

**Научно-практический семинар  
«Дефекты бетона: способы определения, причины  
появления и методы предотвращения»**



**РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК  
ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ФИБРОБЕТОНА**

**Жаворонков Михаил Ильич  
ФГБОУ ВО «СПбГАСУ»**

# Анализ технической литературы на предмет существующих методов определения характеристик трещиностойкости

Методика ГОСТ 29167-91 Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.

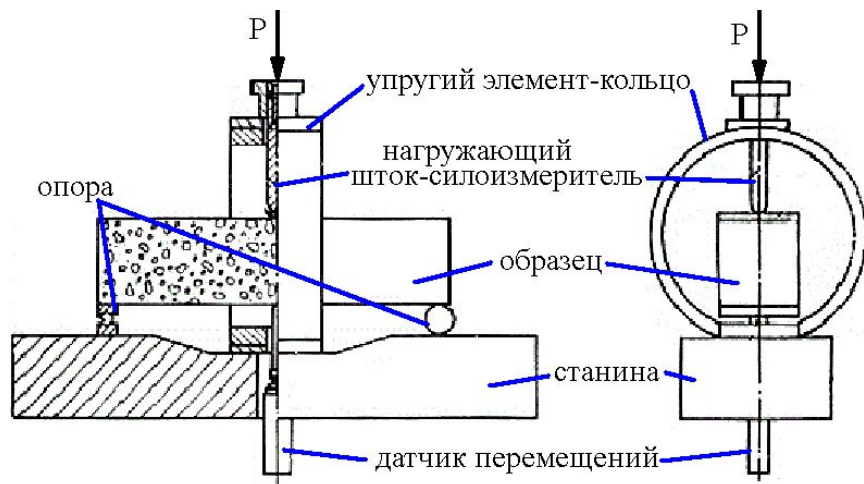


Рисунок 1 - Схема устройства рекомендуемого к использованию при построении равновесных диаграмм разрушения образцов

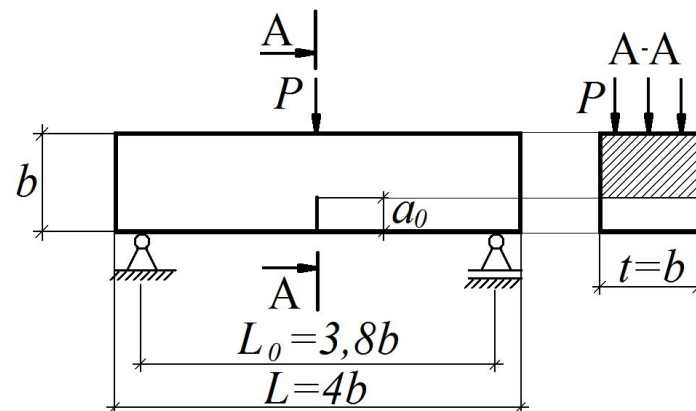


Рисунок 2 - Схема нагружения образца



Рисунок 3 – Разрушение неармированного образца



Рисунок 4 – Разрушение фибробетонного образца

# Анализ технической литературы на предмет существующих методов определения характеристик трещиностойкости

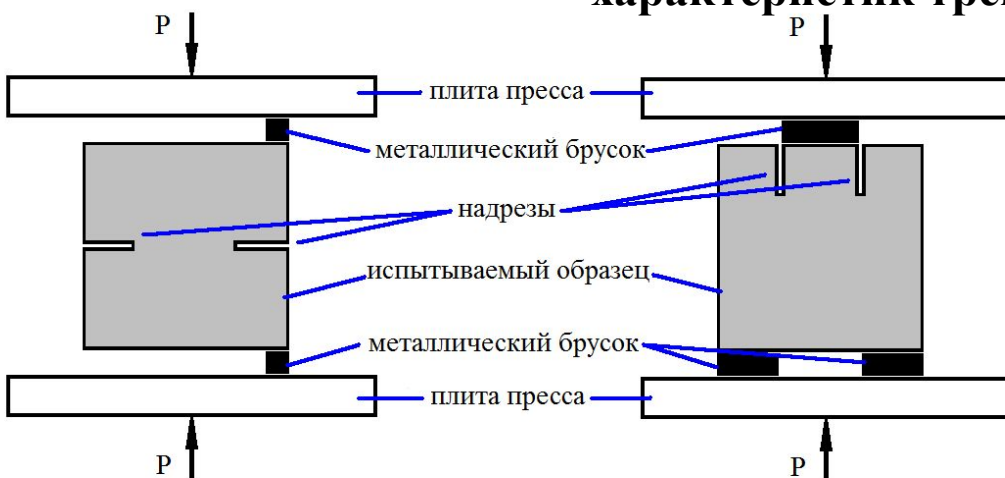


Рисунок 5 – Способ испытаний трещиностойкости фибробетона при нормальном отрыве и поперечном сдвиге



Рисунок 6 – Схема проведения испытаний трещиностойкости фибробетона, с применением индикатора часового типа

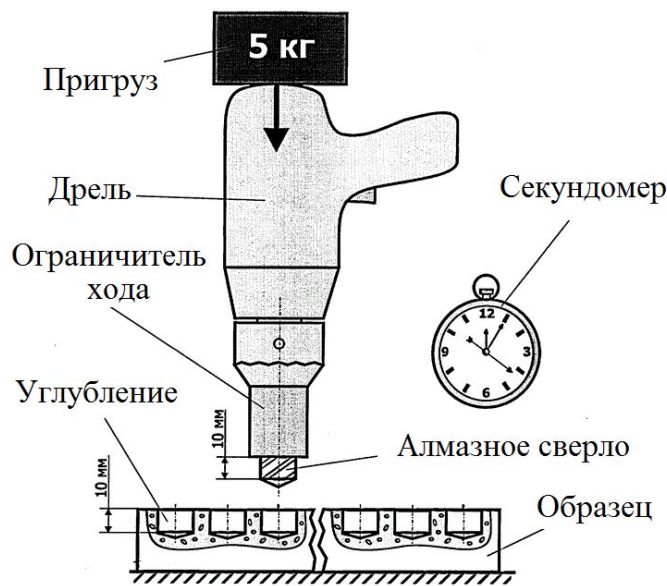


Рисунок 7 – Способ измерения трещиностойкости бетона высверливанием Патент 2 235 322

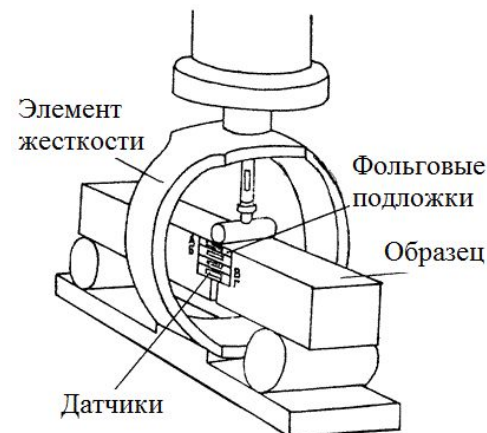


Рисунок 8 – Способ измерения трещиностойкости бетона с применением тензорезисторов Патент 2 200 943

# Анализ технической литературы на предмет существующих методов определения характеристик трещиностойкости

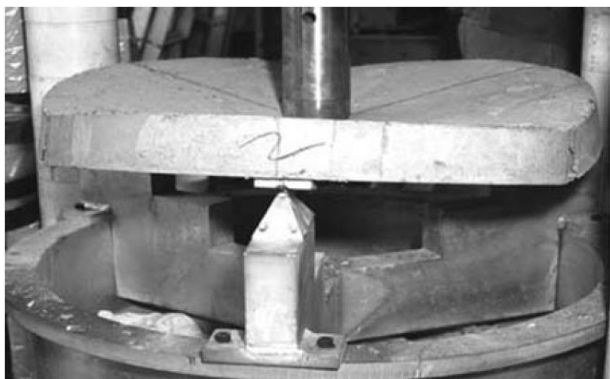


Рисунок 9 - Испытание трещиностойкости фибробетона по С 1550-08

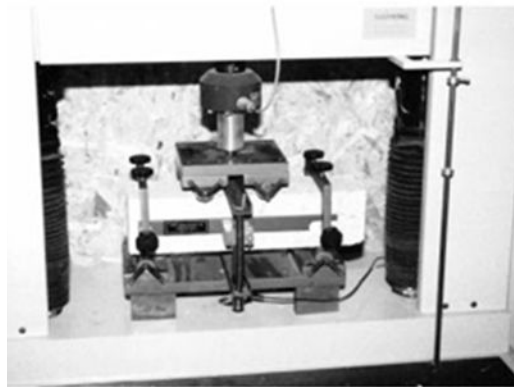


Рисунок 10 - Испытание трещиностойкости фибробетона по С 1018-97

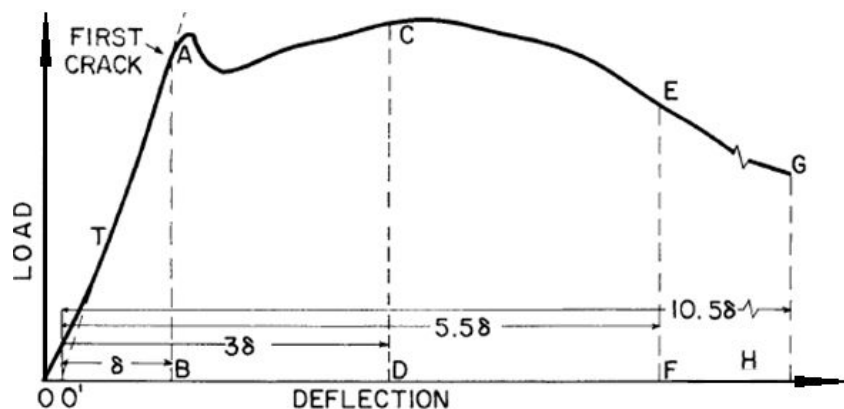
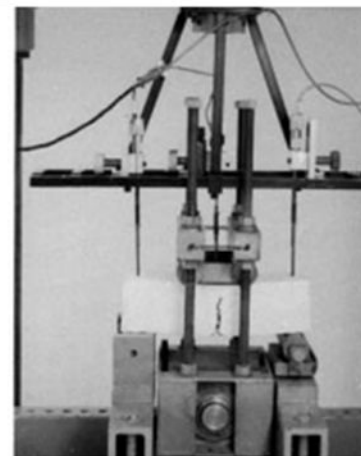


Рисунок 12 – Диаграмма получаемая при проведении испытаний фибробетона по С 1018-97

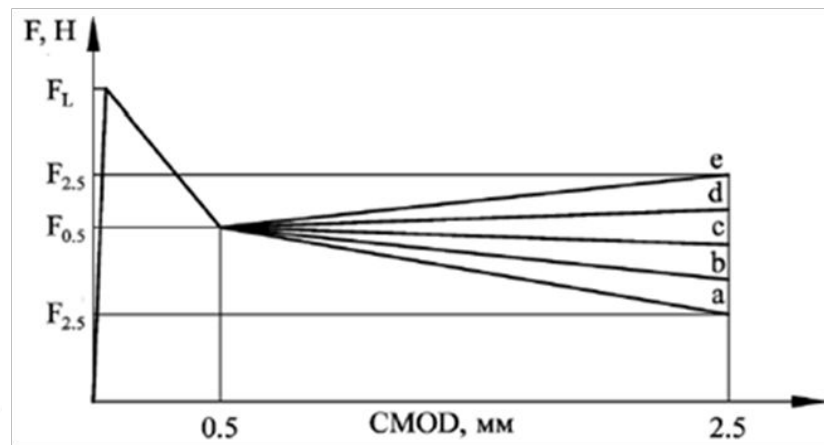


Рисунок 13 - Диаграмма разрушения фибробетонного образца по EN 14651 для оценки остаточной прочности СТО 15122014, СП 360.1325800.2017, СП 297.1325800.2017, СТО НОСТРОЙ 2.27.25 - 2013

# Сравнение результатов испытаний трещиностойкости фибробетона, полученных на специально разработанном устройстве и стандартной разрывной машине

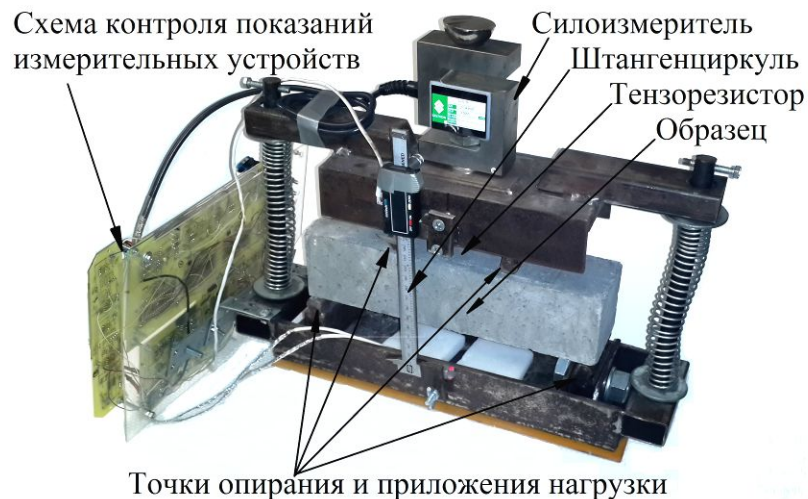


Рисунок 14 – Устройство, разработанное на для проведения испытаний характеристик трещиностойкости фибробетона

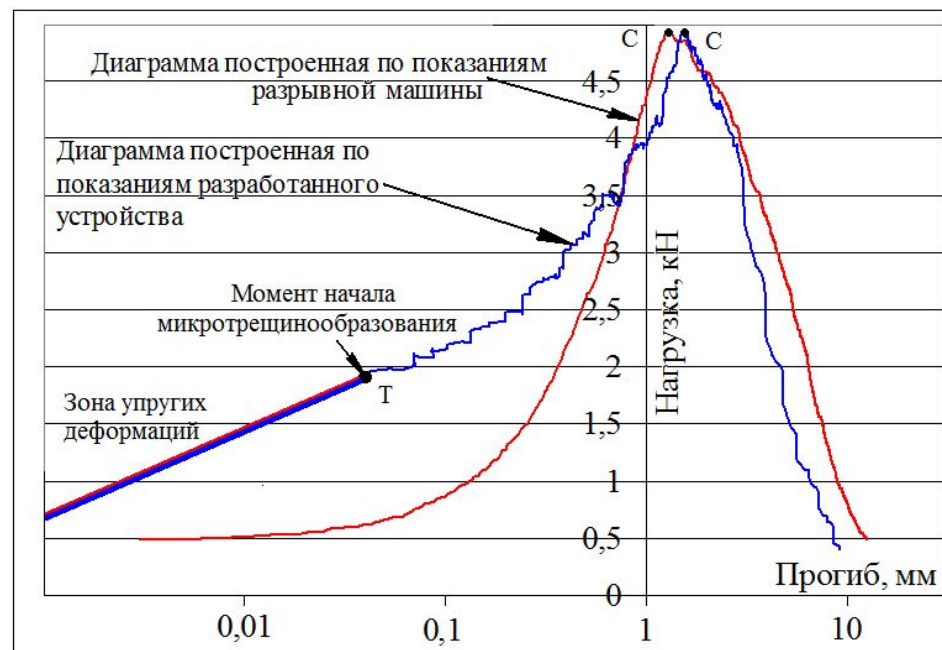


Рисунок 15 – Сравнение диаграмм разрушения фибробетонных образцов, построенных с применением разрывной машины и разработанного устройства

# Общий вид разработанного устройства



Рисунок 16 – Разработанное устройство

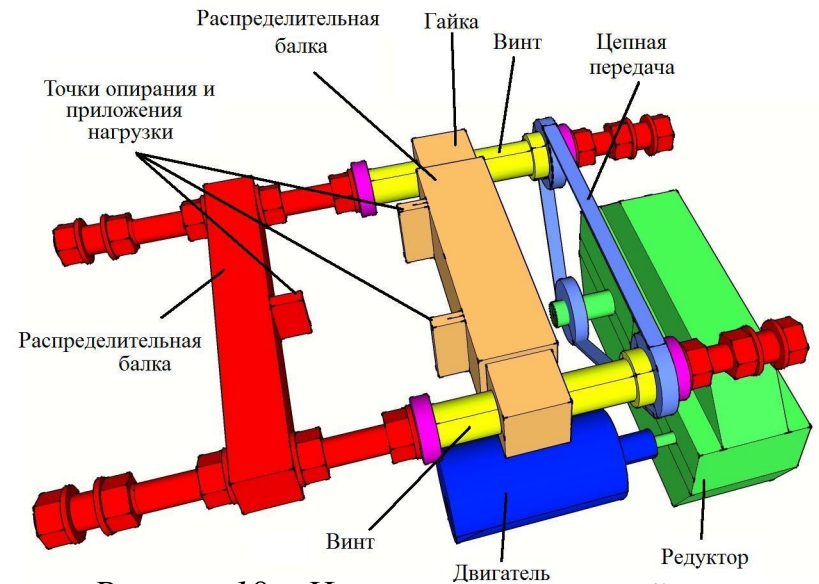


Рисунок 18 – Нагружающее устройство

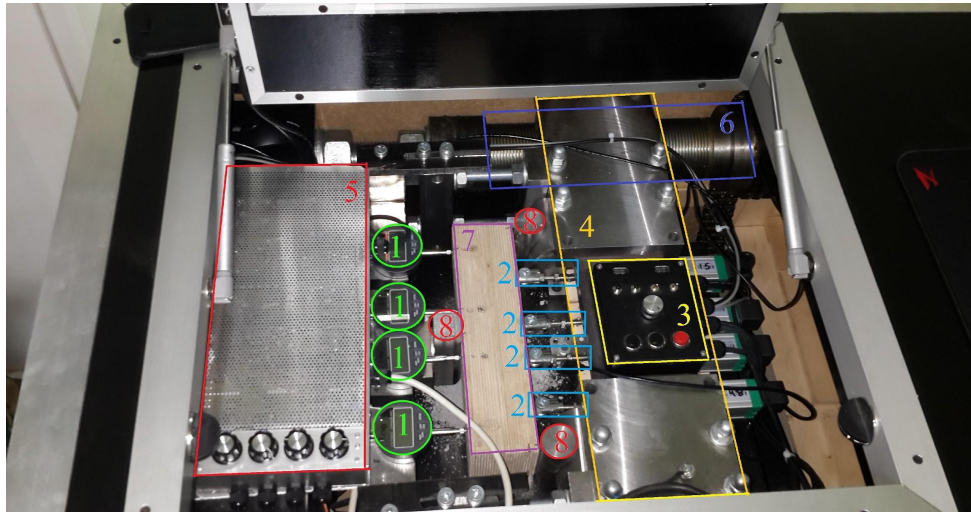


Рисунок 17 – Рабочее окно разработанного устройства, где: 1- цифровые индикаторы часового типа; 2 – потенциометры; 3 – пульт управления; 4 – подвижная распределительная балка; 5 – электронный блок сбора данных; 6 – винт; 7 – испытываемый образец; 8 – точки опирания и приложения нагрузки.

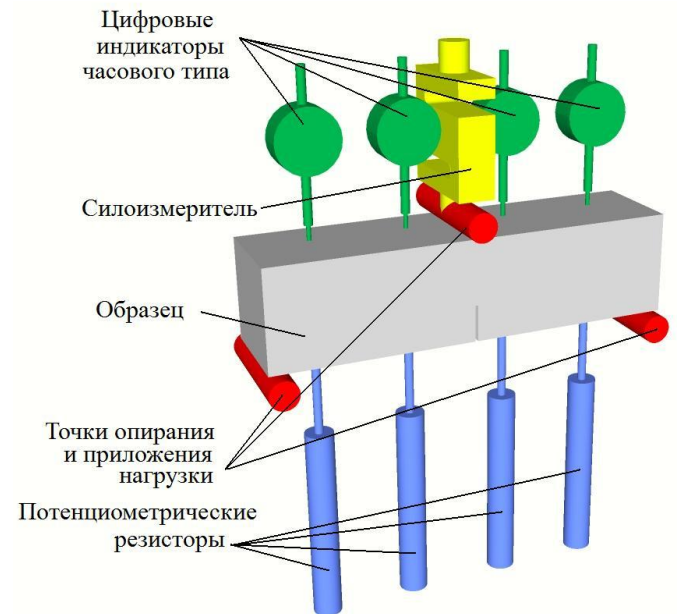


Рисунок 19 – Измерительная система

# Описание разработанной методики и устройства

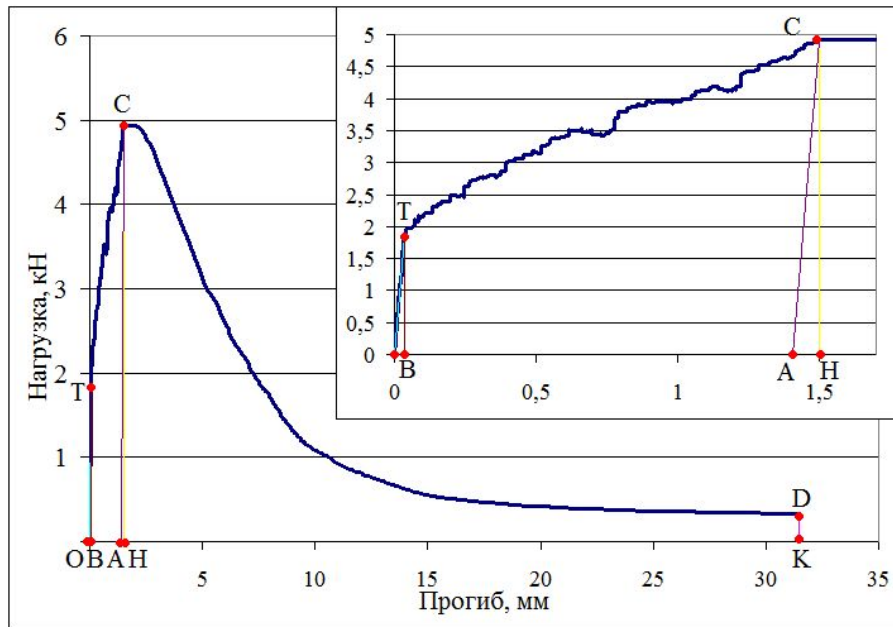


Рисунок 20 – Дополнительные построения на диаграмме разрушения фибробетона

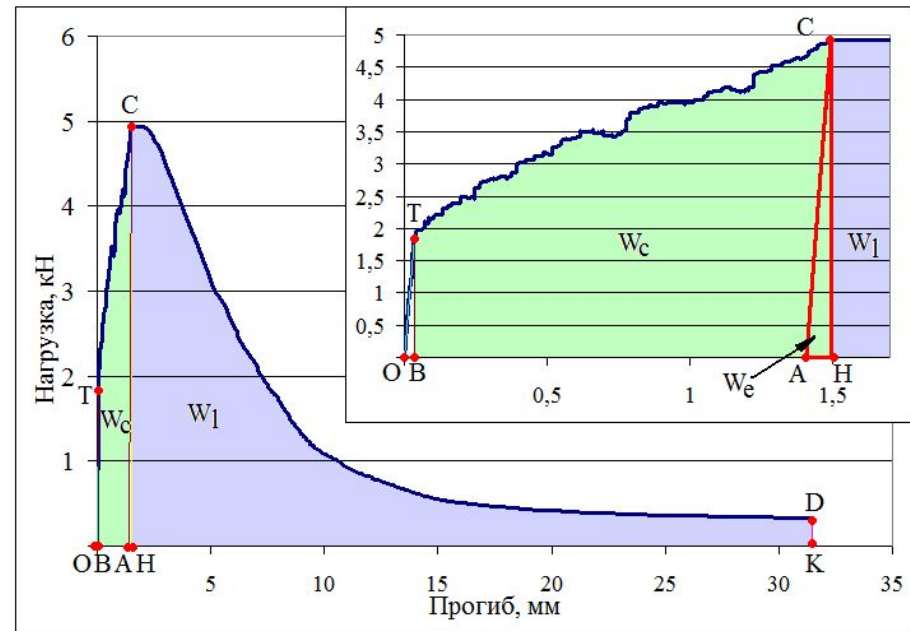


Рисунок 21 – Определение энергозатрат на различных этапах деформирования и разрушения фибробетона

## Результаты экспериментального исследования свойств фибробетонов, проведенного с применением разработанной методики



*Рисунок 22 – фибра стальная проволочная круглого сечения волнового профиля диаметром 0,3мм и длиной 22мм производства Белорусского металлургического завода.*



*Рисунок 23 – фибра синтетическая полипропиленовая «Kalcifil S» длиной 12мм и диаметром 25мкм.*



*Рисунок 24 – фибра металлическая аморфная длиной 40 мм, толщиной 20 - 30мкм и шириной 2-3мм производства ООО «Химмет».*

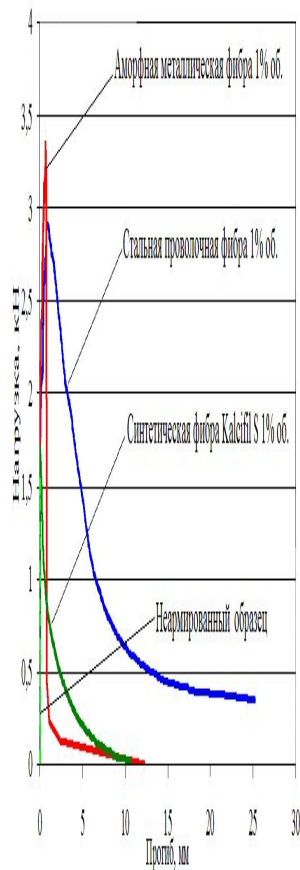
Состав мелкозернистой бетонной смеси: Ц:П = 1:2; В/Ц = 0,37.

Кварцевый песок с наибольшей крупностью зерен 5 мм и модулем крупности  $M_{кр} = 2,34$  по ГОСТ 8736 «Песок для строительных работ»

Бездобавочный портландцемент марки ПЦ 500 Д0 производства ОАО «Осколцемент».

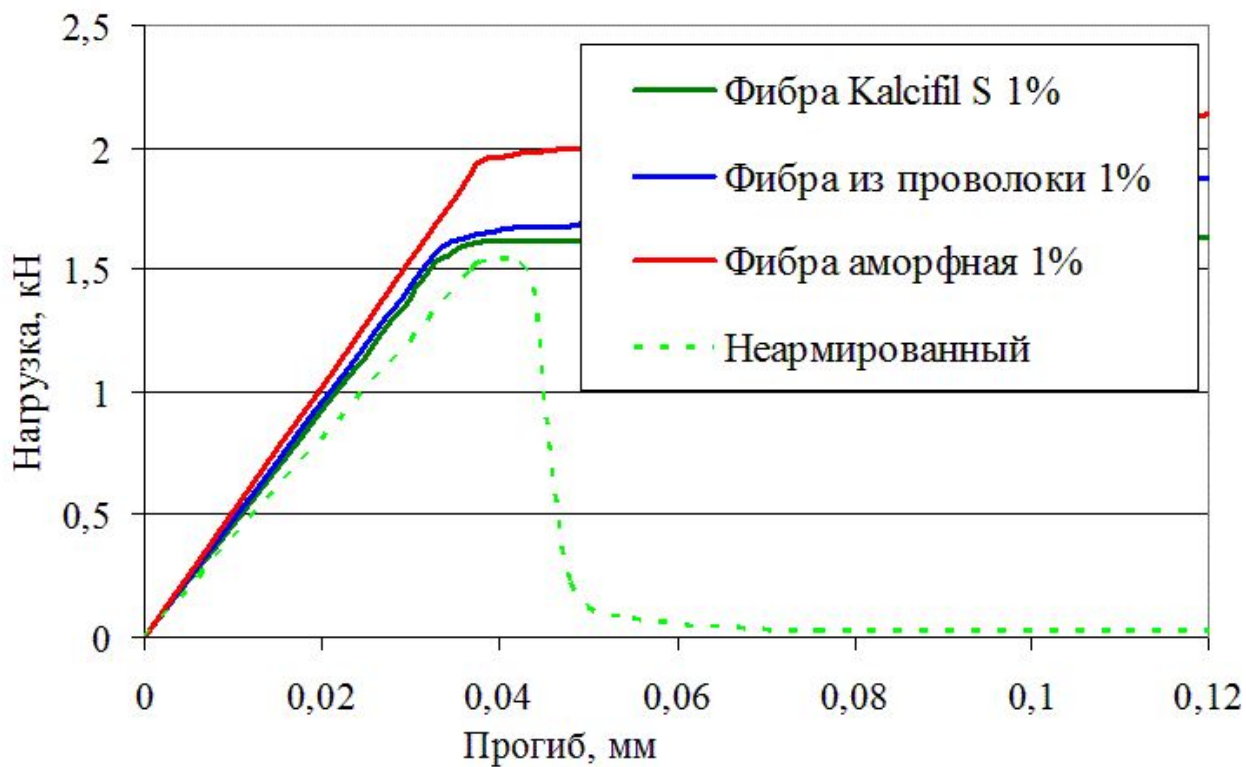


## Результаты экспериментального исследования свойств фибробетонов, проведенного с применением разработанной методики



*Экспериментальные диаграммы разрушения фибробетона*

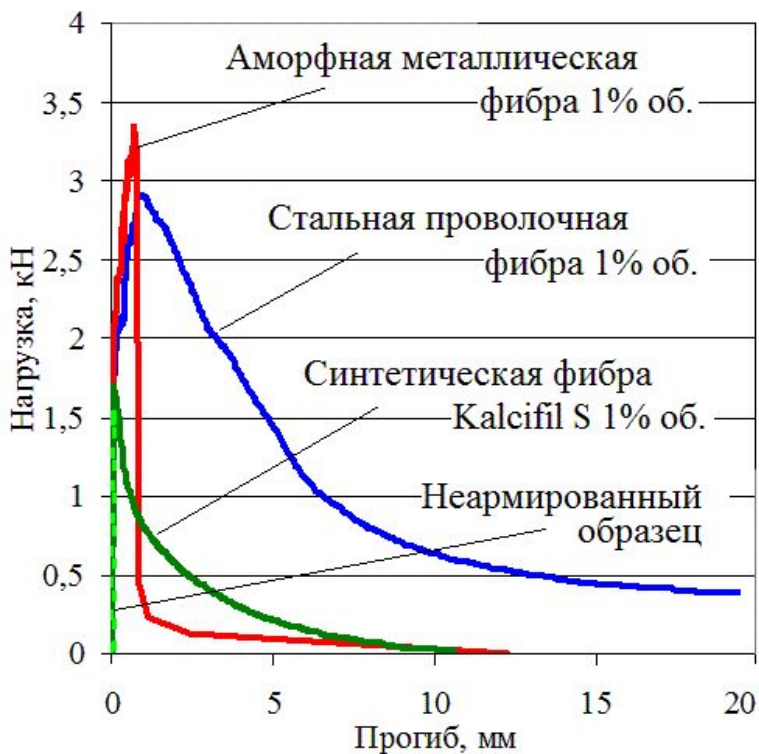
## Результаты экспериментального исследования свойств фибробетонов, проведенного с применением разработанной методики



*Зоны упругих деформаций экспериментальных диаграмм разрушения фибробетона*

# Результаты экспериментального исследования свойств фибробетонов, проведенного с применением разработанной методики

Результаты определения характеристик трещиностойкости и модуля упругости фибробетона по экспериментальным диаграммам



Характеристика трещиностойкости	Вид фибры / объемное содержание						
	Неармированный образец	Kalcifil S / 0,5%	Kalcifil S / 1%	Аморфная / 1%	Аморфная / 1,5%	Проволоочная / 1%	Проволоочная / 2%
$G_c^*$ – условные удельные энергозатраты на упругопластическое деформирование до образования магистральной трещины, Дж/м <sup>2</sup>	1,58	2,7	6,2	526	593	588	1571
$G_i^*$ – условные удельные энергозатраты на статическое разрушение до момента начала движения магистральной трещины, Дж/м <sup>2</sup>	10	11,12	12,91	537	605	597	1581
$G_f^*$ – условные удельные эффективные энергозатраты на статическое разрушение, Дж/м <sup>2</sup>	14	604	1077	706	913	6425	13236
$K_c^*$ – условный критический коэффициент интенсивности напряжений, МПа·м <sup>0,5</sup>	0,62	0,68	0,69	1,36	1,71	1,54	2,01
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	4,34	4,7	4,81	9,38	10,5	8,21	13,87
Модуль упругости, МПа*10 <sup>3</sup>	30	32	34	38	40	37	39

Спасибо за внимание!