

## О КОЭФФИЦИЕНТЕ ОДНОРОДНОСТИ КУКЕРМИТОВЫХ \* БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ

Р. П. РЕЙЗМАН,

кандидат технических наук

Одним из основных вопросов, решение которых необходимо для расчета конструкций, является правильное определение величины коэффициента однородности материала ( $\kappa$ ). Только зная величину  $\kappa$ , можно перейти от нормативных сопротивлений материала  $R^H$  к расчетным сопротивлениям  $R$ , используя известное из литературы [1] соотношение

$$R = \kappa R^H. \quad (1)$$

Величина коэффициента однородности материала, находясь в зависимости от рассеяния его прочностных свойств, в предварительном порядке может быть вычислена по следующей формуле [2]:

$$\kappa = \frac{R_{cp}}{R^H} \left( 1 - \frac{3\sigma}{R_{cp}} \right), \quad (2)$$

где  $R_{cp}$  — среднее значение прочности исследуемого материала и  $\sigma$  — среднее квадратичное отклонение того же показателя.

Как показали многочисленные исследования, величина  $\kappa_6$  для обычных бетонов может быть нормирована в пределах от 0,65 до 0,55, причем величина эта имеет в общем тенденцию уменьшаться вместе с величиной  $R^H$  и находится в зависимости от налаженности технологического процесса изготовления бетонов [1].

В связи с этим можно полагать, что для сланцезольных бетонов, имеющих обычно низкие марки, величина коэффициента однородности может быть еще меньшей.

Так как в настоящее время еще нет достаточного количества опытных данных, на основании которых можно было бы с достаточной точностью определить величину  $\kappa_6$  для сланцезольных бетонов, то ниже излагаются соображения о вероятной величине этого коэффициента.

Одна из теорем математической статистики гласит, что «суммарная дисперсия от ряда независимых факторов равна сумме дисперсий от этих же факторов» [3]. Используя эту теорему, можно сказать, что дисперсия прочности бетона  $D_6$ , равная квадрату среднего квадратичного отклонения ( $\sigma_6^2$ ), может быть выражена как сумма дисперсии вяжущего  $D_B = \sigma_B^2$  и дисперсии  $D_i$ , зависящей от всех прочих факторов, влияющих на прочность бетона, например от степени уплотнения смеси, случайных ошибок дозировки, гранулометрии инертных материалов и т. д., т. е.

$$D_6 = D_B + D_i. \quad (3)$$

\* Кукермитами называются местные вяжущие, изготавливаемые путем тонкого помола золы прибалтийского горючего сланца-кукерсита, сжигаемого в промышленных топках.

Поскольку рассеяние прочностных показателей портланд-цементных бетонов в настоящее время хорошо изучено и нормировано [2], то определение величины  $D_6$ , равной квадрату среднего квадратичного отклонения  $\sigma_6$ , легко может быть произведено на основании выражения (2), принимая  $R_{cp}$  равным  $R^H$ . Тогда при  $\kappa_6 = 0,6$  и  $R_{cp} = R^H$ .

$$0,6 = \frac{R_{cp}}{R^H} \left( 1 - \frac{3\sigma}{R_{cp}} \right) = \left( 1 - \frac{3\sigma}{R_{cp}} \right), \quad (4)$$

откуда  $\sigma_6 = 0,133 R^H$  и  $D_6 = 0,0176 R^H$ .

Если же теперь знать величину  $D_v$  для портланд-цемента, то из выражения (3) можно определить величину  $D_i$ .

В первом приближении дисперсия  $D_i$  может быть принята с достаточной точностью равной как для портланд-цементных, так и для кукуермитовых бетонов, так как факторы, влияющие на ее величину, не зависят от рода вяжущего. Зная же величину  $D_v$  для кукуермита, можно найти, используя полученное выше значение  $D_i$ , и величину  $D_6$  для кукуермитовых бетонов и соответственно  $\sigma$  и  $\kappa_6$  для них же.

Таким образом, для решения поставленной задачи необходимо знание дисперсии прочностных свойств для портланд-цемента и для кукуермита.

Автору не удалось найти ни в литературе, ни в специализированных научно-исследовательских организациях сведений о рассеянии прочностных показателей портланд-цемента и кукуермита. В связи с этим были обработаны данные лабораторных определений марки вяжущих некоторых заводов, изготавливающих цемент и кукуермит. Результаты определений приведены в табл. 1\*.

Для определения изменчивости вяжущих обрабатывались методом сумм данные о всей продукции завода без разделения на марки. Такой метод обработки должен был способствовать получению несколько завышенных показателей однородности для кукуермитовых бетонов, но в качестве первого приближения вполне допустим.

Как видно из таблицы, кукуермит гидравлический, выпускавшийся в 1956 году, не соответствовал техническим условиям [4] и поэтому в дальнейшем не исследовался. Из этой же таблицы следует, что изменчивость кукуермитов, характеризуемая величиной показателей изменчивости  $C_v$ , значительно больше изменчивости цементов. Это обстоятельство позволяет утверждать, что и показатели однородности кукуермитовых бетонов будут ниже, чем портланд-цементных. Далее из таблицы видно, что рассеяние обыкновенного улучшенного кукуермита меньше, чем кукуермита обыкновенного, имеющего более низкую марку, т. е. справедливо высказанное ранее предположение.

Зависимость между маркой вяжущего и величиной показателя изменчивости  $C_v$  показана на рис. 1. По этому графику, впредь до накопления достаточного числа опытных данных, можно рекомендовать производить определение величины  $C_v$  для вяжущих промежуточных марок.

Зная величину  $\sigma$  для кукуермитовых бетонов, легко вычислить и вели-

\* Данные таблицы взяты из научно-технического отчета ИССМ АН ЭССР за 1956 г. по теме «Основы расчета каменных конструкций из ячеистых известково-песчаных и сланцезольных бетонов», выполненной под руководством и при участии автора.

Автор считает необходимым выразить благодарность администрации заводов, любезно предоставивших необходимые данные, и мл. научн. сотруднику ИССМ АН ЭССР И. И. Штейну, производившему математическую обработку вышеуказанных данных.

Таблица 1

Показатели	Цемент		Кукермит		
	Завода им. Воровского	Подольского завода	Обыкновенный	Обыкновенный улучшенный	Гидравлический
Марка вяжущего $R^H$ , кг/см <sup>2</sup>	433*	274*	50	100	100
Значение средней прочности $R_{ср}$ (среднеарифметическое), кг/см <sup>2</sup>	488	282	59	103	65,6
Число использованных образцов $n$ , штук	150	180	290	151	150
Средняя ошибка среднего арифметического $m$ , кг/см <sup>2</sup>	$\pm 3,07$	$\pm 1,28$	$\pm 0,7$	$\pm 1,4$	$\pm 1,6$
Среднее квадратичное отклонение $\sigma$ , кг/см <sup>2</sup>	37,4	30,0	12,4	17,3	19,3
Показатель изменчивости $C_v = \frac{\sigma}{R_{ср}}$ , %	0,077	0,106	0,21	0,17	0,30
Показатель точности $T$	0,63	0,46	1,24	1,37	2,40
Показатель асимметрии $A$	-0,32	-0,49	0,74	0,81	1,02
Ошибка показателя асимметрии $m_A$	-0,20	0,105	0,145	0,12	0,20
Оценка существенности асимметрии $\frac{A}{m_A}$	1,60	4,6	5,1	4,05	5,08
Нормированный показатель однородности $\kappa_6$	0,65	0,60	—	—	—
Нормированная дисперсия бетона $D_6$ в долях от $R_{ср}$	0,0136	0,0177	—	—	—
Дисперсия вяжущего $D_v$ в долях от $R_{ср}$	0,00595	0,010	0,044	0,029	0,09
Вычисленная дисперсия для кукермитового бетона $D_6^{кук} = D_1 + D_v$ при $D_1 = 0,082$	—	—	0,0526	0,0376	—
Вычисленное $\frac{\sigma}{R} = C_v$ для кукермитовых бетонов	—	—	0,23	0,19	—
Период, за который выпускалась рассматриваемая продукция (от — до)	26 I — 13 II 1956	4 IX — 2 XI 1956	20V1954 — 25 II 1956	18 IV — 24 IX 1955	11 VII — 31VII1956

\* Среднеарифметическая марка вяжущего за рассматриваемый период.

чину коэффициента однородности, используя формулу (2) и зная, что  $\frac{\sigma}{R_{ср}} = C_v$ . Тогда для кукермитов марки «50»

$$\kappa_6 = \frac{59}{50}(1 - 3 \cdot 0,23) = 0,365, \quad (5)$$

для кукермитов марки «100»

$$\kappa_6 = \frac{103}{100}(1 - 3 \cdot 0,19) = 0,44. \quad (6)$$

Приведенные значения относятся к случаю приготовления бетонов по классу А. Для класса Б они должны быть понижены на 0,05. При этом необходимо иметь в виду, что эти величины носят предварительный характер и должны быть уточнены в процессе накопления опыта проектирования и осуществления конструкций из кукермитовых бетонов.

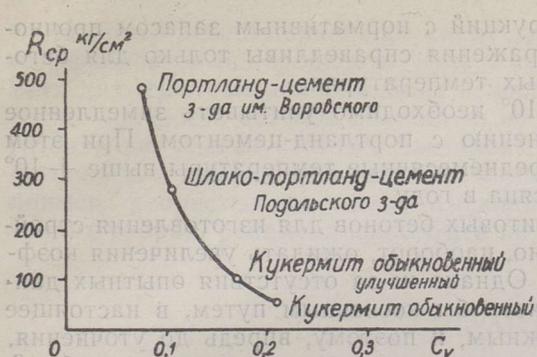


Рис. 1. Зависимость  $C_v$  от  $R_{cp}$  для некоторых вяжущих.

В тех же случаях, когда для приготовления бетонов применяется смешанное кукуермито-цементное вяжущее, можно рекомендовать принимать величину  $k_6$  средневзвешенной между значениями  $k_6$  для кукуермитовых и цементных бетонов.

Так, например, для бетона, состоящего из 60% портланд-цемента и 40% кукуермита марки «50», при приготовлении бетона по классу А величина коэффициента однородности может быть принята равной

$$0,60 \times 0,60 + 0,365 \times 0,40 = 0,36 + 0,15 = 0,51, \quad (7)$$

где 0,60 и 0,365 — величины  $k_6$  для цементного и кукуермитового бетонов, а величины 0,60 и 0,40 — доли этих вяжущих в смешанном вяжущем.

Ниже (табл. 2) помещены рекомендуемые показатели однородности для кукуермитовых бетонов в зависимости от их марки.

Вследствие отсутствия результатов испытаний на заводе-изготовителе, выяснить величины показателя однородности при растяжении для кукуермита обыкновенного улучшенного не удалось, и поэтому они взяты по аналогии с кукуермитом марки «50».

Таблица 2

Величины  $k_6$  для кукуермитовых бетонов

Вид напряженного состояния	Условия приготовления бетона	Значения $k_6$ для кукуермита марки	
		50	100
Сжатие осевое и при изгибе	А	0,365	0,44
	Б	0,315	0,39
Растяжение	А	0,29	0,38
	Б	0,25	0,33

В тех случаях, когда на строительстве вместо предусмотренного проектом цементного бетона применяют кукуермитовый бетон или бетон на смешанном вяжущем, необходимо, чтобы величины  $k_6$  и  $R^H$  для обоих бетонов были равны. Так, например, если проектом предусмотрен цементный бетон марки «100» и применяется смешанный кукуермито-цементный бетон, имеющий  $k_6 = 0,51$ , то марку последнего можно вычислить следующим образом:

$$100 \times 0,6 = R^H \times 0,51, \quad (8)$$

$$R^H = \frac{100 \times 0,6}{0,51} \approx 120 \text{ [кг/см}^2\text{]}. \quad (9)$$

Это обеспечит получение конструкций с нормативным запасом прочности. Все вышеизложенные соображения справедливы только для бетонов, твердеющих при нормальных температурах.

При температурах ниже  $+10^\circ$  необходимо учитывать замедленное твердение кукуермитов по сравнению с портланд-цементом. При этом необходимо иметь в виду, что среднемесячные температуры выше  $+10^\circ$  в ЭССР бывают только 3—4 месяца в году.

В случае применения кукуермитовых бетонов для изготовления стройдеталей методом пропарки можно, наоборот, ожидать увеличения коэффициента однородности бетона. Однако из-за отсутствия опытных данных определить его величину, хотя бы косвенным путем, в настоящее время не представляется возможным, и поэтому, впредь до уточнения, можно рекомендовать использовать величины  $k_b$ , указанные в табл. 2.

Прочность строительных кладочных растворов, называемых иногда мелкозернистыми бетонами, при испытании их в виде образцов зависит в основном от тех же факторов, что и прочность образцов обычных бетонов. Таким образом, можно полагать, что рассеяние прочностных показателей для образцов строительных кукуермитовых растворов будет подчиняться тем же закономерностям, что и рассеяние прочностных показателей кукуермитовых бетонов. Это дает возможность для определения минимальной вероятной прочности образца строительного раствора использовать величины  $k_b$  для кукуермитовых бетонов.

Если, например, проектом предусмотрено применение раствора марки «50» и для изготовления его применяется кукуермит обыкновенный улучшенный марки «100», то необходимо, чтобы контрольные образцы раствора имели следующую марку:

$$R_{\text{раств}}^н = 50 \cdot \frac{0,6}{0,44} = 68 \text{ [кг/см}^2\text{]}, \quad (10)$$

где 0,6 и 0,44 — соответственно коэффициенты однородности для портланд-цементных и кукуермитовых бетонов.

Если же подбор состава производится на кукуермите, имеющем фактическую марку, отличающуюся от нормативной (равной, например, «50» или «100»), то контрольные образцы, на которых производится проверка состава раствора, должны иметь прочность, равную

$$R_{\text{раств}}^н \cdot \frac{M^Ф}{M^н}, \quad (11)$$

где  $M^Ф$  — фактическая марка данного кукуермита и

$M^н$  — нормативная марка кукуермита (например «50» или «100»).

Только в этом случае будет всегда обеспечена требуемая кубиковая прочность раствора, не уступающая цементным растворам.

Из вышеизложенного следует, что не во всех случаях раствор, изготовленный на кукуермите марки «100», может иметь кубиковую прочность, равную  $30 \text{ кг/см}^2$ . Некоторое число образцов будет иметь и меньшую прочность, обуславливаемую естественным рассеянием прочностных свойств свойств кукуермита.

В связи с тем, что вычисленные по формуле (2) величины коэффициентов однородности материалов носят предварительный характер, представляется крайне желательным при производстве как вяжущих — кукуермитов, так и кукуермитовых растворов и бетонов вести тщательный контроль за прочностными свойствами этих местных материалов и систематически (не реже 1 раза в квартал) определять их коэффициенты однородности.

Из всего вышеизложенного следует, что вследствие малых значений коэффициентов однородности, кукермитовые бетоны можно рекомендовать для изготовления бетонных и железобетонных конструкций, в которых прочность бетонов полностью не используется (например для изготовления многопустотных настилов). Применение же кукермитовых бетонов или замена кукермитами части цемента при изготовлении, например, ребристых настилов, имеющих сжатую зону в сравнительно тонких ребрах, рекомендовано быть не может.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные нормы и правила, ч. II, Москва, 1954.
2. К. Э. Таль, Расчет бетонных и железобетонных конструкций по предельным состояниям, Москва, 1955.
3. В. И. Романовский, Применение математической статистики в опытном деле, Гостехиздат, 1947.
4. Указания по применению сланцезольных вяжущих в растворах, бетоне и железобетоне, Таллин, Эстгосиздат, 1956.

*Институт строительства и строительных материалов  
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию  
12 VI 1957

## KUKERMIIT-BETONIDE JA MÖRTIDE ÜHTLUSKOEFIITSIENDIST

R. Reisman,  
tehniliste teaduste kandidaat

*Resümee*

Artiklis käsitletakse põlevkivituhk-sideainete (kukermiitide ja kahe tehase tsementide) tugevusnäitajate hajuvust ja tõestatakse, et muutlikkuse näitaja ( $C_v$ ) on kukermiitidel 2,5—3 korda suurem kui tsementidel. Tuginedes katsetatud sideainete tugevusnäitajate analüüsi tulemustele, tehakse ettepanekuid kukermiidist ja kukermiit-tsementi segasideainest betoonide ja mörtide ühtluskoeffiitsiendi suuruse kohta. See võimaldab teha nendest materjalidest valmistatud konstruktsioonide arvutusi piirkormise meetodil ja kindlustada ehitamisel vajaliku tugevustagavara.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Ehituse ja Ehitusmaterjalide Instituut*

Saabus toimetusse  
12. VI 1957

## DER HOMOGENITÄTSKOEFFIZIENT DER KUKERMITBETONE UND -MISCHUNGEN

R. Reisman

*Zusammenfassung*

Man untersucht Festigkeitsindexe von Bindstoffen aus Brennschieferasche, — Kukermite und Zemente, — die von zwei Herstellerfabriken stammen. Es zeigt sich, dass der Variabilitätsindex ( $C_v$ ) für Kukermite 2,5—3mal grösser ist, als für Zement. Auf Grund der Untersuchung der experimentellen Angaben über die Festigkeitsindexe der betreffenden Bindstoffe werden Empfehlungen hinsichtlich des Homogenitätskoeffizienten der Betone und Mischungen gemacht, und zwar sowohl für Kukermite- als auch für Kukermite-Zementbindstoffe. Es erlaubt dies, die Konstruktionen aus diesen Materialien derart zu berechnen, dass bei ihrer Errichtung der erforderliche Festigkeitsvorrat gesichert wird.

*Institut für Bauwesen und Baumaterialien  
der Akademie der Wissenschaften der Estnischen SSR*

Eingegangen  
am 12. Juni 1957