

01.04.00 - ФИЗИКА

01.04.00 - ФИЗИКА

01.04.00 - PHYSICS

---

---

01.04.07 Физикаи ҳолатҳои конденсӣ

01.04.07 Физика конденсированного состояния

01.04.07 Physics of condensed state

УДК 691.666.9

ББК 35 : 41 : 38.626.1

В 17

**ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ  
ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ОТ  
ОБЪЕМНОГО СОДЕРЖАНИЯ  
КЕРАМЗИТА И  
ПЕНОПОЛИСТИРОЛА В  
УСЛОВИЯХ СЖАТИЯ**

*Валиев Рустам Мухаматович – кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой общей физики и физики твёрдого тела ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Бободжона Гафурова» (Республика Таджикистан, г. Худжанд), e-mail: rustamv1972@mail.ru*

*Кодиров Бахтиёр Абдурахмонович – PhD-докторант кафедры общей физики и физики твёрдого тела, ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Бободжона Гафурова» (Республика Таджикистан, г. Худжанд), e-mail: bakhtiyour.89@gmail.com*

**ВОБАСТАГИИ МУСТАҲКАМИИ  
САНГИ СЕМЕНТ АЗ ҲИССАИ  
ҲАҶМИИ КЕРАМЗИТ ВА  
ПЕНОПОЛИСТИРОЛ ДАР  
ТАРКИБИ ОН ДАР ШАРОИТИ  
ТАЗЪИҚ**

*Валиев Рустам Мухаматович – номзоди илмҳои физика-математика, мудири кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахт-и Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи академик Б. Гафуров (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хуҷанд), e-mail: rustamv1972@mail.ru*

*Қодиров Бахтиёр Абдурахмонович – PhD-докторанти кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахт-и Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи академик Б. Гафуров (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хуҷанд), e-mail: bakhtiyour.89@gmail.com*

**DEPENDENCE OF BREAKING  
STRENGTH OF CEMENT STONE  
ON VOLUME CONTENT OF  
KERAMZITE AND POLYSTYRENE  
FOAM UNDER COMPRESSION  
CONDITIONS**

*Valiev Rustam Muhamatovich – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department General Physics and Physics of Solids Khujand State University named after academician Bobojon Gafurov (Khujand, Republic of Tajikistan), e-mail: rustamv1972@mail.ru*

*Kodirov Bakhtiyor Abdurahmonovich – PhD-Doctorant of the Department General Physics and Physics of Solids, Khujand State University named after academician Bobojon Gafurov (Khujand, Republic of Tajikistan), e-mail: bakhtiyour.89@gmail.com*

**Ключевые слова:** композиционные материалы, цемент, керамзит, пенополистирол, прочность разрушения, условия сжатия.

Приведены результаты опытов по определению прочности разрушения композитов на основе цемента в зависимости от объемного содержания наполнителей – керамзита и пенополистирола - в условиях сжатия.

**Вожаҳои калидӣ:** маводҳои таркибӣ, семент, керамзит, пенополистирол, мустаҳкамии вайроншавӣ дар шароити тазъиқ.

Дар мақола натиҷаи таҷрибаҳо доири муайян кардани мустаҳкамии вайроншавии маводҳои таркибӣ дар асоси семент аз таркиби ҳаҷмии пуркунандаҳо – керамзит ва пенополистирол дар шароити тазъиқ оварда шудаанд.

**Key words:** *compositional materials, cement, keramzite, polystyrene, breaking strength under compression condition*

*The article presents the experimental results of determining the fracture strength of composites based on cement depending on the volumetrical content of stuff - keramzite and polystyrene under compression.*

Научно-технический прогресс в строительной отрасли предполагает применение новых и эффективных строительных материалов с различным комплексом свойств, различного назначения.

В течение длительного времени основными строительными материалами были древесина, керамика, сталь, бетон и железобетон. С развитием научно-технического прогресса и строительной индустрии в строительную практику во второй половине XX века стали интенсивно внедряться новые материалы - композиционные строительные материалы, без которых сегодня не осуществимо строительство большинства объектов промышленного, гражданского и жилого комплексов.

Композиционные строительные материалы представляют собой многофазные системы, состоящие из двух или более мономатериалов с различными свойствами. Вследствие рационального сочетания нескольких исходных компонентов образуются новые материалы с заданными свойствами, не присущими исходным компонентам, но сохранившими, в то же время, индивидуальные особенности каждого из них.

Цель создания композиционных строительных материалов - улучшение тех или иных свойств по сравнению с такими свойствами исходных компонентов, как механические, теплофизические, а также химическая стойкость, долговечность и т.п., или снижение себестоимости материалов, в том числе и за счет применения различных отходов [1].

В настоящей статье приведены результаты исследования зависимости прочности композита на основе цементного камня от объемного содержания наполнителей – керамзита и пенополистирола - в условиях сжатия.

Эксперименты проводились на лабораторных образцах кубической формы размерами 50x50x50 мм (рис. 1). Состав образцов: цементный камень и композиты на основе цементного камня и керамзита, а также цементного камня и пенополистирола следующего объемного соотношения: 90/10, 80/20, 70/30, 60/40. Фракция гранул керамзита и пенополистирола составляла не более 5 мм. Водоцементное соотношение составляло 0,4 от общего объема.



Рис. 1. Лабораторные образцы композитов.

Образцы после заливки в форму высушивались при комнатных условиях (23-25 °С). Затем образцы вынимали из формы и доводили до кондиции полного отвердевания в течение 28 суток по

стандарту. Далее образцы испытывали на прочность при сжатии методом контроля прочности путём разрушающего воздействия согласно ГОСТ 10180-2012. Прочность при сжатии в серии образцов определялась как среднеарифметическое значение прочности испытанных образцов в серии из трёх образцов – по двум образцам с наибольшей прочностью.

Опыты проводились на специальной установке – универсальной разрывной машине (рис. 2).



Рис. 2. Универсальная разрывная машина, модель ST 50.

Размеры разрушающейся поверхности каждого образца измерялись с погрешностью до 1 мм. Образцы помещались между пластинами пресса строго по центру. В течении всего процесса сжатия до разрушения образца значение сжимаемой силы фиксировалось специальной компьютерной программой, результаты которой представляются в виде графика зависимости силы от времени. Значение силы, при которой происходит разрушение образца, определяется характерным отрезком резкого уменьшения значения силы на специальной диаграмме (рис. 3).

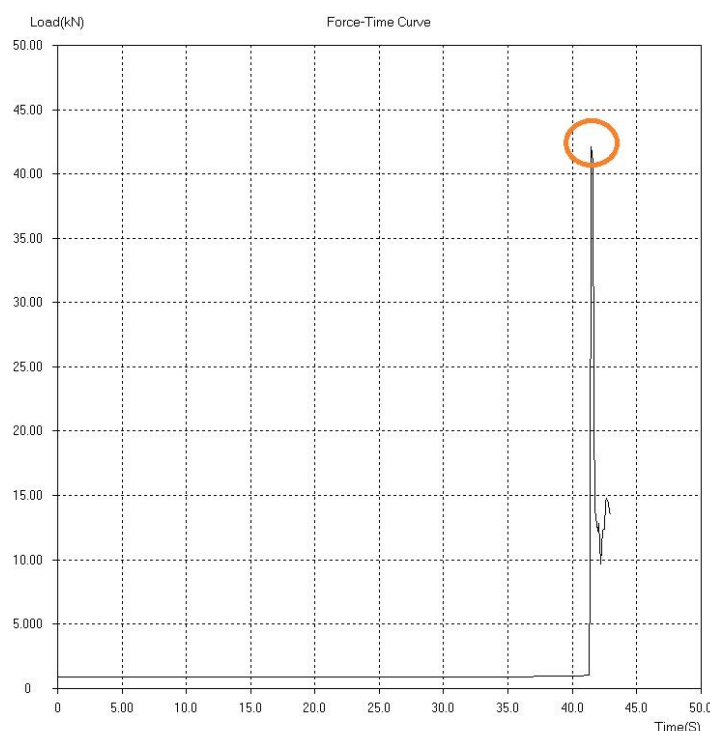


Рис. 3. Диаграмма сила-время. Овалом отмечен момент разрушения образца.

Прочность образца на сжатие  $R$  (МПа) определялась по формуле:

$$R = \frac{F}{A} K_w$$

где:  $F$  – разрушающая нагрузка, Н

$A$  – площадь рабочего сечения образца, мм<sup>2</sup>

$K_w$  – поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания. В нашем случае  $K_w = 1$ .

В таблице 1 приведены расчёты по измерению прочности на сжатие композита на основе цемента с наполнителем – керамзитом.

Таблица 1

Содержание образца	Поряд. номер образца	Площадь, $A$ , см <sup>2</sup>	Сила разрушения образца, $F$ , кН	Напряжение разрушения, $R_n$ , МПа	Прочность на сжатие, $R$ , МПа
Цемент (0%)	1	24,99	42,2	16,89	14,8
Цемент (0%)	2	25,48	33,3	13,07	
Цемент (0%)	3	24,99	36,1	14,45	
Цемент+Керамзит (10%)	1	26,52	49,2	18,55	17,7
Цемент+Керамзит (10%)	2	24,48	43,5	17,77	
Цемент+Керамзит (10%)	3	26,5	44,5	16,79	
Цемент+Керамзит (20%)	1	25	40,3	16,12	16,91
Цемент+Керамзит (20%)	2	24,96	41,7	16,71	
Цемент+Керамзит (20%)	3	24,91	44,6	17,90	
Цемент+Керамзит (30%)	1	25	38,4	15,36	14,69
Цемент+Керамзит (30%)	2	26,01	36,5	14,03	
Цемент+Керамзит (30%)	3	24,5	36	14,69	
Цемент+Керамзит (40%)	1	26	34,3	13,19	12,73
Цемент+Керамзит (40%)	2	25	31,5	12,60	
Цемент+Керамзит (40%)	3	24,5	30,4	12,41	

На рисунке 4 приведена диаграмма зависимости прочности на сжатие  $R$  композитов от объемного содержания керамзита  $k$ .

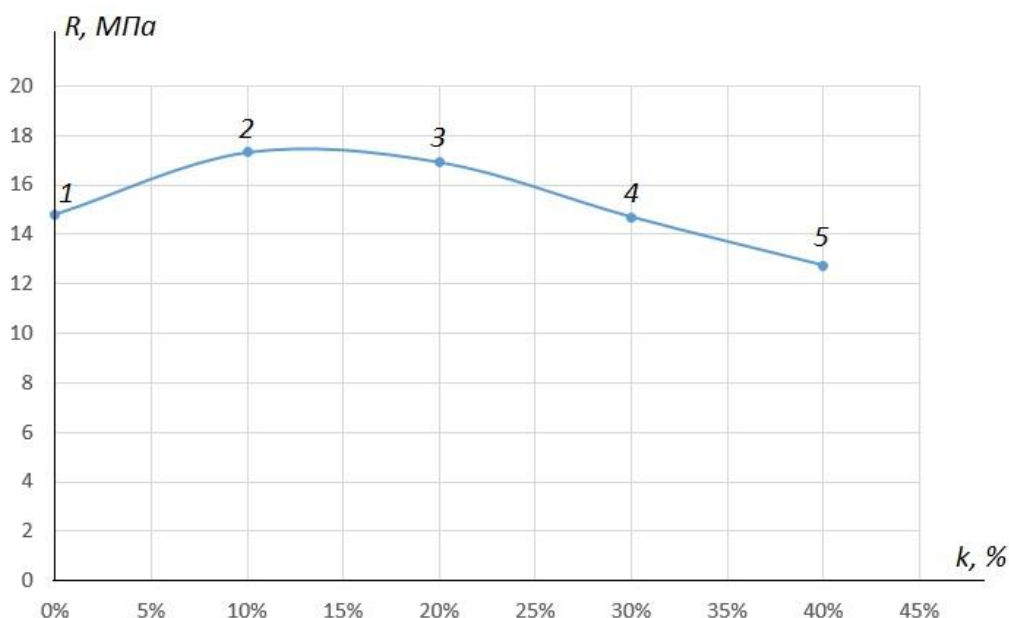


Рис. 4. Зависимость прочности композита на основе цементного камня от объемного содержания керамзита в условиях сжатия (1 – 0%, 2 – 10%, 3 – 20%, 4 – 30%, 5 – 40%).

По диаграмме видно, что добавление 10% керамзита увеличивает прочность на сжатие образца почти на 20%. Но постепенное увеличение объемного содержания керамзита приводит к уменьшению прочности на сжатие. При объемном содержании 40% керамзита в композите,

прочность становится меньше, чем прочность образца из чистого цемента. Это явление можно объяснить тем, что в образцах керамзитобетона с увеличением объемного содержания наполнителя также возрастает вероятность образования «сгустков» - плотно расположенных гранул, которые, по сути, являются готовым дефектом в структуре композита [2].

Ниже, в таблице 2 приведены расчёты по измерению прочности на сжатие композита на основе цемента с наполнителем – пенополистиролом.

Таблица 2

Содержание образца	Поряд. номер образца	Площадь, А, см <sup>2</sup>	Сила разрушения образца, F, кН	Напряжение разрушения, R <sub>n</sub> , МПа	Прочность на сжатие, R, МПа
Цемент (0%)	1	24,99	42,2	16,89	14,8
Цемент (0%)	2	25,48	33,3	13,07	
Цемент (0%)	3	24,99	36,1	14,45	
Цемент+Пенополистирол (10%)	1	24,91	23,4	9,39	9,54
Цемент+Пенополистирол (10%)	2	25	24,5	9,80	
Цемент+Пенополистирол (10%)	3	26,52	25	9,43	
Цемент+Пенополистирол (20%)	1	24,5	14,5	5,92	5,98
Цемент+Пенополистирол (20%)	2	24,48	14,2	5,80	
Цемент+Пенополистирол (20%)	3	24,91	15,5	6,22	
Цемент+Пенополистирол (30%)	1	27,54	12,5	4,54	4,51
Цемент+Пенополистирол (30%)	2	28,62	13,8	4,82	
Цемент+Пенополистирол (30%)	3	27,03	11,3	4,18	
Цемент+Пенополистирол (40%)	1	26,01	10,5	4,04	3,91
Цемент+Пенополистирол (40%)	2	24,48	9,8	4,00	
Цемент+Пенополистирол (40%)	3	25	9,2	3,68	

На рисунке 5 приведена диаграмма зависимости прочности на сжатие композитов R от объемного содержания пенополистирола k.

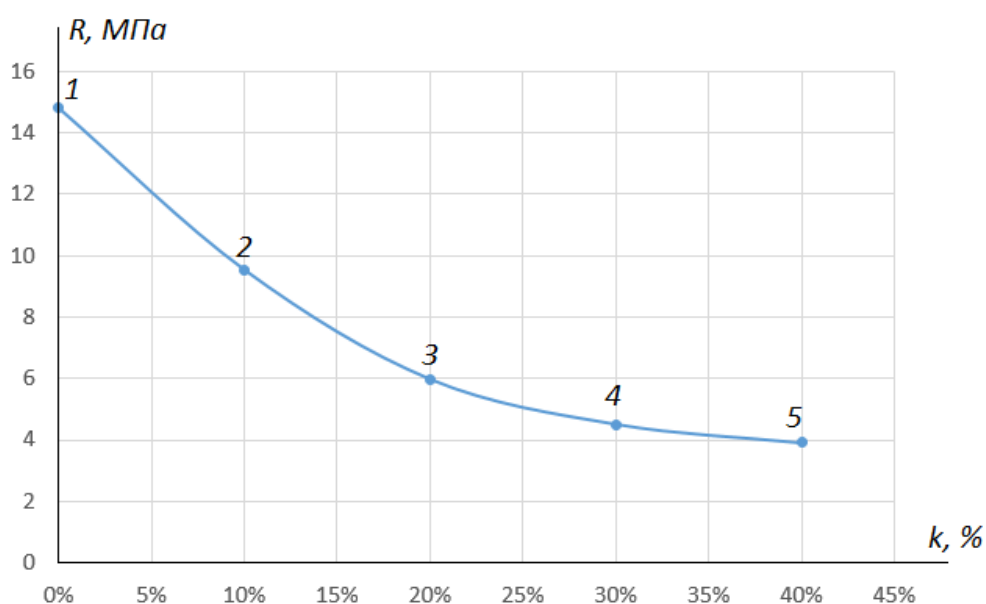


Рис. 5. Зависимость композита на основе цементного камня от объемного содержания пенополистирола (1 – 0%, 2 – 10%, 3 – 20%, 4 – 30%, 5 – 40%)

По диаграмме видно, что добавление пенополистирола уменьшает прочность на сжатие образцов. Добавление всего 10% пенополистирола в раствор цементного камня уменьшает прочность на 16,7%. Уменьшение прочности цементного камня при добавлении пенополистирола обуславливается очень малым удельным весом и высокими деформационными свойствами пенополистирола. Гранулы пенополистирола фактически играют роль пор внутри цементного камня, что приводит к уменьшению прочности последнего.

Кроме того, при визуальном осмотре поверхности испытанных образцов в месте разрушения материала было определено, что разрушение образцов происходит исключительно по контактному слою цементного камня, обнажая поверхность полистирольного зерна и плотной растворной части межзернового пространства. Это говорит о том, что адгезионное сцепление цементного камня с поверхностью полистирольного зерна незначительное, что также влияет на уменьшение прочности полистиролбетона [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Худяков В.А. Современные композиционные материалы [Текст] /В.А. Худяков, А.П.Прошин, С.Н. Кислицына . -М.: Издательство АСВ, 2006. – 144 с.
2. Валиев, Р.М. Влияние внешних факторов на прочность композита на основе цемента [Текст] / А.Абдуманов, С. Н. Каримов, Р. М. Валиев, З. Н. Юсупов //Учёные записки ХГУ им. Б.Гафурова. Худжанд, 2003.-№6.-С.8-13.
3. Беляков В.А. Прочностные, деформационные и эксплуатационные свойства полистиролбетона для строительных конструкций и изделий [Текст] /В.А. Беляков: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия. -Екатеринбург, 2010.
4. Регель, В.Р. Кинетическая природа прочности твердых тел [Текст]: / В.Р.Регель., А.И.Слущер., Э.Е.Томашевский // - М., «Наука», 1974.-560с .
5. Карташов, Э.М. Структурно-статистическая кинетика разрушения полимеров [Текст]: / Э.М.Карташов, Б.Цой, В.В.Шевелев// -М., «Химия», 2002. -734 с.
6. Огородников В.А. Основы физики прочности и механики разрушения / В.А.Огородников, В.А.Пушков, О.Л.Тюпанова// - Соров, ФГУП. «РФЯЦ – ВНИИЭФ», 2007. 452 с.
7. Журков, С.Н. Кинетическая концепция прочности твердых тел // С.Н. Журков // Вестник АН СССР, 1968, № 3, С.46-52.
8. Финкель, В.М. Физика разрушения [Текст] /В.М.Финкель// М.: «Металлургия», 1970г. С. 376.
9. Красовский, А.А. Физические основы прочности [Текст]/ А.А. Красовский // Киев, «Наукова думка», 1977.- 139 с.

## REFERENCES

1. Khudyakov V. A. Modern Composite Materials [Text]/V. A. Khudyakov, A. P. Proshin, S. N. Kislytsyna//. – М.: Publishing House ASV, 2006.-144p.
2. Valiev R. M. The influence of external factors on the strength of a composite based on cement [Text]/A. Abdumanonov, S. N. Karimov, R. M. Valiev, Z.N. Yusupov // Scientific Notes Kh.S. U. named after B. Gafurov.- Khujand, 2003. - № 6. – pp.8-13
3. Belyakov V. A. Strength, deformation and performance properties of polystyrene concrete for building structures [Text] /V. A. Belyakov // Dissertation for the degree of technical sciences, specialty 05.23.05 – Building materials and products. - Yekaterinburg, 2010.
4. Regel, V.R. Kineticheskaya priroda prochnosti tvyordikh tel [Text]: / V.R. Regel., A.I. Slutsker., E.E. Tomashevsky // - М., «Наука», 1974.-560p.
5. Kartashov, E.M. Strukturno-statisticheskaya kinetika razrusheniya polimerov [Text]: / E.M. Kartashov, B. Tsoy, V.V. Shevelev// -М., «Khimiya», 2002. -734 p.
6. Ogorodnikov V.A. Osnovi fiziki prochnosti i mekhaniki razrusheniya / V.A. Ogorodnikov, V.A. Pushkov, O.L. Tyupanova// - Sorov, FGUP. «RFYaTs – VNIIEF», 2007. 452 p.
7. Zhurkov, S.N. Kineticheskaya konsepsiya prochnosti tvordikh tel // S.N. Zhurkov // Vestnik AN SSSR, 1968, № 3, pp.46-52.
8. Finkel, V.M. Fizika razrusheniya [Text] /V.M.Finkel// М.: «Metallurgiya», 1970. p. 376.
9. Krasovsky, A.A. Fizicheskie osnovi prochnosti [Text]/ A.A. Krasovsky // Kyev, «Naukova dumka», 1977.- 139 p.