Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
Институт Строительства и Архитектуры

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР: РОМТПЭСИ-2026»
г. Екатеринбург, 28–30 мая 2026 г.

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Построение цифровой модели бетона, армированного переработанными волокнами, для определения характеристик трещиностойкости с использованием ABAQUS

Докладчик
Алехин В. Н.
к.т.н., доцент, зав. каф. САПРОС, ИСА УрФУ, с.н.с., НИЦ «НиР БСМ» УрО РАН

Бетон, армированный переработанными волокнами

Это композитный строительный материал, получаемый путем добавления в бетонную смесь армирующих волокон металлической или неметаллической отходы.

Преимущества использования переработанного волокна из отходов в бетоне

Поскольку обычный бетон имеет свойство трещать при растяжении, переработанные волокна помогают композиту противостоять растрескиванию и более эффективно поглощать энергию.

Оптимизация бетона

Повышенная трещиностойкость и долговечность конструкции

Экономические преимущества

Снижение затрат на производство бетона

Экологические преимущества

Устойчивое использование материалов и охрана окружающей среды

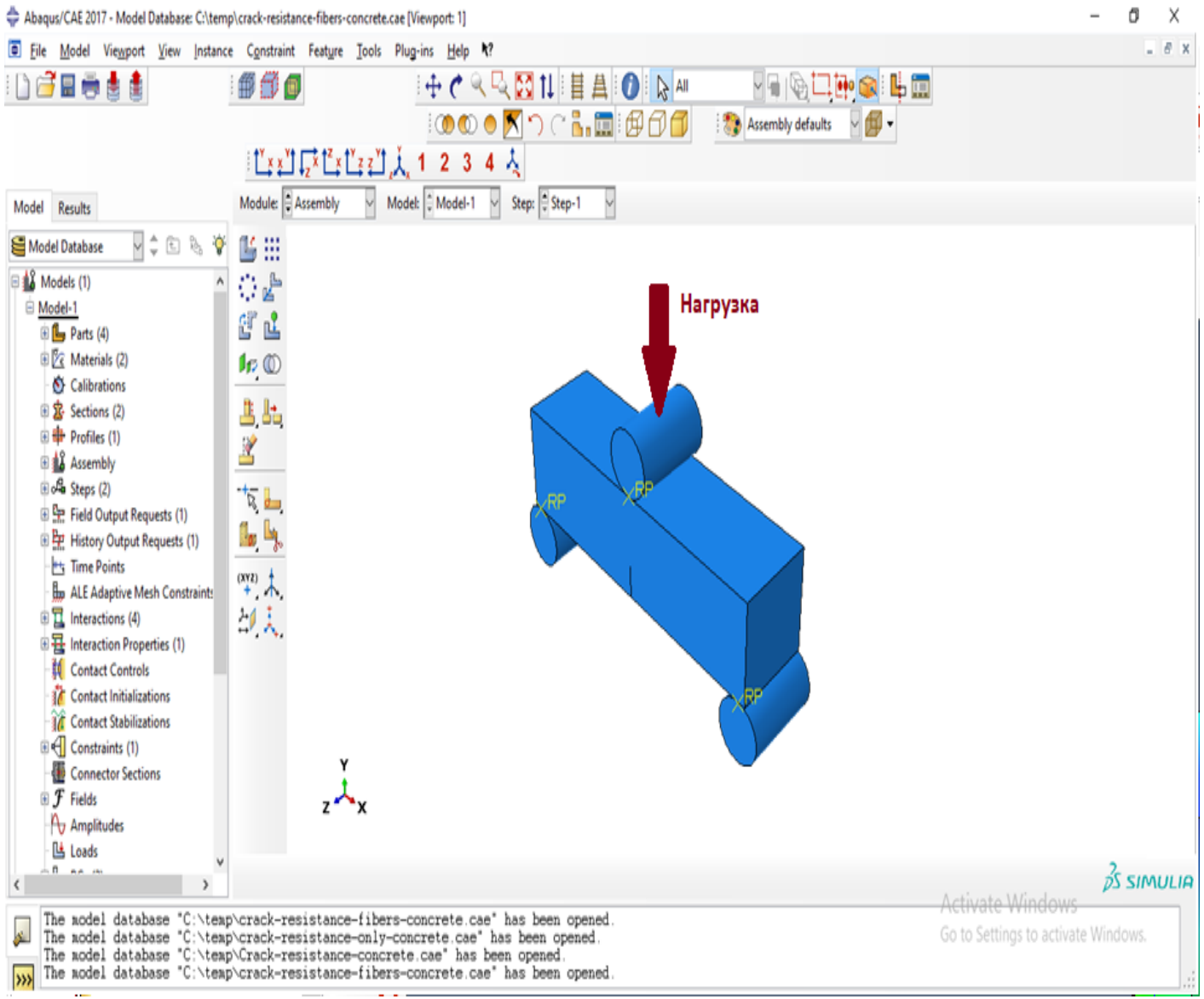
Цель исследования заключается в построении цифровой модели бетона армированного переработанными волокнами определения силовых, энергетических характеристик трещиностойкости бетона, наиболее полно отражающих его поведение под нагрузкой.

ABAQUS это мощный программный комплекс для конечно-элементного анализа и проектирования, идеально подходящий для моделирования композитных материалов, таких как бетон, армированный переработанными волокнами

SIMULIA

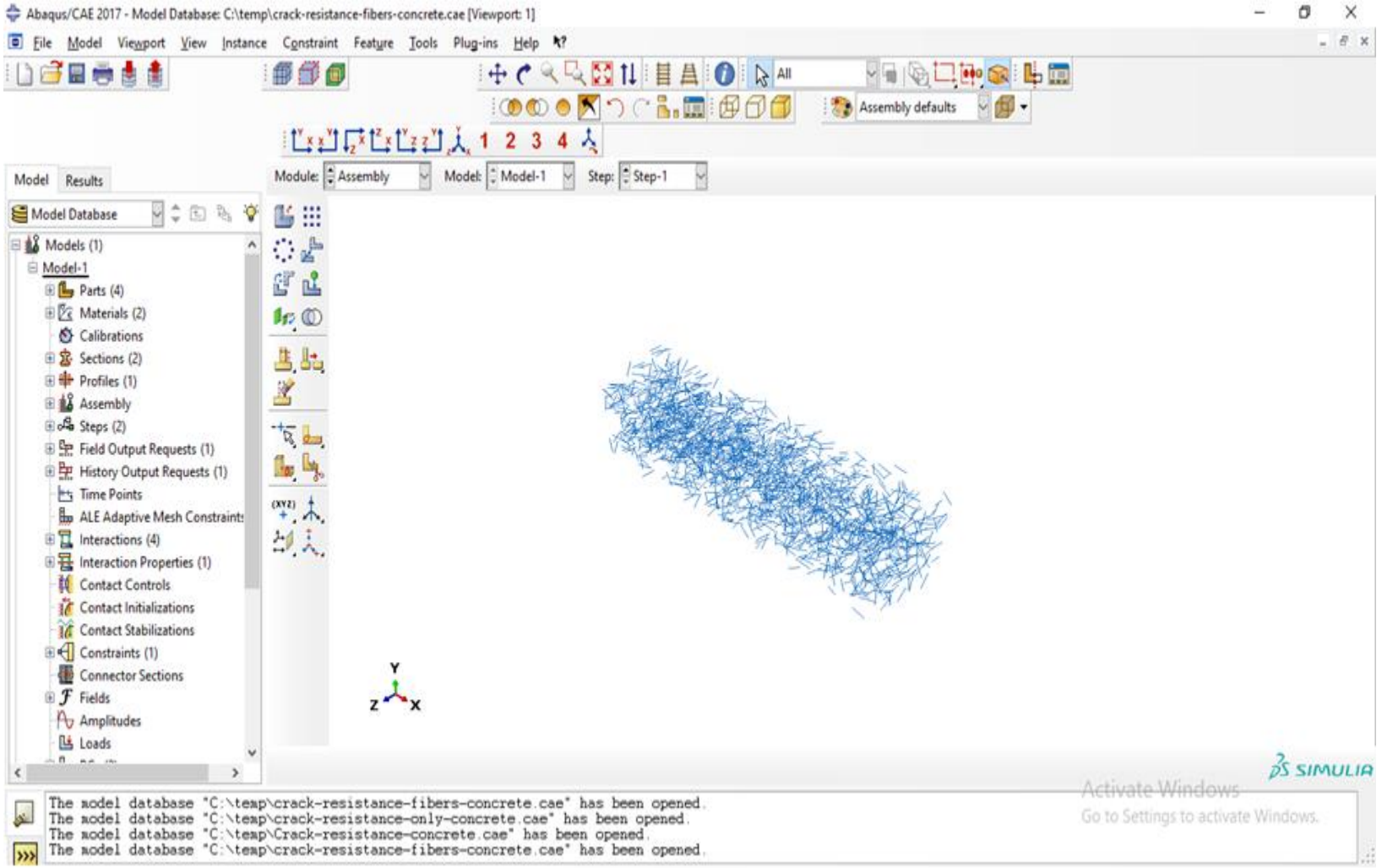
ABAQUS

Ведущим стандартом для оценки трещиностойкости бетона является **ГОСТ 29167-2021 Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении**, который устанавливает методы измерения трещиностойкости в условиях статического нагружения.



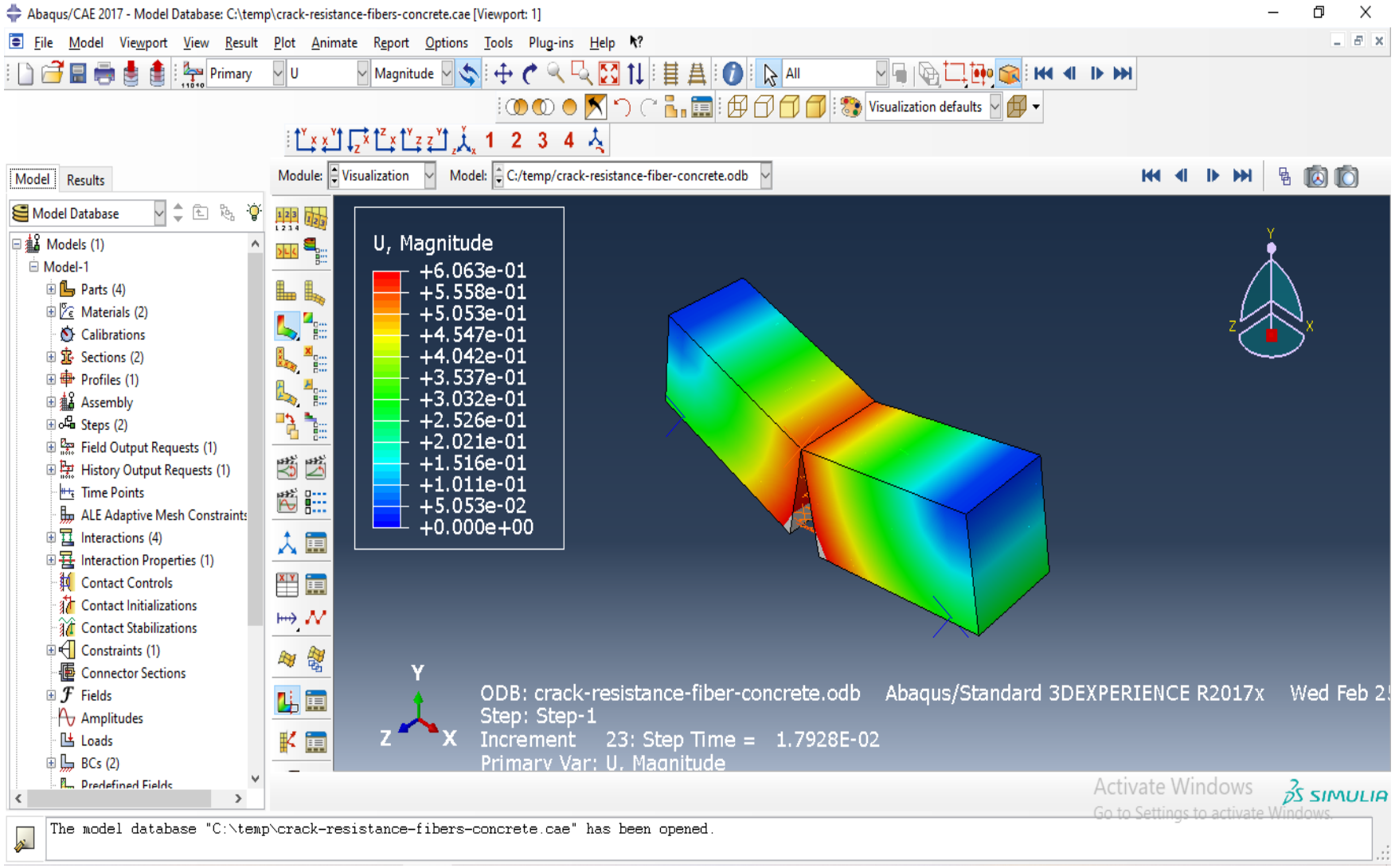
Переработанные волокна

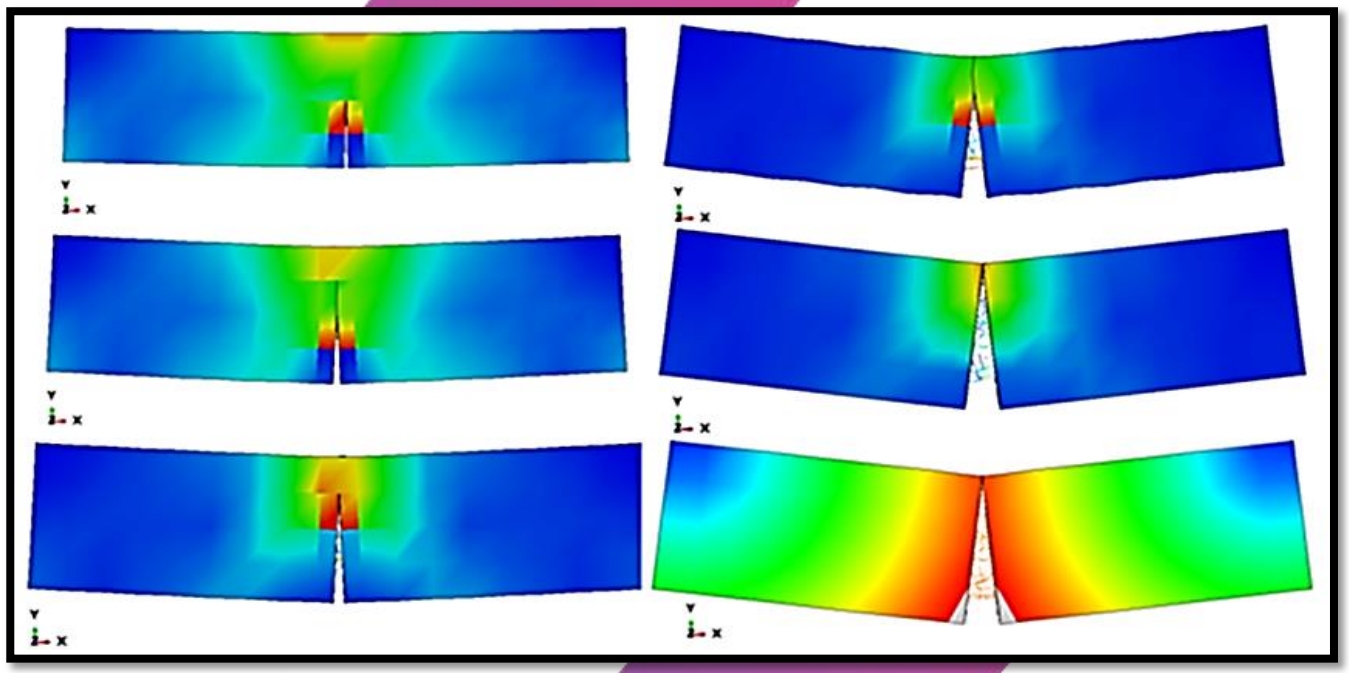
были смоделированы отдельно, а затем интегрированы в бетонную матрицу с использованием ABAQUS's WirePolyLine, чтобы отразить реальную изменчивость ориентации и размещения волокон.



Результаты

- **После** завершения построения модели были определены параметры материала, основанные на свойствах различных материалов, и были включены такие данные, как массовая плотность, модуль упругости, коэффициент Пуассона и модели пластических повреждений.

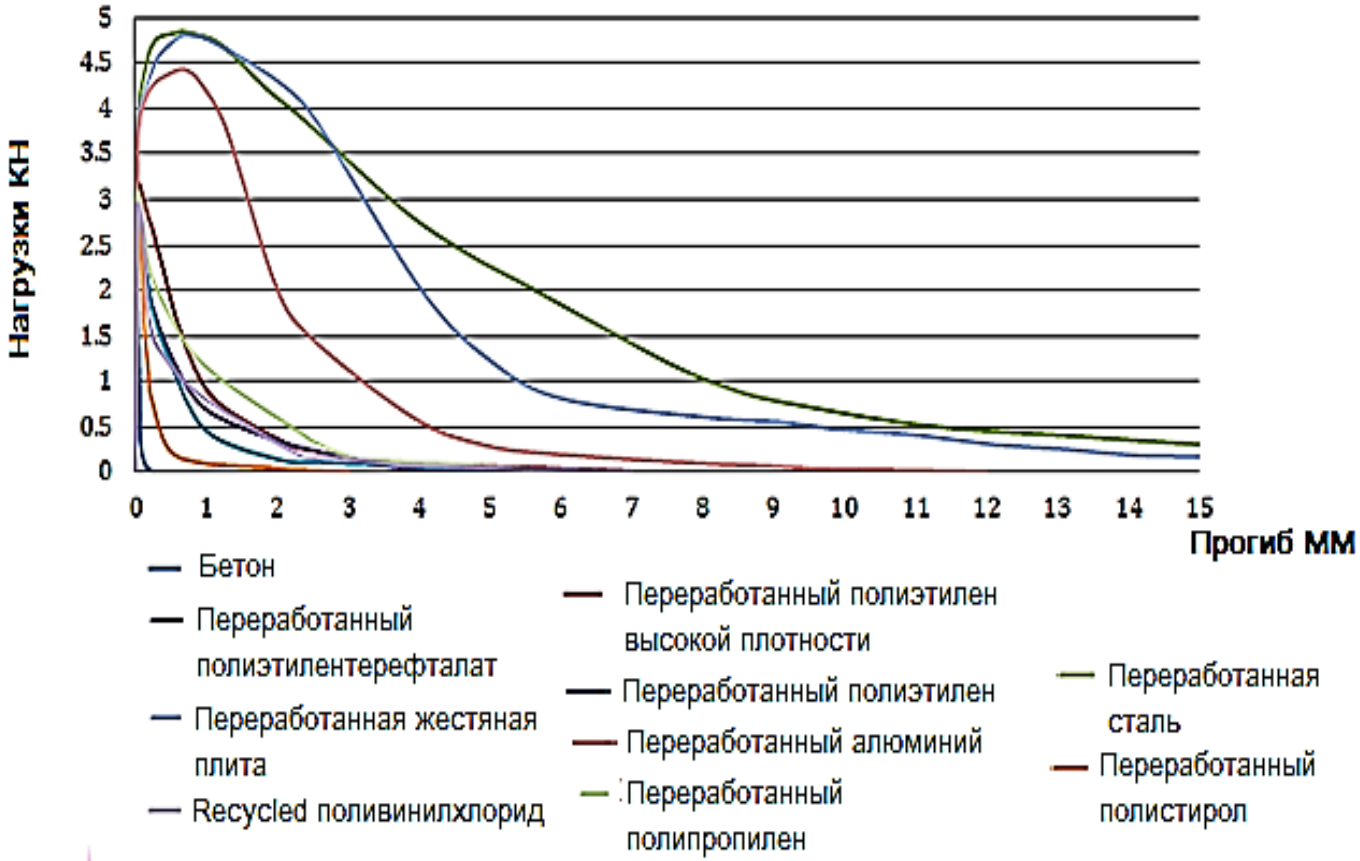




- Переработанное волокно заставляет трещины обходить друг друга, раздваиваться и рассеивать энергию за счет их многомасштабного распространения, тем самым замедляя распространение трещин. Особенно на вершине трещины, совместное действие волокон увеличивает энергию, необходимую для продвижения трещины, повышая трещиностойкость бетона и его несущую способность после образования трещин.

Кривые «нагрузка-прогиб» бетонных моделей

- Во всех бетонах, армированных волокнами, наблюдался эффект послепикового размягчения при прогибе.
- Волокна демонстрировали более высокую пиковую нагрузку при изгибе, чем бетон без волокон.
- Эти результаты указывают на существенное повышение пластичности бетона с использованием переработанных волокон.



Характеристики трещиностойкости

На основе кривых «нагрузка-прогиб», полученных в результате численного моделирования в ABAQUS, были определены характеристики прочности и трещиностойкости по ГОСТ 29167-2021.

Характеристики трещиностойкости	Бетон	Переработанный полиэтилен высокой плотности	Переработанная сталь	Переработанный полиэтилентерефталат	Переработанный полиэтилен	Переработанный полистирол	Переработанная жестяная плита	Переработанный алюминий	Переработанный полипропилен	Recycled поливинилхлорид
Удельные энергозатраты на статическое разрушение до момента начала движения магистральной трещины, G_i (Дж/м2)	7.62	23.50	25.41	12.70	13.65	15.65	25.72	19.06	16.19	15.56
Удельные эффективные энергозатраты на статическое разрушение, G_f (Дж/м2)	26.37	54.04	27936	381	254	108.6	26984	12698	54.02	304.8
Модуль упругости, E_b (МПа)	27871	29380	31349	28333	28595	28188	30051	29907	28805	28595
Критический коэффициент интенсивности напряжений при максимальной нагрузке K_c (МПа.м$^{0.5}$)	0.43	0.83	1.05	0.54	0.59	0.54	0.98	0.91	0.61	0.64
Прочность на растяжение при изгибе, R_{btf} (МПа)	3.49	4.20	6.40	3.72	3.82	3.73	6.35	5.85	4.06	3.89

Заключение

Результаты наглядно демонстрируют значительный вклад армирования переработанными волокнами в повышение долговечности бетона.

Численное моделирование в ABAQUS помогло точно предсказать поведение бетона, армированного переработанными волокнами, при нагрузках.

Использование переработанных волокон в бетоне поможет сократить эксплуатацию природных ресурсов и снизить выбросы CO_2 и направлено на содействие устойчивому использованию.

Переработанные волокна из отходов доказали свою эффективность в повышении характеристик трещиностойкости бетона и повышении прочности при растяжении и изгибе, а также в повышении модуль упругости бетона.

Спасибо
За внимание