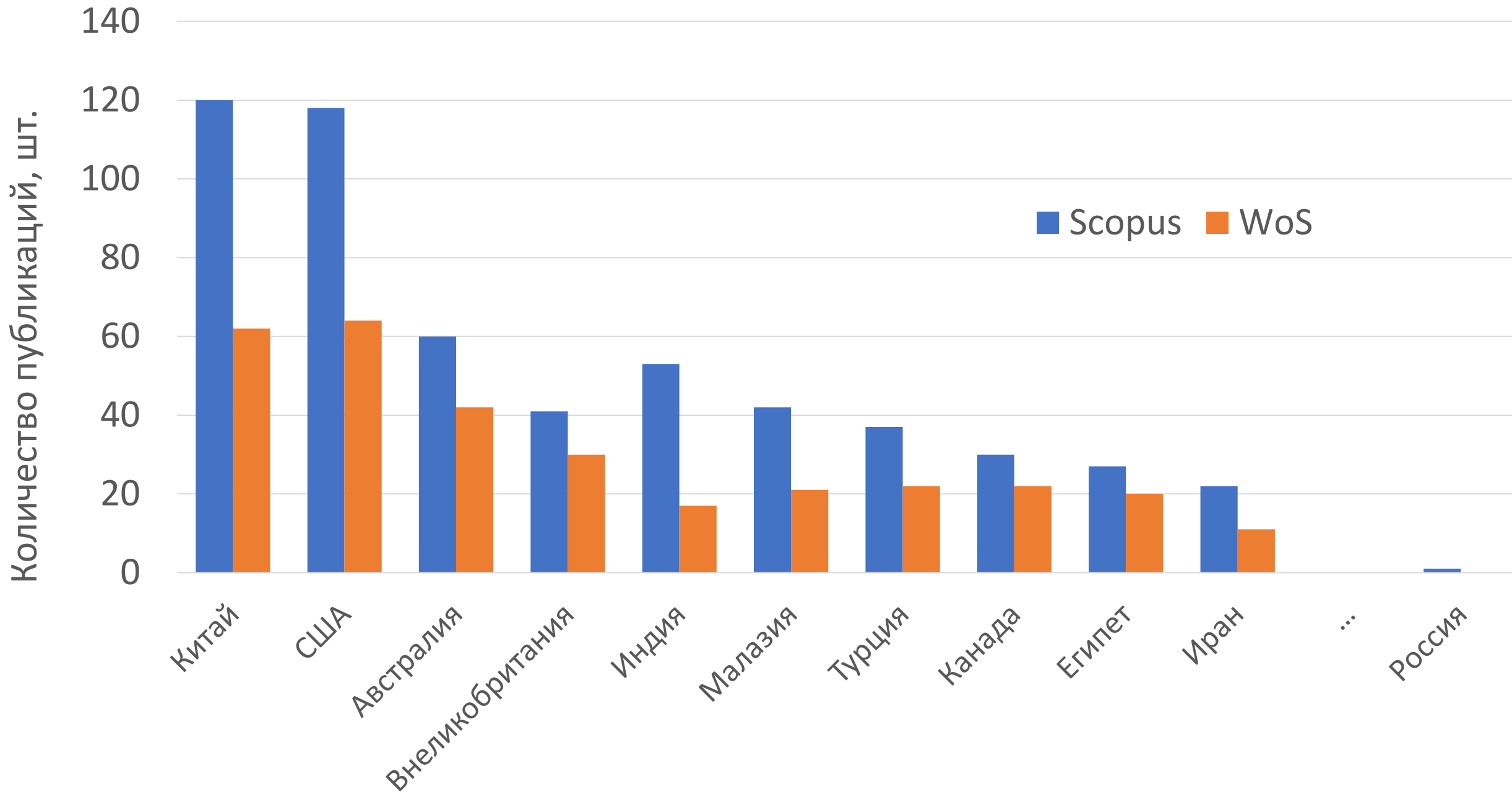


асфальтобетон,
модифицированный резиновой
крошкой

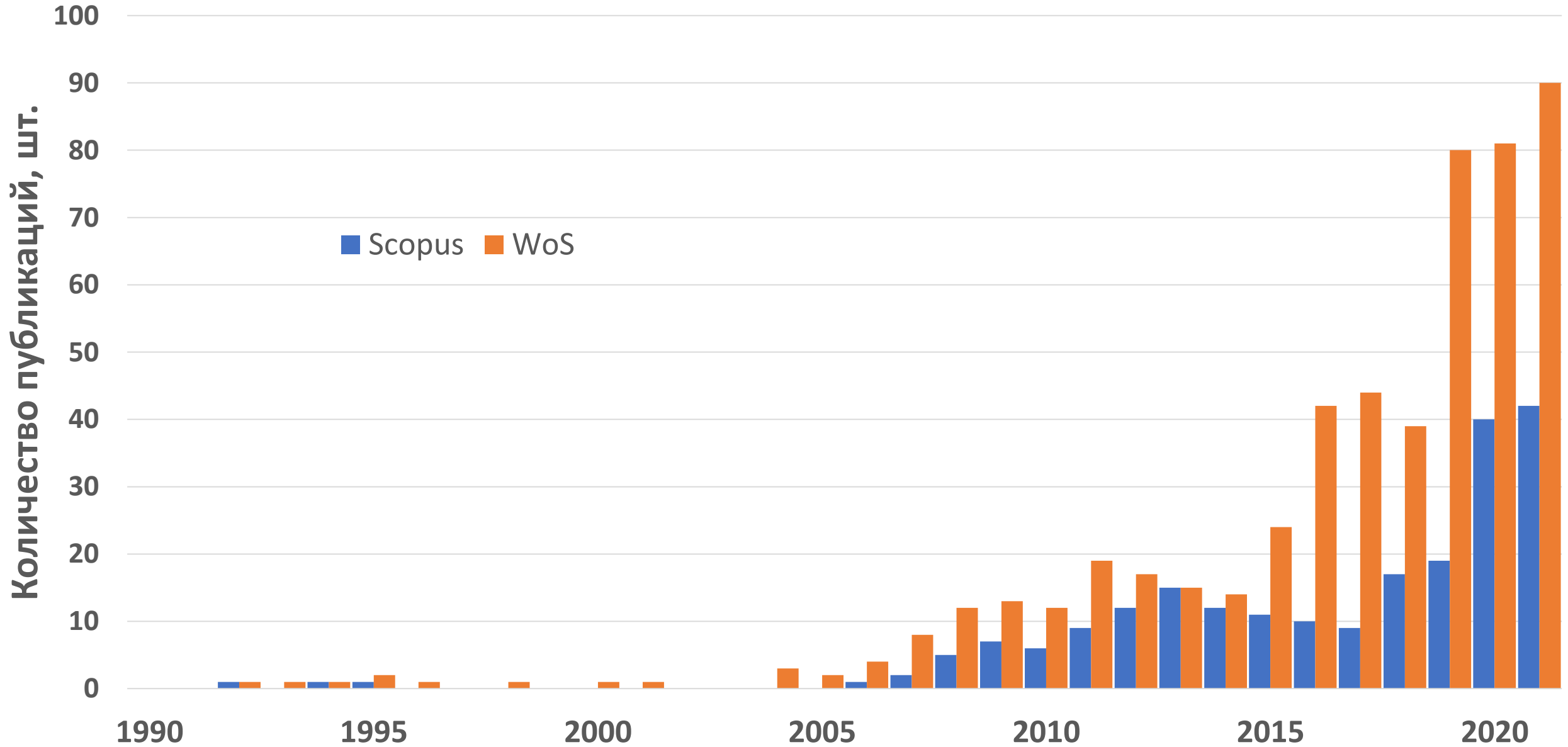


Образец резинобетона

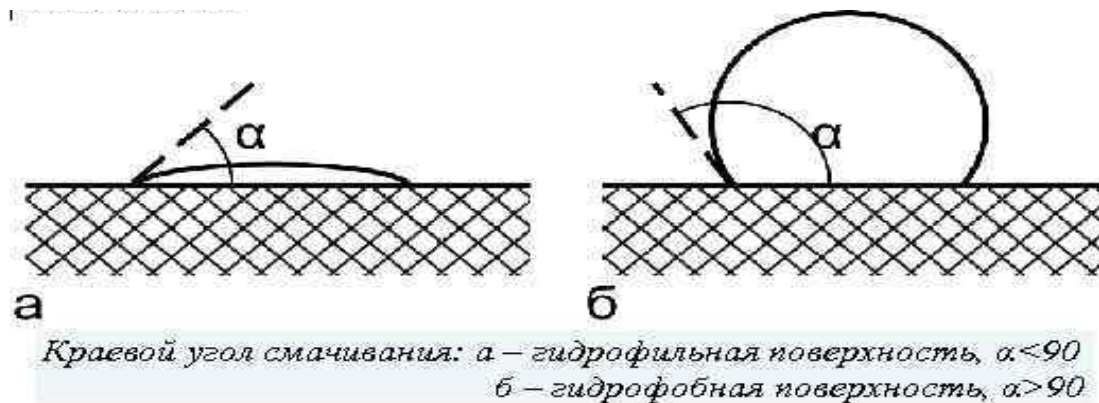
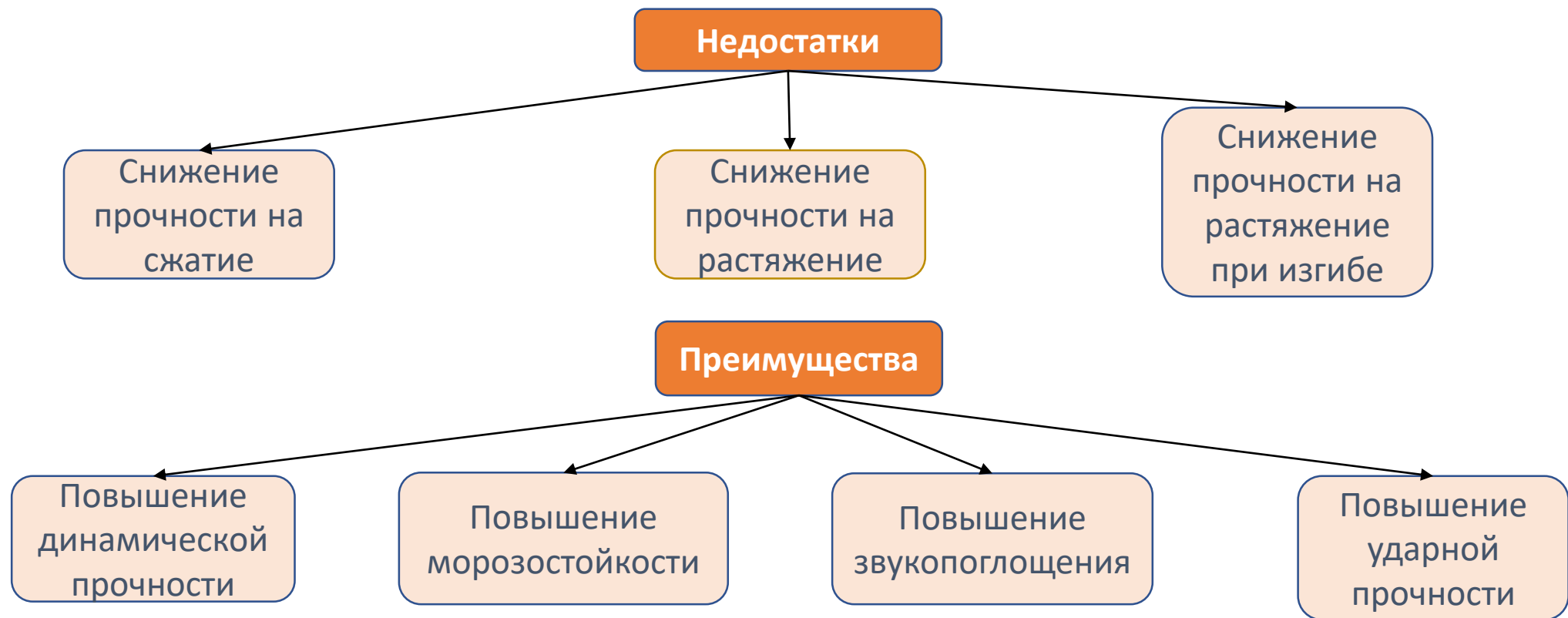
ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ «РЕЗИНОБЕТОН»



КОЛИЧЕСТВО ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ «РЕЗИНОБЕТОН»

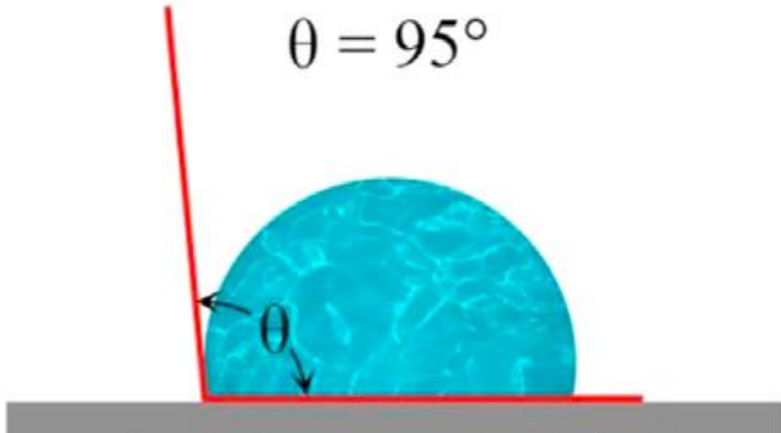


Размер заполнителя из резиновой крошки	Уровень замены	Сферы применения бетона с резиновой крошкой
Крупная и мелкая резиновая крошка	< 10 %	Конструкционный бетон средней прочности и средней долговечности, используемый для изготовления плит, балок, колонн, стен, фундаментов, дорожных заграждений и железнодорожных шпал.
	10-20 %	Конструкционный бетон низкой прочности и средней долговечности, используемый для изготовления плит, балок, колонн, стен, фундаментов, дорожных заграждений, легких панелей и железнодорожных шпал.
	> 20 %	Неконструкционный бетон низкой долговечности, применяемый для изготовления стяжек, бордюров, блоков, перекрытий, дорожных заграждений и канализационных колодцев.
Только мелкая резиновая крошка	< 10 %	Высокопрочный и долговечный конструкционный бетон, используемый для изготовления плит, балок, колонн, мостовых устоев, стен, фундаментов, плотин, резервуаров для воды, транспортных заграждений и железнодорожных шпал.
	10-20 %	Конструкционный бетон средней прочности и средней долговечности, используемый для изготовления плит, балок, колонн, стен, фундаментов, дорожных заграждений, легких панелей и железнодорожных шпал.
	20-40%	Конструкционный бетон средней прочности и средней долговечности, используемый для изготовления плит, балок, колонн, стен, фундаментов, дорожных заграждений, легких панелей и железнодорожных шпал.
	> 40%	Неконструкционный бетон низкой долговечности, применяемый для изготовления бетонных стяжек, бордюров, блоков, перекрытий, дорожных заграждений и канализационных колодцев.

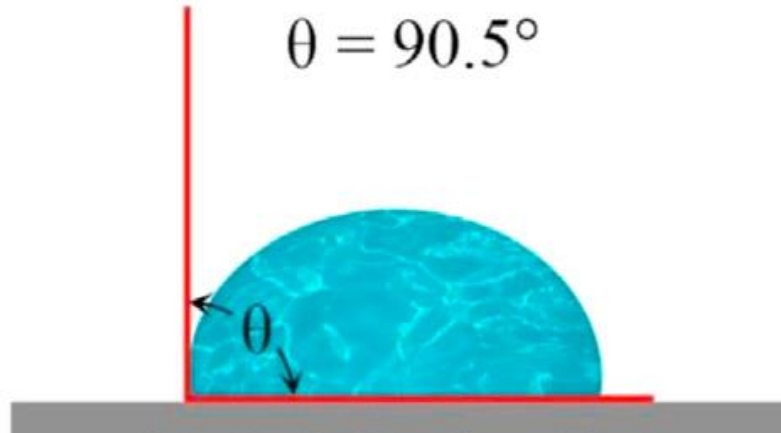


Для исключения недостатков предлагается изменить полярность резиновой крошки, обеспечив гидрофильность ее поверхности

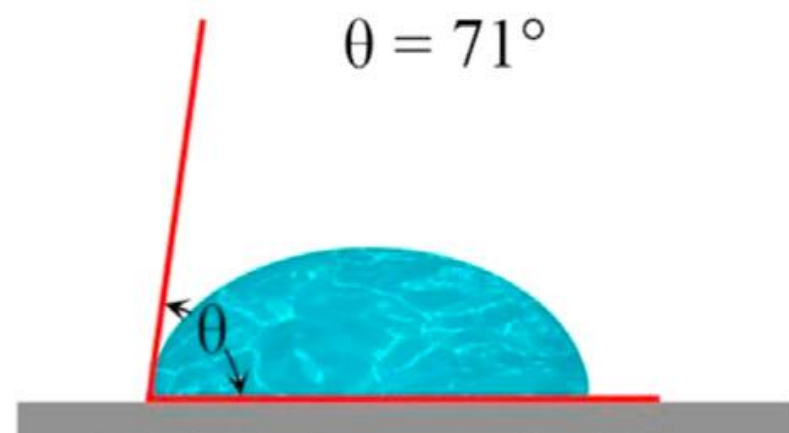
$$\theta = 95^\circ$$



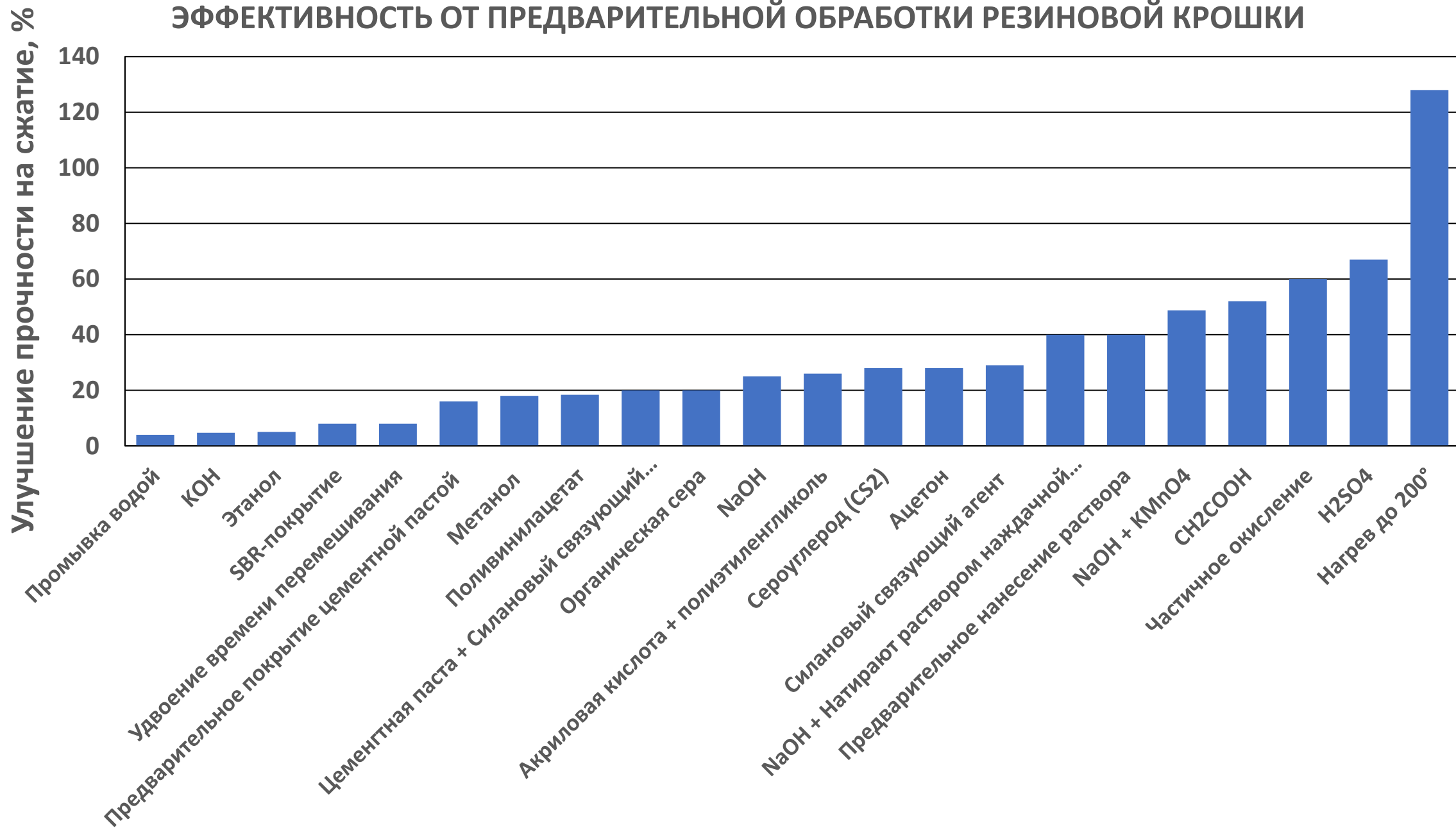
$$\theta = 90.5^\circ$$



$$\theta = 71^\circ$$



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ



Составы растворов:



№	Цемент, % масс.	Песок, % масс.	Резина, % масс.	В/Ц	Количество р-ра ПАВ в воде затворения, %
1	33,33	66,66	-	0,4	-
2	34,6	62,3	3,1	0,4	-
3	34,6	62,3	3,1	0,4	0,05



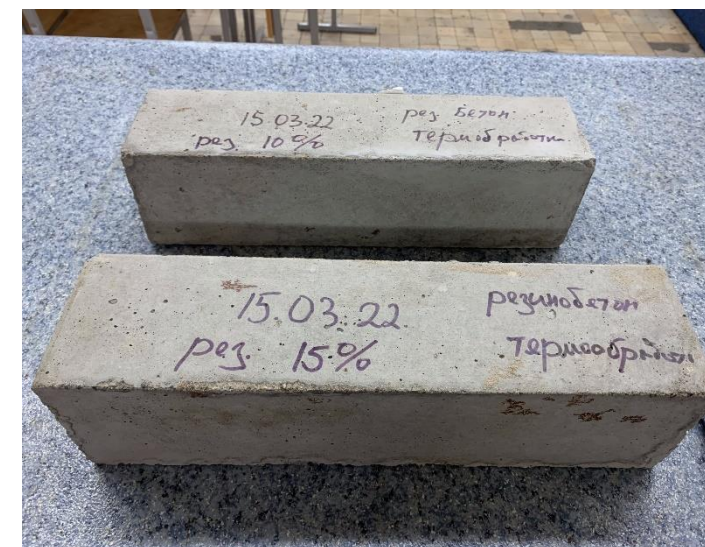
Плотность песка $\rho_{\text{ист}} = 2,65 \text{ г/см}^3$

Плотность резиновой крошки $\rho_{\text{ист}} = 1,18 \text{ г/см}^3$

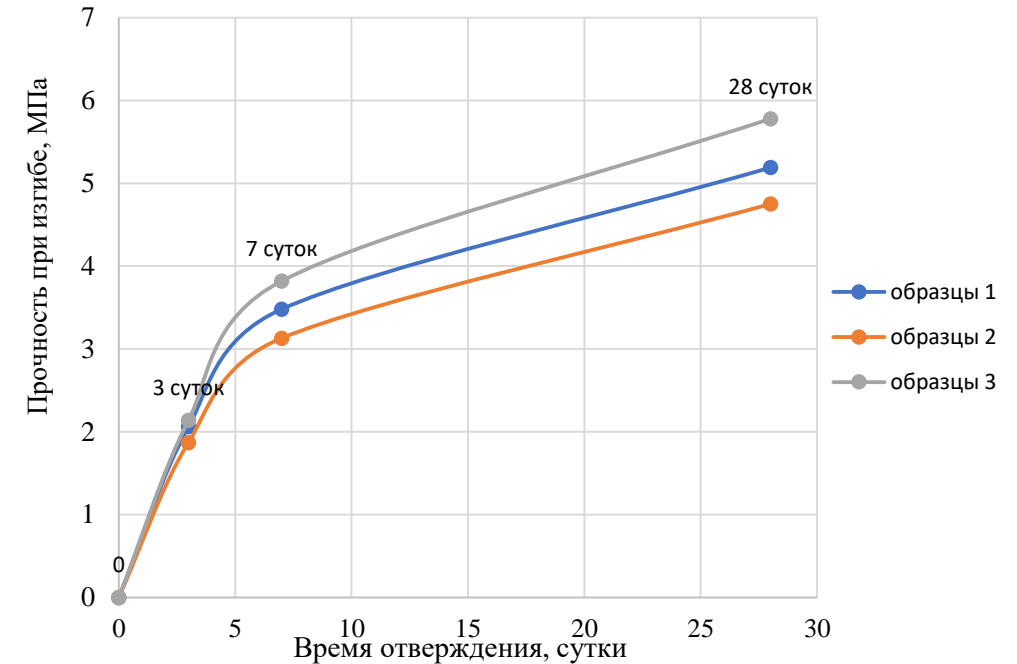
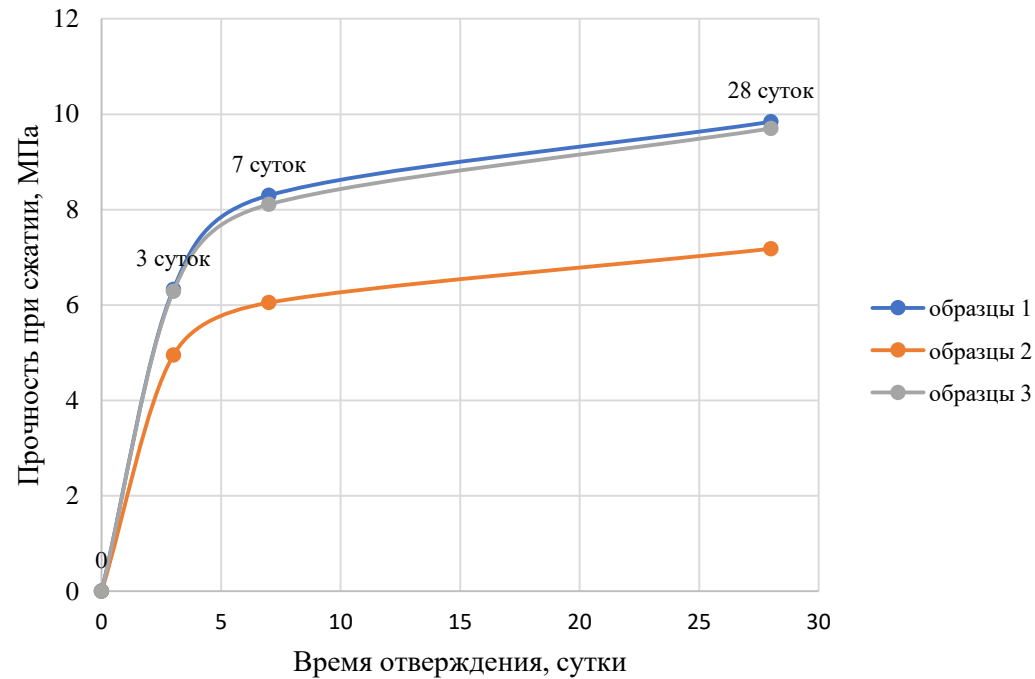


Составы для резинобетона:

№	Цемент, % масс.	Песок, % масс.	Щебень, %	Резина, % масс.	Резина % от V песка	В/Ц
1	16,6	33,9	49,5	-	-	0,4
2	16,8	31,2	50,4	1,6	10	0,4
4	17,0	29,7	50,9	2,4	15	0,4
3	17,2	28,2	51,4	3,2	20	0,4



Определение возможности применения температурной обработки резиновой крошки при 150 °С

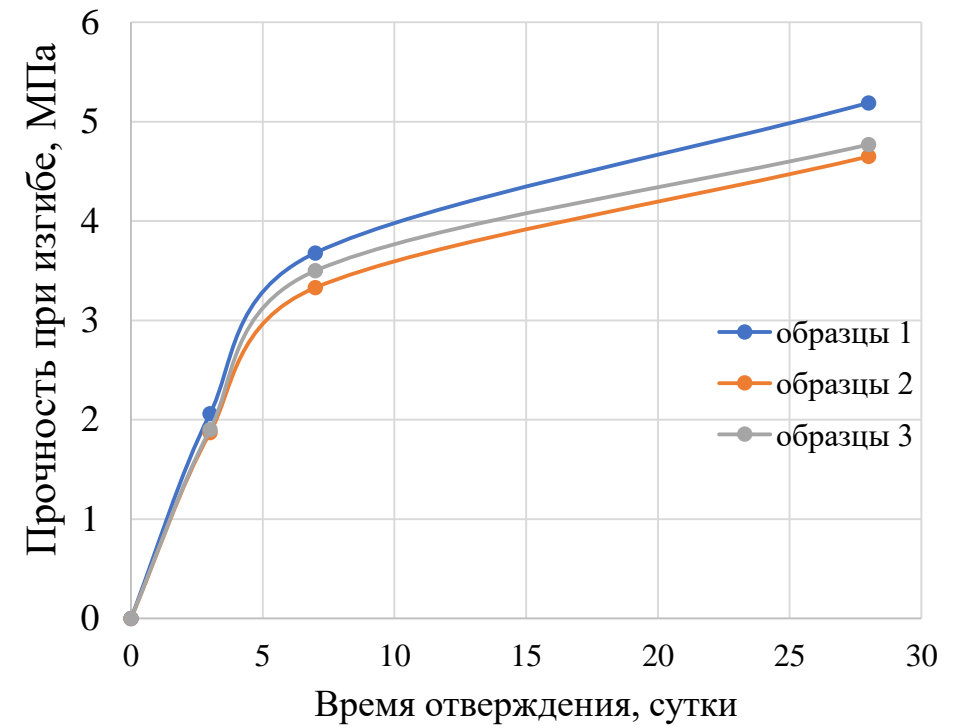
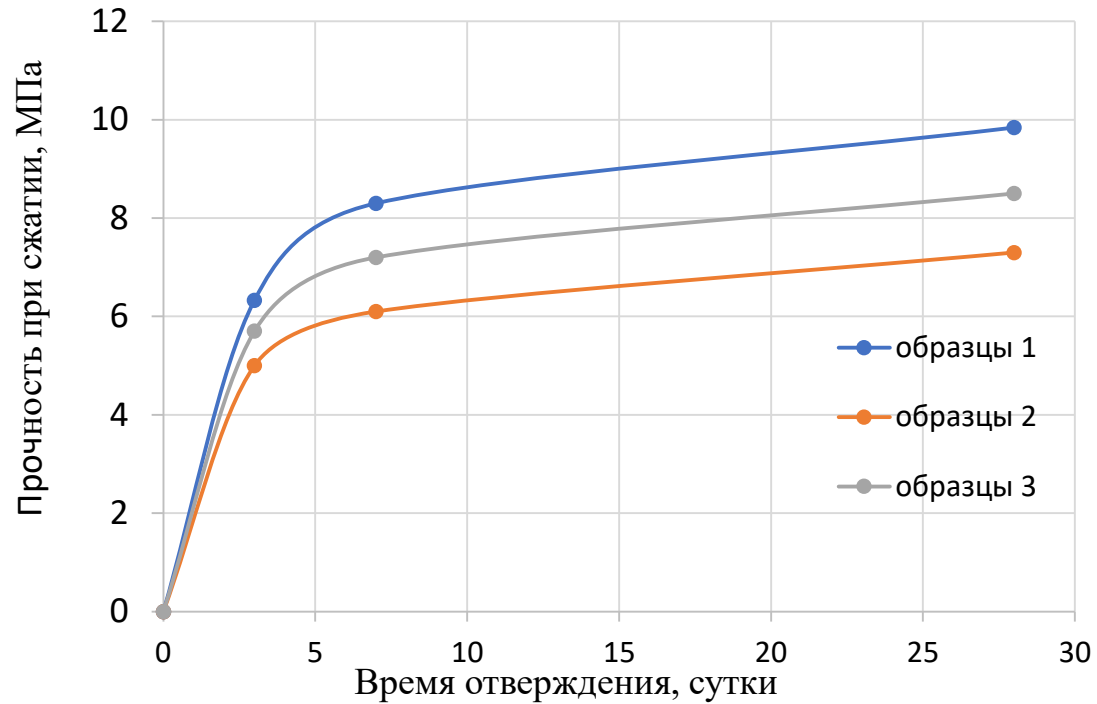


1 - контрольная смесь без резины;

2 - резинобетон с заменой 10% объема песка на резиновую крошку, необработанную;

3 - резинобетон с заменой 10% объема песка на резиновую крошку, обработанную.

Определение возможности применения обработки резиновой крошки NaOH

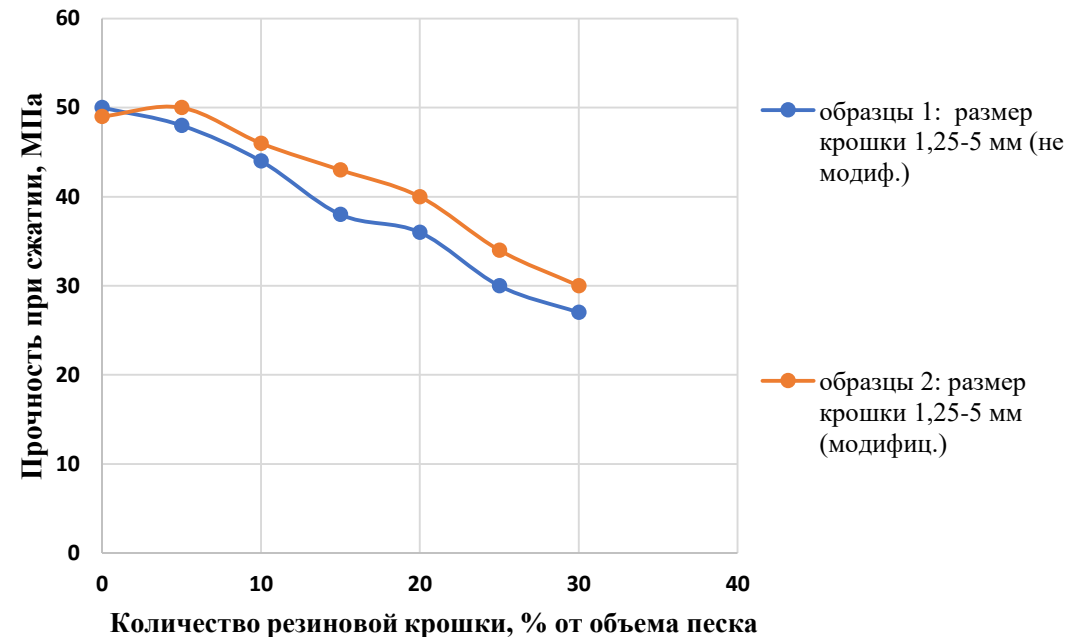
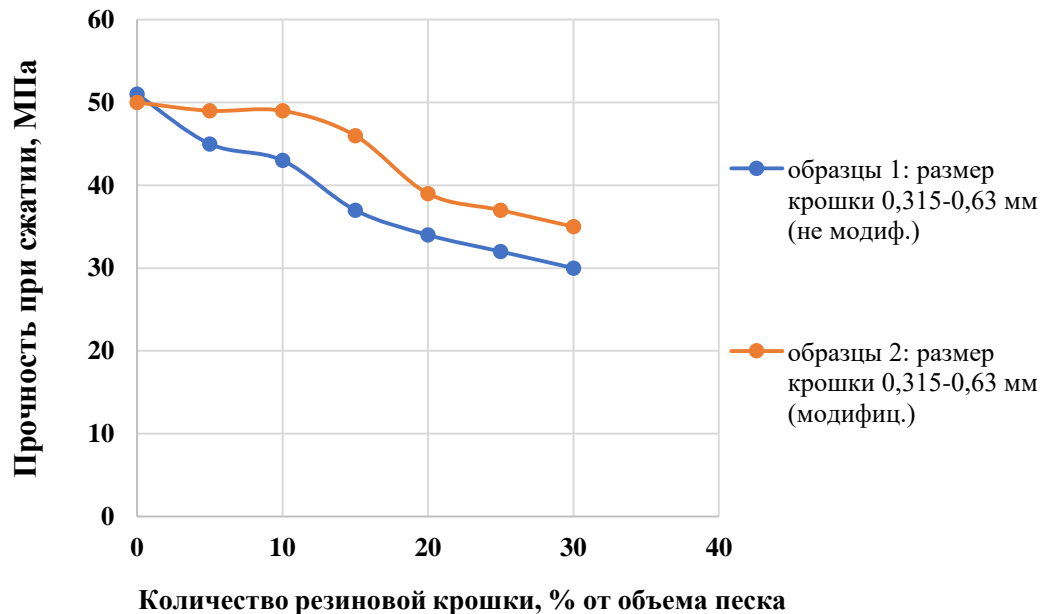


1 - контрольная смесь без резины;

2 - резинобетон с заменой 10% объема песка на резиновую крошку, необработанную;

3 - резинобетон с заменой 10% объема песка на резиновую крошку, обработанную.

Применение резиновой крошки в качестве мелкого заполнителя бетонной смеси



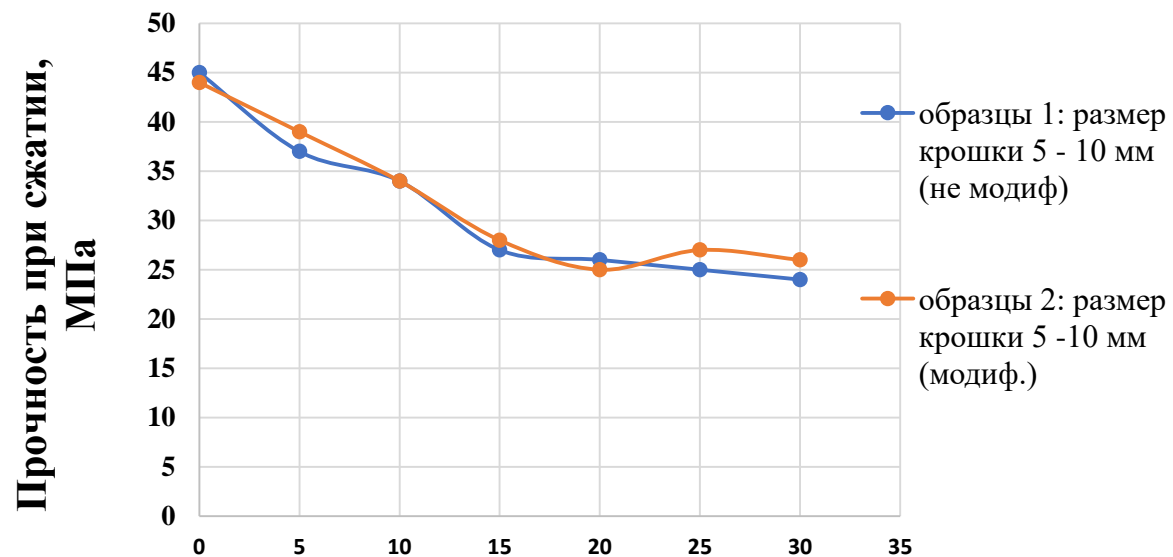
Предел прочности при сжатии образцов резинобетона с размером крошки 0,315 – 0,63 мм и размером крошки 1,25 – 5 мм:

1 - контрольная смесь и образцы резинобетона, содержащие необработанную резину в количестве от 5 до 30 % от объема песка;

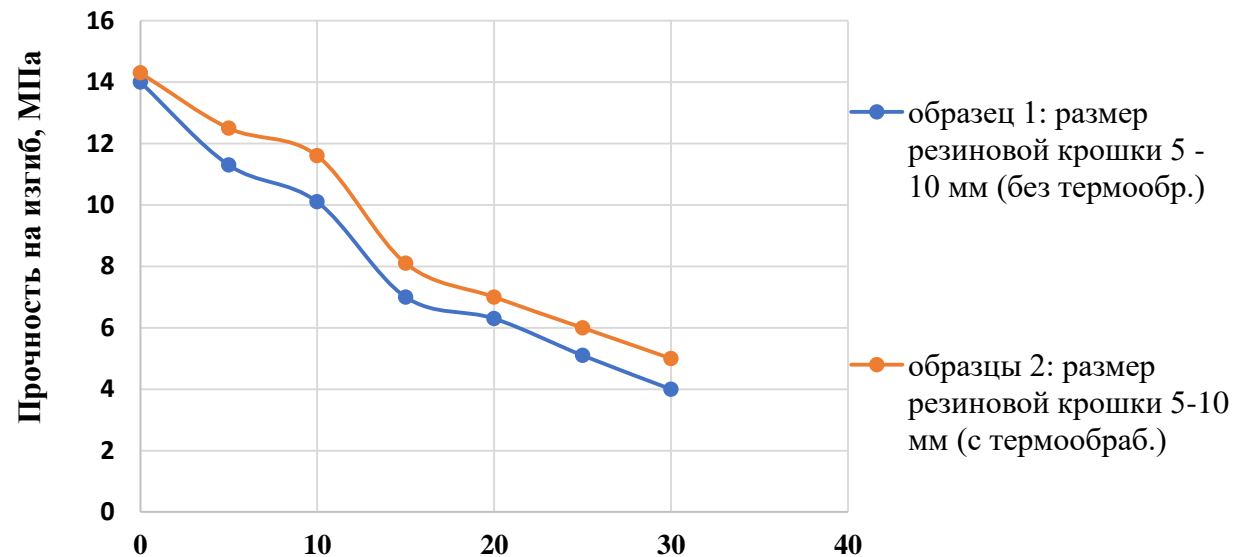
2 - контрольная смесь и образцы резинобетона, содержащие обработанную резину в количестве от 5 до 30 % от объема песка.

Применение резиновой крошки в качестве крупного заполнителя бетонной смеси.

Прочность при изгибе резинобетона.



Количество резиновой крошки, % от объема песка



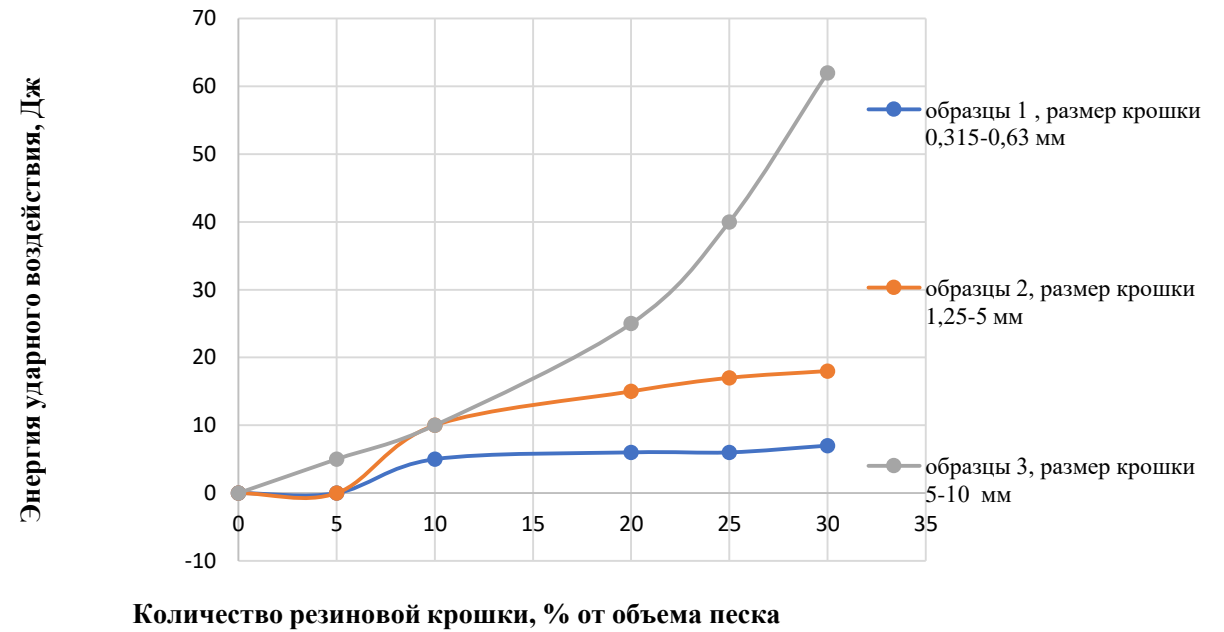
Количество резиновой крошки, % от объема песка

Предел прочности при сжатии образцов резинобетона с размером крошки 0,315 – 0,63 мм и размером крошки 1,25 – 5 мм:

1 - контрольная смесь и образцы резинобетона, содержащие необработанную резину в количестве от 5 до 30 % от объема песка;

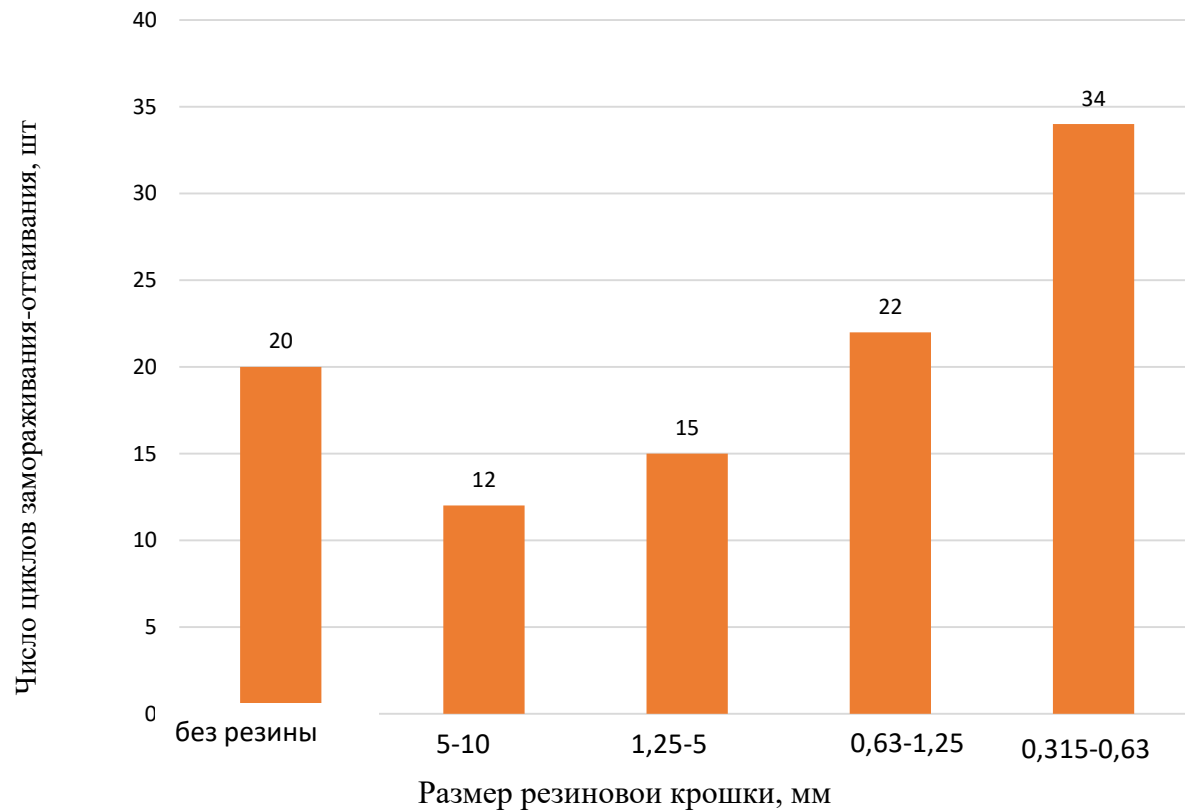
2 - контрольная смесь и образцы резинобетона, содержащие обработанную резину в количестве от 5 до 30 % от объема песка.

Ударопрочность резинобетона



Зависимость энергии ударного воздействия от количества модифицированной резины в смеси резинобетона при размере крошки 0,315-0,63 мм, 1,25-5 мм, 5-10 мм.

Применение резиновой крошки в качестве мелкого заполнителя бетонной смеси. Морозостойкость резинобетона.



Прочность на сжатие	ЦЕМЕНТОБЕТОН	✓	РЕЗИНОБЕТОН
Прочность на растяжение при изгибе		✓	
Морозостойкость		∧	
Водонепроницаемость		∧	
Ударная вязкость		∧	
Шумопоглощение		∧	
Динамическая прочность		∧	
Плотность		✓	

ВЫВОДЫ

- 1. Вопрос влияния размера частиц резиновой крошки на свойства бетона изучены не достаточно.**
- 2. В настоящее время отсутствуют разработанные методы проектирования резинобетона. Поэтому необходимо провести дополнительные исследования характеристик этого материала.**
- 3. Добавление резиновой крошки до определенного количества может значительно повысить ударную вязкость и поглощение энергии бетона при сохранении других механических свойств.**
- 4. Обработка резиновой крошки — новая многообещающая область, связанная с использованием резиновой крошки в бетоне. Чтобы улучшить общие свойства бетона с резиновой крошкой можно использовать несколько методов обработки с целью улучшения сцепления между резиновой крошкой и цементным раствором.**
- 5. Бетон с резиновой крошкой целесообразно использовать в первую очередь на объектах где в процессе эксплуатации могут иметь место ударные воздействия.**