

## Экспериментальная оценка свойств горных пород с целью возможности их использования для изготовления декоративных бетонных блоков

*К.А. Еlicheв, М.О. Сергеев*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

**Аннотация:** В работе проводились экспериментальные исследования по выбору горных пород, свойства которых удовлетворяли бы требованиям, предъявляемым к декоративным бетонным блокам, изготовленным из них. Оценивались такие свойства как декоративность, прочность при сжатии, водопоглощение, истираемость, сопротивление удару, морозостойкость и др. Также проводилась оценка свойств мелкого заполнителя, из карбонатных горных пород – песка. На основании проведенной работы выработаны предложения по рациональному подбору состава декоративного бетона.

**Ключевые слова:** декоративные признаки, абразивность, мраморовидный известняк, морозостойкость, заполнители

В качестве исходных материалов для исследований были отобраны широко распространенные в стране малообразивные карбонатные породы: мраморы – коелгинский белый, бираканский – белый и розовый, газганский – серый; мраморовидные известняки: салиэтский буровато – красный, лондоковский – серый.

Декоративными признаками горных пород для заполнителей отделочных бетонов являются: цвет, блеск или матовость (диффузное рассеивание света на поверхности зерен), в некоторых породах полная или частичная прозрачность и форма зерен [1, 2].

Результаты исследований физико-механических свойств пород приведены в табл.1.

Таблица 1

## Основные свойства исследованных горных пород

Материал и его месторождение	Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	Водопоглощение, %	Истираемость, $\frac{\text{г/см}^2}{\text{мк}}$
Мрамор газганский (серый)	2,72	970	0,157	2,39/78,2
Мраморовидный известняк лондоковский	2,69	893	0,27	2,17/58,8
Мрамор коелгинский	2,72	860	0,87	2,85/104,3
Мраморовидный известняк саилетский	2,77	815	0,206	2,08/-
Туф арктический	2,41	158	24	-/187
Известняк бодракский	2,6	149	15	-/521
Мрамор бираканский	2,88	580 - 1040	0,34	2,77/-

Указанные породы при испытаниях показали абразивность от 0,05 до 3,1 мг. Основные свойства исследуемых пород (морозостойкость, прочность, декоративность и др.) отвечали всем требованиям, предъявляемым к ним, как к материалу заполнителя, применяемого в декоративных бетонах.

При резании таких бетонов важнейшей характеристикой является степень износа алмазного инструмента, которая зависит, наряду с другими факторами, от абразивности бетона, а абразивность последнего – от компонентов, входящих в него [3-5].

Для сопоставления параметров резания были испытаны также бетоны с заполнителями: ново – даниловского гранита (красного), бодракского

известняка, арктического туфа (розового), которые использовались в качестве заполнителей только в опытах по резанию бетонов.

Отобранные декоративные горные породы были измельчены на щековой дробилке. При дроблении мраморов и мраморовидных известняков наибольший размер зерен не превышал 20 мм, что соответствует требованиям ГОСТ.

Для различных изделий из декоративных бетонов применялись заполнители из дробленых горных пород в виде щебня и песка, реже гравия. Наибольшая крупность щебня при обычном методе формования плит для лучшей удобоукладываемости должна быть не более  $1/2$  толщины.

Производство плит методом формования крупных блоков и их распиловки позволяет увеличить крупность щебня до 40 – 60 мм, что создает предпосылки повышения декоративных качеств плит, а также улучшения некоторых физико - механических свойств. В исследованиях использовались преимущественно заполнители из карбонатных пород – мраморов, мраморовидных известняков, частично применен дробленый гранит, известняк и туф. Учитывая особенности технологии производства бетонных плит из блоков с помощью резки и очень жесткие условия эксплуатации плит в покрытиях полов и площадок с интенсивными физико-механическими воздействиями, был проведен ряд испытаний заполнителей [6-8].

Испытания щебня к удару. Сопротивление щебня удару очень важный показатель в бетонных покрытиях, где возможны случаи падения тяжелых предметов, грузов и т.д. Щебень фракции 20 – 40 мм. подвергался удару на копре с помощью свободно падающего груза весом 5 кг. с высоты 50 см. Показатель сопротивления щебня удару ( $Y$ ) вычисляется по формуле:

$$Y = \frac{25}{4-A},$$

где  $A$  – показатель крупности пробы после испытания (40 – кратного удара груза), вычисляемого по формуле:

$$A=(m_1+m_2+m_3+m_4)/m,$$

где:  $m_1, m_2, m_3, m_4$  – полные остатки на ситах с отверстиями размерами 5 и 3 мм. с сетками №№1 и 0,5 в г.

Сопrotивление щебня удару определялось как среднее арифметическое результатов двух проб. Испытания на копре показали сравнительно низкие показатели коелгинского мрамора. Остальные породы показали высокую сопротивляемость ( $Y=75$ ), причем наибольший показатель ( $Y=125$ ) у салиэтского мраморовидного известняка. Поэтому указанные породы можно использовать как заполнитель бетона для покрытия полов, площадок и т.д.

Истираемость щебня. Поскольку в декоративных бетонных плитах содержится 73 – 76% щебня, то износостойкость материала покрытия, в основном, зависит от истираемости заполнителя. Износостойкость щебня в бетонных плитах, эксплуатирующихся в условиях интенсивного истирания, является важной характеристикой материала. Этот параметр характеризует долговечность материала покрытия. Определение истираемости щебня производилось в барабане на материале фракций 10 – 20мм по двум пробам массой 5 кг в каждой. Результаты опытов по истираемости щебня горных пород приведены в табл.2.

Таблица 2

Результаты испытаний щебня на истираемость

Наименование породы и ее месторождение	Истираемость, %
Лабрадорит головинский	7,9
Мрамор коелгинский	35,7
Мрамор бираканский	12,3
Мраморовидный известняк: лондоковский	7,2
салиэтский	4,6

Значительная истираемость коелгинского мрамора объясняется низкими физико-механическими свойствами этой породы.

Морозостойкость щебня. Морозостойкость декоративных бетонных плит, применяемых в наружных покрытиях, в большой степени зависит от морозостойкости применяемого щебня. Испытанию подвергался мраморный щебень фракций 10 – 20 мм по 4 цикла в сутки. Морозостойкость щебня испытывалась до 50 циклов. Потеря массы после испытания коелгинского мраморного щебня составила 2,83%, а остальных – до 2%. Испытания показали хорошую морозостойкость отобранных горных пород, что гарантирует применение их как заполнителя в бетонах для плит наружных покрытий [9].

В качестве мелкого заполнителя в декоративных бетонах были использованы дробленые пески, полученные измельчением отобранных карбонатных горных пород на лабораторной дробилке. Были исследованы характеристики дробленых песков: гранулометрический состав, модуль крупности, пустотность отвибрированной смеси и др. Дробленый песок подвергался рассеву на стандартных ситах на фракции. Исследования показали, что в дробленном песке зерна менее 0,14 мм. составляют от 10,3 до 19,5%, пустотность смеси песка находится в пределах 33%.

Для удовлетворения всех требований, предъявляемых к дробленому песку, из отсеянных фракций путем смешивания был подобран оптимальный состав. Для бетонных плит покрытий полов и площадок плотность бетона имеет решающее значение. Подобранный песок имеет малую межзерновую пустотность и гарантирует получение плотного бетона. Зерновой состав фракций в пределах 0,14 – 5 мм. не влияет на прочность бетона. При использовании другого песка прочность бетона может измениться. Причина этого будет заключаться не в зерновом составе, а в других факторах: составе бетона и его удобоукладываемости, коэффициенте уплотнения смеси,

---

минералогическом составе каждой фракции песка, форме зерен, сцеплении цементного камня с песком и др. Наименьший расход цемента требуется для бетонов на средних песках. Именно на таких песках и готовились исследуемые составы бетонов.

Таким образом, исследования показали, что бетон должен выполняться из цветных заполнителей – щебня плотных горных пород и песка разнообразного цвета с применением преимущественно цветных цементов. Крупный заполнитель должен занимать в бетоне наибольший объем [6,10,11]. Цвет цементного камня, занимающего на поверхности плит наименьшую площадь, должен быть дополняющим к общему фону плит. Поверхность плит при распиле должна получаться достаточно гладкой. По физико – механическим свойствам они должны удовлетворять следующим требованиям:

Прочность бетона при сжатии:

для внутренних покрытий	не менее 200 кг/см <sup>2</sup> ,
для наружных покрытий	не менее 250 кг/см <sup>2</sup> .
Предел прочности при изгибе	не менее 25 кг/см <sup>2</sup> .
Истираемость	не более 3,5 г/см <sup>2</sup> .
Ударная вязкость	не менее 6 кгсм/см <sup>2</sup> .
Водопоглощение	не более 6 %.
Морозостойкость	не менее 50 циклов.

Для разработки новой технологии производства бетонных блоков и распиловки их на плиты подбор составов бетонов производился в соответствии с указанными выше требованиями.

На основании проведенных исследований разработана методика подбора состава декоративного тяжелого бетона, сформулированы основные требования и сделаны следующие выводы:

1. повышенная плотность обеспечивается за счет компактной упаковке зерен заполнителя в бетоне;
2. декоративность обеспечивается применением цветных цементов и заполнителей различной гаммы цветов;
3. монолитность структуры бетона до и после распиловки (т.е. способность затвердевшего бетона не крошиться);
4. способность поддаваться шлифованию и полировке после распиловки;
5. устойчивость цветового фона после обработки;
6. морозостойкость и долговечность декоративных бетонных изделий.

### Литература

1. 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.
  2. 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.
  3. Сопилкин Г.В., Серик А.Е., Исаенко В.И., Сидоров В.А. Использование полиномиальных моделей при обработке больших массивов информации // Экономика и математические методы. Т. XXV. 1989. С. 1129-1132.
  4. Чирков С.Е., Присташ В.В. Энергетические показатели разрушения горных пород различными способами // Горные машины и автоматика. 2002. №10. С. 29-33.
-

5. 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.

6. Курочка П.Н., Мирзалиев Р.Р. Свойства щебня из продуктов дробления вторичного бетона как инертного заполнителя бетонных смесей // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4 (часть 2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1441.

7. Кушка В.Н., Гаркави М.С., Подиоронов С.В., Спиридонов В.С. Оценка истинной формы зерна высококачественного щебня //Строительные материалы, 2002, №4. 35 с.

8. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов С.М., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов // Уфа, 2002. 376 с.

9. Бутакова М.Д., Зырянов Ф.А. Исследование свойств бетонных смесей и бетонов на основе мелкозернистых минеральных отходов горного производства // Инженерный вестник Дона, 2012, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/983.

10. Nisnevich M., Sirotin G, Eshel Y. Light weight concrete containing thermal power station and stone quarry waste. Magazine of concrete research, 2003. pp. 313-320.

11. Ilangoan R, Mahendran N., Nagamani K. Strength and durability properties of concrete containing quarry rock dust as fine aggregates // ARPN Journal of engineering and applied science, 2008, Vol. 3(5), pp.20-26.

### References

1. Pershin G.D., Ulyakov M.S. Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova. 2010. №4 (32). pp. 14-19.





2. Pershin G.D., Karaulov N.G., Ulyakov M.S. Sbornik nauchnyh trudov SWorld. Vyp. 2. T. 11. Odessa: KUPRIENKO, 2013. pp. 64-73.
3. Sopilkin G.V. Ehkonomika i matematicheskie metody. T. XXV. 1989. pp. 1129-1132.
4. Chirkov S.E., Pristash V.V. Gornye mashiny i avtomatika. 2002. №10. pp. 29-33.
5. Bychkov G.V., Kokunin R.V. Dobycha, obrabotka i primeneniye prirodnogo kamnya: sb. nauch. tr. Magnitogorsk: MGTU, 2007. pp. 83-92.
6. Kurochka P.N., Mirzaliev R.R. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1441](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1441).
7. Kushka V.N., Garkavi M.S., Podioronov S.V., Spiridonov V.S. Stroitel'nye materialy, 2002, №4. 35 p.
8. Babkov V.V., Mohov V.N., Kapitonov S.M., Komohov P.G. Strukturoobrazovaniye i razrusheniye tsementnykh betonov [Structure formation and destruction of cement concretes]. Ufa, 2002. 376 p.
9. Butakova M.D., Zyryanov F.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/983](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/983).
10. Nisnevich M. Sirotin G., Eshel Y. Magazine of concrete research, 2003. pp. 313-320.
11. Ilangovan R, Mahendran N., Nagamani K. ARPN Journal of engineering and applied science, 2008, Vol. 3(5), pp.20-26.