

УДК 622.35:621.93.025.7

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОДБОРА СОСТАВА И ОПТИМАЛЬНОГО  
СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ДЕКОРАТИВНОГО БЕТОНА**

**Еличев К.А.,**

*к.т.н., доцент*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Россия, г. Пенза*

**Пинт Э.М.,**

*к.т.н., профессор*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Россия, г. Пенза*

**Морозов А.А.,**

*студент*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

*Россия, г. Пенза*

**Аннотация**

Сущность метода заключается в разработке математической модели, которая позволяет с высокой точностью подобрать оптимальное соотношение компонентов для изготовления декоративных бетонов как на плотных, так и на пористых заполнителях. Модель позволяет определить массу пористого и плотного щебня при заданных параметрах в зависимости от степени заполнения межзерновых пустот и при любом соотношении массы песка и щебня, что особенно важно для декоративного бетона.

**Ключевые слова:** коэффициент раздвижки зерен, цементное тесто, зерна заполнителя, водопоглощение.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

***DEVELOPMENT OF A METHOD FOR SELECTING A COMPOSITION  
AND OPTIMAL RELATIONSHIP OF DECORATIVE CONCRETE  
COMPONENTS***

***Elichev K.A.,***

*Ph.D., Associate Professor*

*Penza State University of Architecture and Construction*

*Russia, Penza*

***Pint E.M.,***

*Ph.D., Professor*

*Penza State University of Architecture and Construction*

*Russia, Penza*

***Morozov A.A.,***

*student*

*Penza State University of Architecture and Construction*

*Russia, Penza*

**Annotation**

The essence of the method lies in the development of a mathematical model, which allows with high accuracy to choose the optimal ratio of components for the manufacture of decorative concretes on both dense and porous aggregates. The model allows determining the mass of porous and dense crushed stone with given parameters depending on the degree of filling of intergranular voids and at any ratio of the mass of sand and crushed stone, which is especially important for decorative concrete.

**Keywords:** coefficient of separation of grains, cement paste, aggregate grains, water absorption.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Декоративные бетоны из-за наличия красителей и мало прочных наполнителей цементной матрицы не отвечают требованиям длительной эксплуатации под воздействием ультрафиолетовых лучей, увлажнения – высушивания и попеременного замораживания – оттаивания. На основании длительных исследований была разработана методика по подбору составов для декоративных бетонов которая заключается в следующем:

1. Обеспечение наивысшей плотности композиционного материала за счет компактной упаковки зерен заполнителя в бетоне.

2. Стойкость цветовой гаммы бетонов и его декоративность обеспечивается применением цветных цементов и заполнителей различной гаммы цветов стойких к воздействию ультрафиолетового спектра.

3. Прочность монолитного бетона должна быть не мене 40,0 МПа, что способствует получения монолитности структуры бетона до и после распиловки (т.е. способность затвердевшего бетона не крошиться).

4. Полученная прочность обеспечивает механическую обработку шлифованием и полированием после распиловки.

5. Декоративные бетоны могут быть изготовлены на тяжелых и легких заполнителях.

Сущность расчетного метода заключается в том, что состав 1 м<sup>3</sup> декоративного бетона с включением кусков камня определяется по формуле:

$$V_{ц} + V_{п} + V_{щ} + B_0 + V_{к} = 1, \quad (1)$$

$$\frac{m_{ц}}{\gamma_{уд}^{п}} + \frac{m_{щ \text{ к а}}}{\gamma_{ип}^{п}} + \frac{m_{щ}}{\gamma_{кз}} + B_0 + \frac{Q_{к}}{\gamma_{к}} = 1 \quad (2)$$

Для бетонов, изготовленных на песке и щебне одной и той же породы можно принимать  $\gamma_{ип}^{п} = \gamma_{кз}$ , тогда

$$\frac{m_{щ}}{\gamma_{ип}^п}(1 + \kappa \alpha) = 1 - \frac{m_{ц}}{\gamma_{уд}^ц} - B_0 - \frac{Q_{к}}{\gamma_{к}} \quad (3)$$

Из формулы (3) легко можно определить количество щебня при нормативных расходах цемента и заданном проценте вводимого камня.

$$m_{щ} = \gamma_{ип}^п [1 - (\frac{m_{ц}}{\gamma_{уд}^ц} + B_0 + \frac{Q_{к}}{\gamma_{к}})/(1 + \kappa \alpha)] \quad (4)$$

Далее можно определить оптимальное количество вводимого камня в зависимости от количества цементного теста и щебня:

$$Q_{к} = \{1 - [T_{ц} + \frac{m_{щ}}{\gamma_{ип}^п}(1 + \kappa \alpha)]\} \gamma_{к} \quad (5)$$

где  $\alpha$  – коэффициент пустотности крупного заполнителя, который определялся по формуле:

$$\alpha = 1 - \frac{\gamma_{он}}{\gamma_{ип}} \quad (6)$$

где  $\gamma_{он}$  - объемная насыпная масса щебня кг/м<sup>3</sup>,

$\gamma_{ип}$  – объемная масса исходной породы кг/м<sup>3</sup>.

Как показали опыты оптимальное количество вводимого камня составляет от 30 до 40 процентов объема уложенной бетонной смеси.

В случае применения плотных заполнителей при нулевой пористости потребное количество воды для затворения определяется заранее по известным графикам [1] в зависимости от максимальной крупности заполнителя и от водоцементного отношения.

В случае применения пористых заполнителей потребное количество воды для затворения легобетонной смеси определяется с учетом водопоглощения заполнителя и вводимого пористого камня. При этом водопоглощение пористого песка принимается равным 100%, водопоглощение щебня – 80%, а водопоглощение пористого камня – 60% %, от водопоглощения исходной породы

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

в бетоне. Приведенные формулы пригодны для определения оптимального количества составляющих декоративного бетона в обоих случаях при применении как плотных, так и пористых заполнителей.

При применении пористых заполнителей для практических расчетов количество воды, идущей на приготовление  $1\text{м}^3$  цементного теста ориентировочно можно принять от 180 до 200л. К ней нужно добавить поглощенную воду ( $V_{\text{пог}}$ ), количество которой определяется по формуле:

$$V_{\text{пог}} = (W_{\text{и}} \times m_{\text{п}} + n \times W_{\text{и}} \times m_{\text{щ}}) / 100 \quad (7)$$

где  $W_{\text{и}}$  – водопоглощение исходной породы заполнителей,

$m_{\text{п}}$ ,  $m_{\text{щ}}$  – масса пористого песка и щебня,

$n$  - степень водопоглощения пористого камня в бетоне.

Общая формула водопотребности легкого бетона на пористых заполнителях примет вид:

$$V_0 = m_{\text{ц}} + W_{\text{и}}(m_{\text{п}} + n \times m_{\text{щ}}) / 100 \quad (8)$$

По этой формуле можно определить расход воды для опытного замеса. По расчетной потребности воды легко определить количество цемента при заданной марке бетона на плотных заполнителях.

Для легкого бетона на пористых заполнителях расход цемента можно определять исходя из рекомендуемых нормативов или по заданной удобоукладываемости.

При отсутствии крупного камня в бетонной смеси абсолютный объем цементно – песчаного раствора ( $T_{\text{р}}$ ) в бетоне должен быть равен объему межзерновых пустот крупного заполнителя, т.е.  $T_{\text{р}} = \omega$ , где  $\omega$  – объем межзерновых пустот крупного заполнителя.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

$$\text{Известно, что } \omega = \frac{m_{\text{щ}}}{\gamma_{\text{щ}}} \times \alpha \times \kappa, \quad (9)$$

тогда

$$T_p = \frac{m_{\text{щ}}}{\gamma_{\text{щ}}} \times \alpha \times \kappa \quad (10)$$

Исходя из условия обеспечения заданной удобоукладываемости бетонной смеси, необходимости заполнения цементно-песчаным раствором пустот между зернами крупного заполнителя предполагаем, что

$$T_p = 1 = V_{\text{щ}} \quad (11).$$

Подставляя значения  $T_p$  и  $V_{\text{щ}}$  в формулу (11), получим

$$\frac{m_{\text{щ}}}{\gamma_{\text{щ}}} \times \alpha \times \kappa = 1 - \frac{m_{\text{щ}}}{\gamma_{\text{кз}}} \quad (12)$$

$$m_{\text{щ}} \left( \frac{\alpha \times \kappa}{\gamma_{\text{щ}}} + \frac{1}{\gamma_{\text{кз}}} \right) = 1 \quad (13)$$

$$m_{\text{щ}} = \frac{1}{\frac{\alpha \times \kappa}{\gamma_{\text{щ}}} + \frac{1}{\gamma_{\text{кз}}}} \quad (14)$$

Формула (14) позволяет определить массу пористого и плотного щебня при заданных параметрах в зависимости от степени заполнения межзерновых пустот и при любом соотношении массы песка и щебня, что особенно важно для декоративного бетона.

Фактура декоративного бетона на природных заполнителях в значительной мере зависит от коэффициента раздвижки зерен крупного заполнителя. При  $\kappa=1$  получается контактное состояние зерен щебня в декоративном бетоне, при котором тон цвета будет диктоваться цветом щебня, а при  $\kappa > 1$  – растворной частью. Отсюда вытекает необходимость правильного выбора цвета вяжущего помимо цвета заполнителя.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Важное значение для декоративного бетона имеет правильный расчет потребного количества песка. Исходя из основного закона замещения истинных объемов для  $1\text{ м}^3$  бетонной смеси можно определить объем песка.

$$V_{\text{п}} = 1 - (V_{\text{ц}} + V_{\text{о}} + V_{\text{щ}}) \quad (15)$$

Подставляя в формулу (15) значения каждого составляющего бетона, получим

$$m_{\text{п}} = \gamma_{\text{ип}}^{\text{п}} \left[ 1 - \left( \frac{m_{\text{ц}}}{\gamma_{\text{уд}}^{\text{ц}}} + V_{\text{о}} + \frac{m_{\text{щ}}}{\gamma_{\text{кз}}^{\text{щ}}} \right) \right] \quad (16)$$

По этой формуле можно определить потребное количество песка в любом диапазоне изменения расхода цемента и количества щебня. Отсюда вытекает возможность создания цветовой гаммы декоративного бетона за счет изменения содержания его компонентов: вяжущего, щебня и песка. Формула (16) пригодна для расчета составов декоративных бетонов на пористых и плотных заполнителях. Если мелкий и крупный заполнитель приготовлен из одной и той же породы и  $\gamma_{\text{ип}}^{\text{п}} = \gamma_{\text{кз}}^{\text{щ}}$ , тогда формула (16) примет вид

$$m_{\text{п}} = \gamma_{\text{ип}}^{\text{п}} \left[ 1 - \left( \frac{m_{\text{ц}}}{\gamma_{\text{уд}}^{\text{ц}}} + V_{\text{о}} \right) \right] - m_{\text{щ}} \quad (17)$$

Формула (17) позволяет проектировать декоративные бетоны на заполнителях различной гаммы цветов с различными рисунками за счет правильного выбора их количества и цвета.

В результате пробных подборов смесей заполнителей для декоративных бетонов был выбран один состав смеси из дробленого мрамора с межзерновой пустотностью 26,5% (табл. 1).

Таблица 1 - Гранулометрический состав смеси заполнителей из различных пород

№ п/п	Размеры фракций в мм	Зерновой состав в % по массе			
		мраморы	известняк бодракский	туф арктический	гранит ново даниловский
1	10...20	15,59	29,8	20,2	34,41
2	5...10	18	16,05	28,2	24,46

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

3	2,5...5	—	7,3	11,25	8,07
4	1,25...2,5	8,7	9,4	10,05	9,68
5	0,63...1,25	1,7	9,4	9,7	6,18
6	0,315...0,63	5,3	15,4	7,0	7,93
7	0,14...0,315	12,3	6,97	6,8	4,97
8	0...0,14	—	5,68	6,8	4,30

Составы 2,3,4 получены дроблением горных пород на лабораторной дробилке и предназначены для производства блоков с целью только распиловки и выявления параметров резания по сравнению с разрезкой бетонов на мраморном заполнителе.

Для получения бетонных плит с декоративными свойствами щебень подвергался самоокатыванию во вращающемся барабане в течение 30 мин. Плиты, полученные на основе окатанного щебня, имеют красивый внешний вид и отличаются высокими физико – механическими свойствами.

Таким образом, полученные результаты позволяют с математической точностью определять оптимальное соотношение компонентов декоративных бетонов, а также проектировать бетоны на заполнителях различной гаммы цветов с различными рисунками за счет правильного выбора их количества и цвета.

### Библиографический список:

1. Симонов М.В. Проектирование состава бетонов. Стройиздат, М., 1988.
2. Першин Г.Д., Уляков М.С. Обоснование способов подготовки к выемке блочного природного камня высокой прочности // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. №4 (32). С. 14-19.
3. Першин Г.Д., Караулов Н.Г., Уляков М.С. The research of high-strength dimension stone mining technological schemes in Russia and abroad // Сборник научных трудов SWorld. Вып. 2. Т. 11. Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. С. 64-73.

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

4. Сопилкин Г.В. Использование полиномиальных моделей при обработке больших массивов информации / Г.В. Сопилкин, А.Е. Серик, В.И. Исаенко, В.А. Сидоров // Экономика и математические методы. Т. XXV. - 1989. - с. 1129-1132..
5. Чирков С.Е., Присташ В.В. Энергетические показатели разрушения горных пород различными способами // Горные машины и автоматика. -2002.- №10.-С. 29-33.
6. Бычков Г.В., Кокунин Р.В. Оптимальные способы вскрытия рабочих горизонтов на перспективных и эксплуатирующихся месторождениях природного камня // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск: МГТУ, 2007. С. 83-92.
7. Костыленко К. И. Оценка влияния состояния воды на свойства цементно-песчаных шликеров // Инженерный вестник Дона № 3, 2012 г URL. <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/943>.
8. Несветаев Г.В., Та Ван Фан. Влияние белой сажи и метаксаолина на прочность и деформационные свойства цементного камня //Инженерный вестник Дона № 4 (1), 2012 г URL. <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1110>.
9. Brandl Johannes Selbstverdichtender Beton beim Bau eines U-Bahnhofs [Текст] // Beton, -№9, 2003,53, P. 424-427.
10. Choi Yun Wang, Kim Yong Jic, Shin Hwa Cheol, Moon Han Young An experimental research on the fluidity and mechanical properties of high-strength lightweit self-compacting concrete [Текст] // Cement and Concrete Research, - №9, 2006, 36, P. 1595-1602.

*Оригинальность 85%*