

УДК 681

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КЕРАМЗИТОБЕТОНА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ



### IMPACT TOUGHNESS STUDY OF EXPANDED CLAYDITE STRUCTURE

**Крамаренко Аркадий Викторович**

Кандидат технических наук, доцент,  
доцент Центра архитектурно-конструктивных решений  
и организации строительства,  
Тольяттинский государственный университет

**Власов Станислав Александрович**

студент,  
Тольяттинский государственный университет

**Аннотация.** В данной статье приведен анализ результатов исследований зависимости ударной вязкости от объемного содержания и степени гидратации цементного камня, на примере керамзитобетона. На основании проведенных экспериментов, в статье описывается, что увеличение относительного объемного содержания наполнителей (в пределах половины объема) приводит к нелинейному росту ударной вязкости керамзитобетона, а максимальное значение ударной вязкости зафиксировано для образцов 15 суточного твердения.

**Ключевые слова:** вязкость разрушения, гидратация цементного камня, ударная вязкость.

**Kramarenko Arkady Viktorovich**

Candidate of Science, Associate Professor,  
Togliatty State University

**Vlasov Stanislav Alexandrovich**

Student,  
Togliatty State University

**Annotation.** This article analyzes the results of the impact viscosity dependence on the volume content and degree of hydration of cement stone, using the example of expanded claydite concrete. On the basis of the conducted experiments, the article describes that the increase in the relative volumetric content of fillers (within half of the volume) leads to a nonlinear growth of impact toughness of expanded claydite concrete, and the maximum value of impact toughness is fixed for samples 15 days of hardening.

**Keywords:** fracture toughness, hydration of cement stone, impact toughness.

Основными наиболее важными свойствами строительных материалов являются прочность, водостойкость, морозостойкость, теплопроводность, выщелачиваемость [1], а также их способность сопротивляться распространению трещин (вязкость разрушения). Вне зависимости от вида или качества материала, в нем, с течением времени, будут образовываться такие дефекты, как трещины, поры или надрезы. Под действием небольших внешних нагрузок, трещины, поры (и другие дефекты) будут разрастаться, что в итоге приведет к разрушению материала. Из этого следует то, что надежность строительных конструкций напрямую зависит от того, насколько хорошо материал сопротивляется распространению трещин.

В первую очередь, вязкость разрушения зависит от скорости деформирования. Один и тот же материал способен при небольших скоростях деформирования показывать себя как пластичный, но если к нему прикладывать ударную (динамическую) нагрузку, то он становится хрупким.

Так же стоит учитывать и форму материала. При испытании вытянутых тонких образцов, материал ведет себя как вязкий (пластичный), но если изменить форму на, к примеру, куб больших размеров, то он становится хрупким. Данное свойство, как правило, связывают с изменением напряженного состояния в верхней точки трещины – переходом от плоского напряженного к плоскому деформированному состоянию.

В данной статье, при помощи экспериментов было исследовано, какое влияние оказывает объемное содержание наполнителя и степень гидратационных процессов на ударную вязкость керамзитобетона.

Ударной вязкостью материала, называется его способность к поглощению механической энергии в процессе деформации или разрушения, под действием ударной нагрузки (динамической нагрузки).

Выбор керамзитобетона в качестве объекта для экспериментов обуславливается его изученностью и широким применением на рынке строительных материалов [3].

Керамзитобетон [4, 5] испытывали на ударную вязкость  $\alpha_H$  по методу Шарпи, при помощи маятникового копра. Принцип работы маятникового копра заключается в измерении энергии, которая затрачивается на разрушение образца единичным ударным нагружением. Количество потенциальной и остаточной энергии показывается на мониторе ПК, либо на шкале аппарата.

Для оценки динамической прочности принята величина работы, расходуемой при ударном изломе керамзитобетона на маятниковом копре, отнесенная к рабочей площади поперечного сечения образца. Схема приложения нагрузки к образцу показана на рисунке 1.

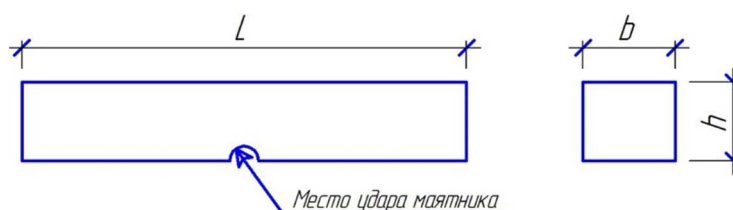


Рисунок 1 – Схема испытания керамзитобетона на ударную вязкость

На рисунке 1 показано место, куда будет наноситься удар ножа маятник, по методу Шарпи.

Для проведения эксперимента был выбран размер образцов равный 40×40×100 мм. Бетонная смесь замешивалась при помощи бетономесителя [2]. Содержание керамзитного наполнителя составляло 0, 10, 20, 30, 40, 50 % по массе, а размер гранул – 4,5 мм. В роли вяжущего использовался цемент марки М 500. Испытывались образцы разного возраста отверждения (1, 3, 10, 15, 30 суток), которые выдерживались в стандартных комнатных условиях.

Ударную вязкость  $\alpha_H$  в Дж/м<sup>2</sup> определяли по формуле 1:

$$\alpha_H = \frac{A_H}{S}, \quad (1)$$

где  $A_H$  – работа образца на излом, Дж;  $S$  – площадь поперечного сечения образца в месте надреза, м<sup>2</sup>.

Работа образца на излом  $A_H$  в Дж определяется по формуле 2:

$$A_H = A - A_c, \quad (2)$$

где  $A$  – суммарная работа образца керамзитобетона, Дж;  $A_c$  – работа совершаемая на преодоление вредных сопротивлений, Дж.

Результаты испытаний на ударную вязкость  $\alpha_H$  сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента образцов керамзитобетона на ударную вязкость

	Ударная вязкость $\alpha_H$ в Дж/м <sup>2</sup> ·10 <sup>3</sup> для образцов разного возраста твердения				
	Возраст твердения образцов t, в сутках				
	1	3	10	15	30
V = 0 %	1,73	15,07	15,56	16,13	14,98
V = 10 %	5,03	20,01	20,08	21,22	17,28
V = 20 %	8,51	24,40	25,64	26,31	19,31
V = 30 %	8,51	27,55	30,10	31,15	23,32
V = 40 %	8,52	29,12	34,20	36,40	25,44
V = 50 %	8,53	30,02	35,21	40,01	28,50

На основании таблицы 1, был составлен график зависимости ударной вязкости от количества содержания наполнителя по объему, изображенный на рисунке 2.

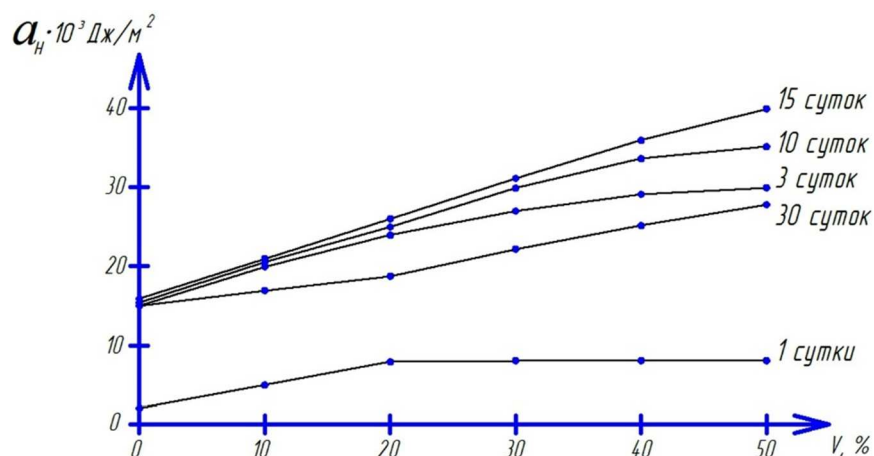


Рисунок 2 – Зависимость ударной вязкости от количества содержания наполнителя по объему

Таким образом, исходя из полученных результатов эксперимента, следует вывод что:

- вне зависимости от возраста образца, ударная вязкость возрастала с увеличением объемного содержания наполнителя;
- максимальное значение ударной вязкости зафиксировано для образцов 15 суточного твердения и была равна  $40 \cdot 10^3$  Дж/м<sup>2</sup>, а дальнейшее увеличение времени выдерживания образцов приводило к снижению ударной вязкости;
- увеличение времени отвердевания образцов керамзитобетона приводило к увеличению ударной вязкости, но лишь до 15 суток, а далее увеличения либо не происходило, либо происходил спад ударной вязкости.
- стандартное твердение керамзитобетона (30 суток) приводит к небольшому снижению ударной вязкости, что можно объяснить завершением гидратационных процессов.

### Литература

1. Kramarenko A.V. Practical researches to increase leaching resistance on fine concrete for vibro-pressed product / A.V. Kramarenko, I.I. Esenkov // Materials science forum. – 2018. – С. 589–593.
2. Крамаренко А.В. Универсальный бетоносмеситель / А.В. Крамаренко [и др.]; Военный инженерно-технический университет; Патент на изобретение. – 2007.
3. Крамаренко А.В. Перспективные направления исследований керамзитобетона / А.В. Крамаренко, А.В. Голова // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – С. 371–373.
4. Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе магнезиального цемента / Д.Е. Горячев, А.В. Крамаренко // Инновационная наука. – 2017. – № 5. – С. 61–63.
5. Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой фосфорного шлака автоклавного закаливания / А.В. Крамаренко, М.Н. Путилова // Символ науки. – 2017. – № 5. – С. 203–205.

### References

1. Kramarenko A.V. Practical researches to increase leaching resistance on fine concrete for vibro-pressed product / A.V. Kramarenko, I.I. Esenkov // Materials science forum. – 2018. – P. 589–593.
2. Kramarenko A.V. Universal concrete mixer / A.V. Kramarenko [et al]; Military engineering-technical university; Patent for invention. – 2007.
3. Kramarenko A.V. Perspective directions of the expanded claydite concrete researches / A.V. Kramarenko, A.V. Golova // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2019. – P. 371–373.
4. Kramarenko A.V. Keramsit-concrete with an additive of a gypsum-cement-puzzolana binder on the magnesia cement basis / D.E. Goryachev, A.V. Kramarenko // Innovative science. – 2017. – № 5. – P. 61–63.
5. Kramarenko A.V. Keramsit-concrete with addition of the autoclave hardening phosphorus slag / A.V. Kramarenko, M.N. Putilova // Symbol of science. – 2017. – № 5. – P. 203–205.