

**ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМЗИТОБЕТОНА В УСЛОВИЯХ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА**

Саттор Холмирзаев

Наманганский государственный технический университет

**Аннотация**

В статье изложено результаты научных исследований по влиянию сухого жаркого климата на физико-механические свойства керамзитобетона. Проанализированы результаты научных исследований посвященных влиянию сухого жаркого климата на температурные и усадочные деформации керамзитобетона. а также результаты экспериментальных исследований проведенных автором из керамзитобетона по определению предельной сжимаемости керамзитобетона эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата.

**Ключевые слова:** бетон, прочность, деформация, напряжение, сухой жаркий климат, относительная влажность, предельная сжимаемость, керамзитобетон, трещинообразования, усадка, климатическая температура, относительная влажность, высокая температура.

**Introduction****ВВЕДЕНИЕ**

Работа железобетонных конструкций, их прочностные и деформативные характеристики в условиях сухого жаркого климата отличаются от прочностных и деформативных характеристик в нормальных температурно-влажностных условиях. В условиях сухого жаркого климата прочность бетона уменьшается, увеличивается прогиб и ширина раскрытия трещин в железобетонных конструкциях при длительно-действующих нагрузках. При не учете воздействий этих факторов существенно снижается качество и долговечность железобетонных конструкций за счет продолжительного циклического воздействия повышенных температур и пониженной влажности.

В связи с этим, в главе ШНК 2.03.01.-24 [1] указывается, что для незащищенных от солнечной радиации, конструкции предназначенных для эксплуатации в климатическом подрайоне IVA, при расчете должны учитываться температурные климатические воздействия. Согласно [1] при расчете прочности, деформаций и трещиностойкости железобетонных конструкций необходимо расчетные сопротивления бетона сжатию и растяжению умножать на коэффициент условий работы  $\gamma_b = 0,85$  и модуль упругости бетона на коэффициент  $\beta_b = 0,85$  которые учитывают неблагоприятные воздействия климатических условий.

Повышенная температура и низкая относительная влажность окружающей среды приводят к возникновению значительных температурно-усадочных деформаций и напряжений. Следовательно, конструкции, незащищенные от солнечной радиации, имеют повышенное трещинообразование температурно-усадочного характера.

Твердение керамзитобетона в условиях сухого жаркого климата приводят к изменению его прочности в сравнении с аналогичной характеристикой, «получаемой» для керамзитобетона в нормальных температурно-влажностных условиях. Эти изменения в основном связаны с физико-химическими процессами, происходящими в твердеющем керамзитобетоне во времени, которые обуславливают закономерности «проявления» прочностных характеристик. Совместное переменное суточное и сезонное воздействие температуры, солнечной радиации и низкой относительной влажности приводит к снижению прочности. При этом это изменение зависит от возраста керамзитобетона. Для установления характера изменения прочности во времени были проведены испытания на сжатие конструкционного керамзитобетона, находящегося в нормальных условиях, в цеху при постоянном режиме, на открытом воздухе в тени и в условиях солнечной радиации.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенные испытания образцов в 28, 90, 180, 360 - суточном возрасте показало, что керамзитобетон в сухом жарком климате имеет более интенсивный рост прочности в начальный период до 28 суток. Это можно объяснить тем, что низкая влажность воздуха не препятствует гидратации цемента, так как поступление воды в гель происходит из зерен заполнителя. Высыхание керамзитобетона не вызывает в нем деструктивные процессы. Однако дальнейший рост прочности в образцах, хранившихся в нормальных условиях и при постоянном режиме более интенсивен, чем в образцах, хранившихся под солнечной радиацией.

Прочность в возрасте 90 суток у образцов, хранившихся в нормальных условиях и под солнечной радиацией, были практически одинаковыми (табл.1). Рост призмной прочности керамзитобетона находящихся под солнечной радиацией и в нормальных условиях составлял соответственно 12-30% за год по отношению к 28 суткам. Согласно опытным данным прочность керамзитобетона на растяжение, находящегося под воздействием солнечной радиации меньше, чем прочность керамзитобетона на растяжение, находящегося в нормальных температурно-влажностных условиях. Как видно из таблицы 1. имеется тенденция отставания во времени роста прочности керамзитобетона на растяжение в природных условиях от аналогичных характеристик, полученных в нормальных условиях. Из проведенного анализа можно сделать вывод, что независимо от методики испытаний прочность на растяжение керамзитобетона при твердении в природных условиях (в среднем на 10%) меньше, чем образцов, хранившихся в нормальных условиях. Поэтому коэффициент условия работы керамзитобетона при растяжении рекомендуется принимать  $\gamma_{nr} = 0,9$

В соответствии с КМК 2.03.01-96 оценка влияния сухого жаркого климата на прочность бетона рекомендуется учитывать коэффициентом условия работы  $\gamma_{b7} = 0,85$ . Однако результаты опытных данных показывает, что для керамзитобетона этот коэффициент равен 0,92. Для практического применения в первом приближении принимаем  $\gamma_{b7} = 0,9$  Наибольшее значение модуля упругости керамзитобетона в 28 суточном возрасте получено при хранении призм в нормальных условиях. В возрасте 90 суток модуль

упругости керамзитобетона в нормальных условиях увеличился на 17%, а под солнечной радиацией практически не изменился от величины модуля упругости бетона в возрасте 28 суток (табл. 1)

Такое явление связано с динамикой высыхания керамзитобетона. Интенсивное высыхание керамзитобетона и более быстрая гидратация цемента при повышенных температурах в условиях сухого жаркого климата уменьшает прирост модуля упругости в начальный период твердения.

Рост модуля упругости в возрасте 360 суток составляет: при хранении в нормальных условиях - 24%; в цеху - 17%; в тени под навесом - 13%. При расчете железобетонных конструкций из керамзитобетона требование КМК 2.03.01-96 о снижении модуля упругости на 15% для незащищенных от солнечной радиации можно считать справедливым.

Таблица 1. Влияние возраста на прочностные и деформативные свойства керамзитобетона.

Условия хранения	Возраст, сутки	Объёмный вес кгс/м <sup>3</sup> в естественно м состоянии	$R$ , Мпа	$R_e$ , МПа	$K_{ec}$	$E_e$ Мпа	$\varepsilon_{ec} \cdot 10^{-5}$
В нормальных условиях.	28	1600	16,5	13,7	0,83	13000	190
	60	1590	18,8	14,0	0,78	13800	194
	90	1570	18,6	14,3	0,76	15300	197
	180	1560	20,7	15,4	0,74	15800	208
	360	1560	23,2	16,8	0,72	16100	215
В цеху при постоянном режиме.	28	1610	17,6	14,0	0,79	12700	195
	60	1600	17,9	14,1	0,79	12900	202
	90	1590	18,4	14,2	0,79	13700	210
	180	1590	19,5	15,3	0,78	14600	224
	360	1570	216	16,1	0,74	14900	236
В тени под навесом.	28	1560	17,3	13,8	0,79	12700	199
	60	1480	18,0	13,9	0,77	12600	200
	90	1470	18,2	14,1	0,78	13100	208
	180	1450	19,4	15,1	0,77	13300	233
	360	1450	263	15,8	0,73	14000	245
Под солнечной радиацией.	28	1540	17,9	14,1	0,78	12400	205
	60	1520	18,1	14,2	0,78	12500	205
	90	1500	18,3	14,4	0,78	12500	241
	180	1480	19,04	14,9	0,78	13200	237
	360	1480	20,8	15,2	0,74	14000	259

Исследования показали, что для керамзитобетона с прочностью на сжатие 16,0 МПа снижение модуля упругости в условиях сухого жаркого климата составляет не более 24-13=11%. Рекомендуется модуль упругости керамзитобетона в условиях сухого жаркого климата определять по формуле:

$$E_e = 3130 \cdot \rho \cdot \sqrt[3]{R} \cdot \beta_B \quad (1)$$

где  $\rho$  - средняя плотность бетона, т/м<sup>3</sup>;  $R$  - кубиковая прочность в МПа;

$\beta_B$  - коэффициент учитывающий снижение модуля упругости керамзитобетона в условиях сухого жаркого климата.

Значение этого коэффициента определяется по формуле:

$$\beta_e = E_{bt} / E_b, \quad (2)$$

где  $E_{bt}$  - модуль упругости керамзитобетона находящегося в условиях сухого жаркого климата;  $E_b$  - модуль упругости аналогичного бетона хранившегося в нормальных условиях. Для расчета железобетонных элементов из керамзитобетона в условиях сухого жаркого климата, независимо от условий хранения и твердения, рекомендуется принимать  $\beta_e = 0,85$ .

Коэффициент упругости  $\bar{V}$  керамзитобетона при воздействии солнечной радиации и на открытой площадке защищенные от солнечной радиации больше, чем аналогичного керамзитобетона находящегося в нормальных условиях на всех ступенях кратковременного нагружения. При уровне напряжений  $0,5R_b$  значения коэффициента  $\bar{V}$  для керамзитобетона, находящегося под солнечной радиацией и на открытой площадке, защищенной от солнечной радиации на 5-7%, а при уровне напряжений  $0,9 R_b$  соответственно на 16-20% выше аналогичных значений для керамзитобетона находящегося в нормальных условиях. Наибольшие значения  $\bar{V}$  имеет керамзитобетон находящейся на солнце (от 0,96 до 0,70), а наименьшее значение керамзитобетон, находящегося в нормальных условиях (от 0,96 до 0,50). Для керамзитобетона, находящегося в цеху, коэффициент  $\bar{V}$  имеет промежуточное значение. С увеличением уровня напряжений увеличивается разница в значениях  $\bar{V}$  для различных условий хранения керамзитобетона.

Несколько другой вывод вытекает по изменению предельной сжимаемости керамзитобетона в условиях сухого жаркого климата. При этом изменение предельной сжимаемости керамзитобетона находятся в зависимости от условия твердения керамзитобетона. Так по опытным данным таблицы 10 можно установить, что предельная сжимаемость керамзитобетона твердевшего под влиянием солнечной радиации на 11% больше по сравнению с керамзитобетоном твердевшего в нормальных условиях.

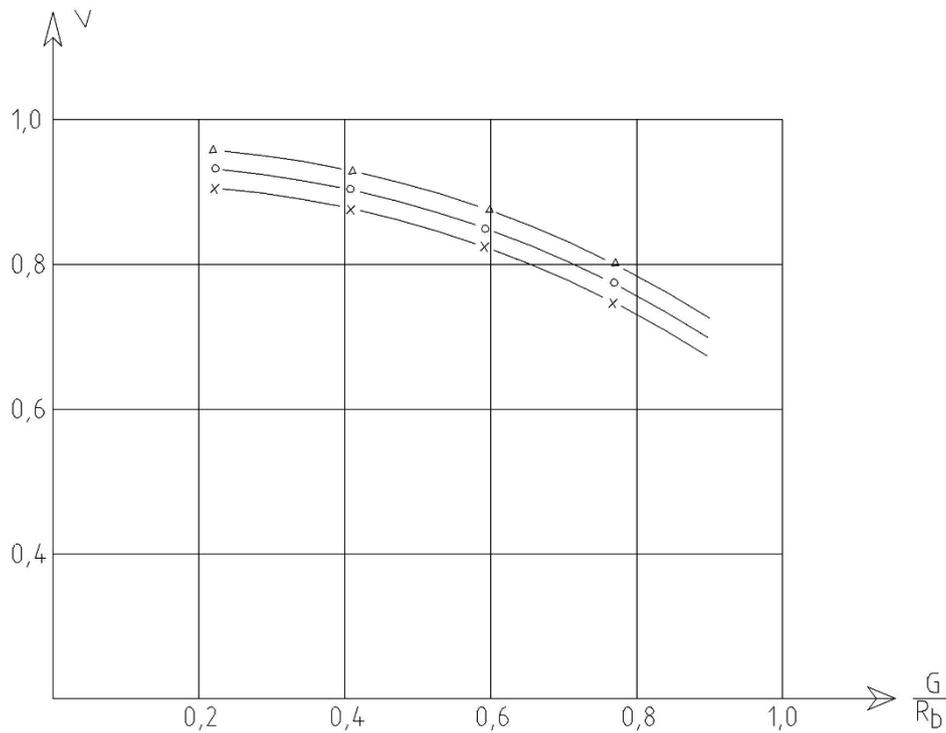


Рис.1 Коэффициент упругости керамзитобетона

$\Delta$ - под солнечной радиацией и в тени под навесом;  $\bullet$ - в цеху;  
 $\times$  - в нормальных условиях.

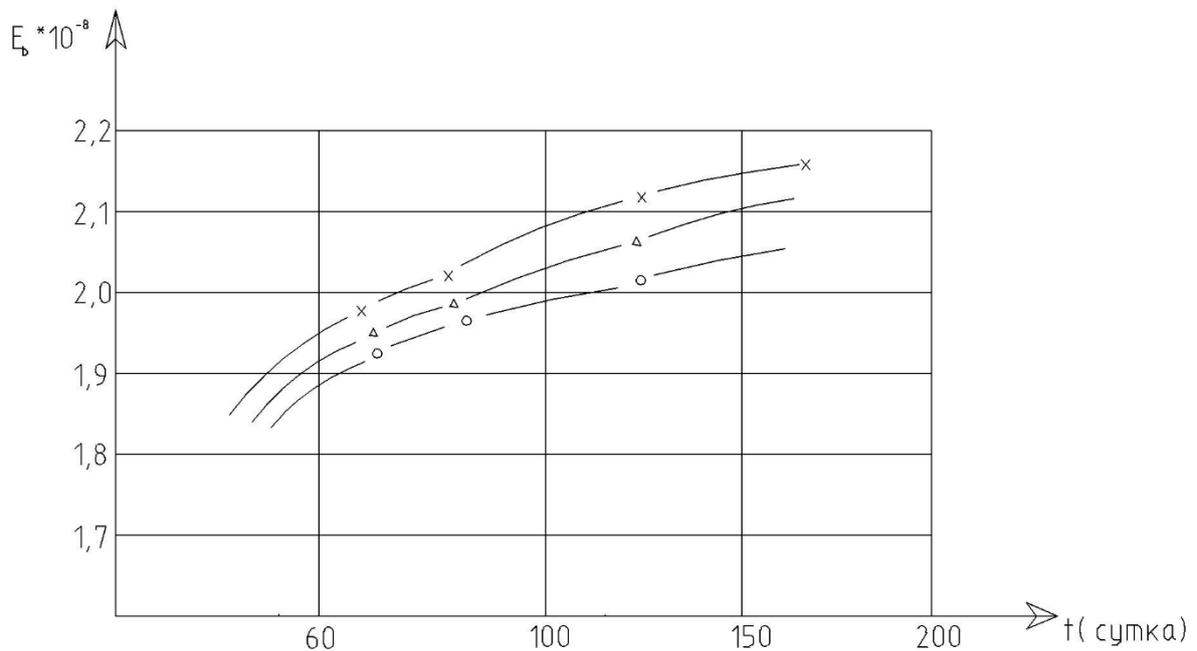


Рис. 2. Предельная сжимаемость керамзитобетона.

$\times$ - под воздействием солнечной радиации;  $\bullet$  - в нормальных условиях;  
 $\Delta$  - в тени под навесом.

Таблица 2. Изменение предельной сжимаемости в условиях сухого жаркого климата

№ п/п	Условия хранения	Предельная сжимаемость в возрасте суток $\epsilon_B \cdot 10^{-5}$				
		28	60	90	180	360
1	В нормальных условиях	190	194	197	208	215
2	При постоянном режиме	196	202	209	227	236
3	В тени под навесом	199	206	213	232	245
4	Под солнечной радиацией	202	210	219	237	249

Кроме того, по данным этой таблице можно также обнаружить зависимость предельной сжимаемости керамзитобетона в условиях сухого жаркого климата от возраста керамзитобетона, с ростом которого она имеет тенденцию к повышению. На основе этих исследований можно заключить и о существовании определенной связи между предельной сжимаемостью и начальным модулем упругости, а точнее между упругой составляющей предельной деформации и начальным модулем упругости керамзитобетона.

При анализе опытных данных по предельной сжимаемости керамзитобетона, суммарная предельная деформация была условно разделена на два компонента упругую и неупругую в соответствии с методикой [5]. Неупругие деформации указывают на пластические деформации в цементном камне и на развитие микроразрушений в структуре бетона по мере роста нагрузки вплоть до разрушения и имеют физическую природу, отличную от упругой составляющей. Наличие корреляционной связи между начальным модулем упругости керамзитобетона и его прочностью в условиях сухого жаркого климата ориентирует на такую зависимость и для предельной деформативности керамзитобетона.

#### Выводы

1. Результаты исследований показали, что фактические значения предельной деформации керамзитобетона в условиях сухого жаркого климата несколько больше, чем в нормальных условиях и колеблется в широких пределах в зависимости от его прочности и возраста приложения нагрузки. Изменения предельной сжимаемости керамзитобетона в условиях сухого жаркого климата рекомендуется принимать по табл.
2. Среднее значения отклонения предельной сжимаемости указывают на то, что их надо рассматривать в зависимости от возраста бетона к моменту приложения нагрузки и условий твердения.
2. По результатам экспериментальных исследований установлено, что между рассматриваемыми величинами существует достаточно тесная корреляционная связь, подчиняющаяся выражению следующего вида

$$\varepsilon_8 \cdot 10^{-5} = 36,1 \sqrt[3]{R^2}, \quad (3)$$

где  $R$  -кубиковая прочность бетона в момент приложения нагрузки, МПа.

3. По результатам экспериментальных исследований доказано, что выражение (3) подтверждает высказанную точку зрения о взаимосвязи предельной сжимаемости керамзитобетона в условиях сухого жаркого климата с его прочностью.

4. Результаты проведенных расчетов показали, что теоретические значения близки к опытным данным. При этом среднее значение отношения опытных данных к расчетам составило 1,05 при коэффициенте вариации 14,4%, что даёт основание рекомендовать выражение (3) для практического применения.

#### REFERENCES

1. ШНК 2.03.01.24. Бетонные и железобетонные конструкции. Министерство строительство и жилищно коммунального хозяйство Республики Узбекистан 2024г.
2. Milovanov A.F., Samoilenko V.N. Calculation of reinforced concrete structures for a dry hot climate (Calculation, design and testing of reinforced concrete structures intended for operation in a dry hot climate). - Tashkent: TashPI, 1990. С 4-6
2. S. A. Kholmiraev Temperature changes in columns made of heavy concrete in a dry hot climate. Scientific, technical and industrial journal "Concrete and reinforced concrete. 2001 #2
3. S.A. Kholmiraev N.Kh. Komilova Influence of dry hot climate on crack opening width of eccentrically compressed reinforced concrete elements . Privolsky Scientific Bulletin pp. 43-45, 2016
- 4 Abdujabbarovich X. S. et al. FIBROBETON AND PROSPECTS TO BE APPLIED IN THE CONSTRUCTION //Web of Scientist: International Scientific Research Journal. – 2022. – Т. 3. – №. 6. – С. 1479-1486.