

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И
ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ / DESIGN AND CONSTRUCTION OF ROADS, SUBWAYS, AIRFIELDS,
BRIDGES AND TRANSPORT TUNNELS**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.22>

**ВЛИЯНИЕ МЕТОДИКИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И
АКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО**

Научная статья

Украинский И.С.¹, Каменчуков А.В.^{2,*}

¹ ORCID : 0000-0003-1958-9540;

² ORCID : 0000-0001-7997-3195;

^{1,2} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (006641[at]pnu.edu.ru)

Аннотация

В статье проведен анализ факторов, влияющих на динамику набора прочности искусственного камня на основе цементного вяжущего, а также существующих методов оценки марки (класса) цемента по прочности. Представлены результаты определения прочности искусственного камня на основе цементного вяжущего, на образцах, изготовленных методом вибрационного уплотнения при различных значениях водоцементного отношения. Проведен анализ влияния водоцементного отношения на плотность искусственного камня при данной методике изготовления образцов, а также на стабильность и однородность результатов измерения прочности. Так же в статье приводятся параллельные испытания образцов, изготовленных методом прессования и сопоставление результатов испытания прессованных образцов, и образцов, изготовленных методом вибрации.

Ключевые слова: цементное вяжущее, искусственный камень, динамика роста прочности, водоцементное отношение, методы уплотнения.

**INFLUENCE OF SAMPLING TECHNIQUE ON THE RESULTS OF CEMENTITIOUS BINDER STRENGTH AND
ACTIVITY MEASUREMENTS**

Research article

Ukrainskii I.S.¹, Kamenchukov A.V.^{2,*}

¹ ORCID : 0000-0003-1958-9540;

² ORCID : 0000-0001-7997-3195;

^{1,2} Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation

* Corresponding author (006641[at]pnu.edu.ru)

Abstract

The article analyzes the factors influencing the dynamics of the artificial stone strength based on cementitious binder, as well as existing methods of assessing the brand (class) of cement in terms of strength. The results of determining the strength of artificial stone on the basis of cementitious binder on the samples made by internal vibration at different values of the cement-water factor are presented. The influence of cement-water factor on the density of artificial stone by the given technique of sampling as well as on the stability and homogeneity of the strength measurement results are analyzed. The article also presents the parallel tests of the samples made by a pressing method and comparison of results of test of the pressed samples, and those made with vibration.

Keywords: cementitious binder, artificial stone, strength growth dynamics, cement-water factor, sealing technique.

Введение

Действующая методика контроля марки (класса) цемента по прочности (ГОСТ 310.4-81) теряет свою актуальность (методике уже более 40 лет). Основным недостатком действующей методики является её чрезмерная чувствительность к подвижности цементно-песчаного раствора, которая в свою очередь зависит от зернового состава песка и водопотребности цемента. Незначительный выход за пределы допустимого интервала по подвижности растворной смеси приводит к резкому снижению однородности результатов измерений. В свою очередь корректировка подвижности смеси происходит за счет изменения водоцементного соотношения (В/Ц), в результате чего испытания цемента с различной водопотребностью происходит с разным В/Ц. Сопоставимость результатов таких испытаний вызывает сомнения.

Результаты испытаний, представленные в данной статье, являются частью исследования, направленного на разработку методики определения марки (класса) цемента по прочности с высокой степенью однородности результатов и низкой чувствительностью к случайным ошибкам.

Методология исследования

Твердение и набор прочности цементного камня – сложный динамический процесс, на который оказывает влияние большое количество факторов [1], [2]. В процессе гидратации цемента возникают новообразования с непрерывно меняющимися размерами, формой и пространственной организацией. Эти нано-элементы взаимодействуют между собой посредством образования структурных связей: водноколлоидных, кристаллических и т.п. [3], [4], [5] Изменение

агрегатного состояния продуктов гидратации вызывает динамичное изменение соотношения энергии указанных связей, что приводит к возникновению напряжений во вновь образовавшихся структурах с последующей их деструкцией. Ввиду вышеизложенного прочность цементного камня на раннем сроке твердения является функцией от большого количества переменных. В то же время для контроля качества и сравнительной оценки цементных вяжущих необходима методика измерения прочности цементного камня, дающая стабильные результаты, которые можно однозначно трактовать. Следовательно, данная методика должна свести к минимуму влияние факторов, вносящих элемент случайности в конечный результат. В еще большей степени снижение влияния случайности необходимо в методиках измерений, применяемых в научных исследованиях, проводимых для оценки эффективности модификации свойств цементного вяжущего [6], [7], [8].

Существующая методика контроля марки (класса) цемента по прочности весьма чувствительна к водоцементному отношению, зерновому составу песка. В первую очередь это связано с влиянием подвижности цементно-песчаного раствора на плотность цементного камня, и, как следствие, на динамику набора прочности. При вибрационном уплотнении образцов по действующей методике испытаний (ГОСТ 310.4-81), при низкой подвижности цементно-песчаного раствора после распределения его по форме происходит некоторое разуплотнение, что в свою очередь снижает прочность образцов, а так же снижает однородность результатов измерений. В действующем международном стандарте (ГОСТ 30744-2001) для снижения упомянутого выше влияния, в качестве уплотняющего применяется виброударное воздействие, однако применение данной методики на территории РФ ограничено.

Лабораторные испытания и результаты

Для оценки влияния водоцементного отношения на динамику роста прочности искусственного камня был запланирован следующий эксперимент: были изготовлены четыре партии образцов балочек с водоцементными отношениями 0,4, 0,45, 0,5 и 0,55. В каждой партии было по восемь серий образцов, по три образца в каждой серии. На образцах определялась прочность на изгиб и сжатие, в результате в каждой серии было получено по шесть значений прочности на сжатие (в данной статье не приводятся результаты определения прочности на изгиб). Степень уплотнения раствора оценивалась по плотности искусственного камня, измеренной после твердения. Одновременно с образцами балочек, из растворной смеси на тех же компонентах, с водоцементным отношением 0,4, была изготовлена партия образцов цилиндров размером 50x50мм в количестве 48 штук (восемь серий по шесть образцов). Образцы изготавливались прессованием, растворная смесь выдерживалась под нагрузкой 40 Мпа в течение 3 минут, твердели образцы цилиндры в тех же условиях, что и балочки (первые сутки – на воздухе при влажности 90%, далее – в воде). Такой метод изготовления образцов менее чувствителен к подвижности растворной смеси [9], [10], в рамках данного эксперимента образцы позиционируются, как контрольные, поскольку имеют самую высокую плотность. Образцы цилиндры так же испытывались на сжатие, была измерена их плотность. Образцы после первых суток твердения представлены на рис. 1.

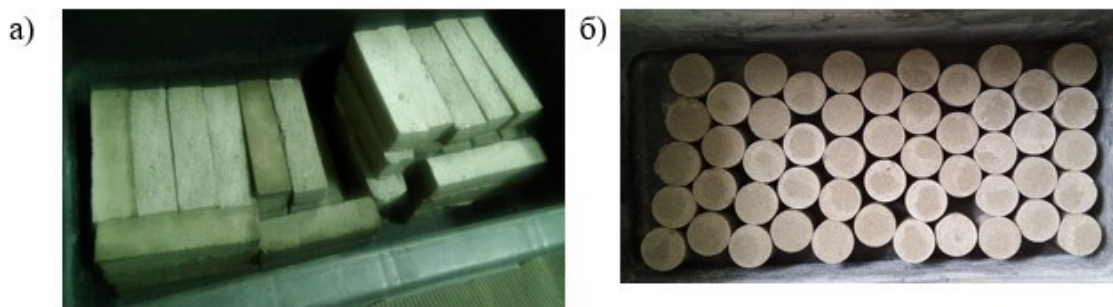


Рисунок 1 - Объем выборки

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.22.1>

Примечание: а) образцы балочки; б) образцы цилиндры

Измерения плотности показали следующие результаты: образцы балочки из раствора с в/ц 0,4 – 2,0648 г/см³; в/ц 0,45 – 2,1182 г/см³; в/ц 0,5 – 2,1468 г/см³; в/ц 0,55 – 2,1518 г/см³; образцы цилиндры – 2,2914 г/см³. В графическом виде зависимость плотности от в/ц представлена на рис. 2. Из полученных данных очевидно, что метод изготовления образцов прессованием куда менее чувствителен к водоцементному отношению, чем вибрационный метод.

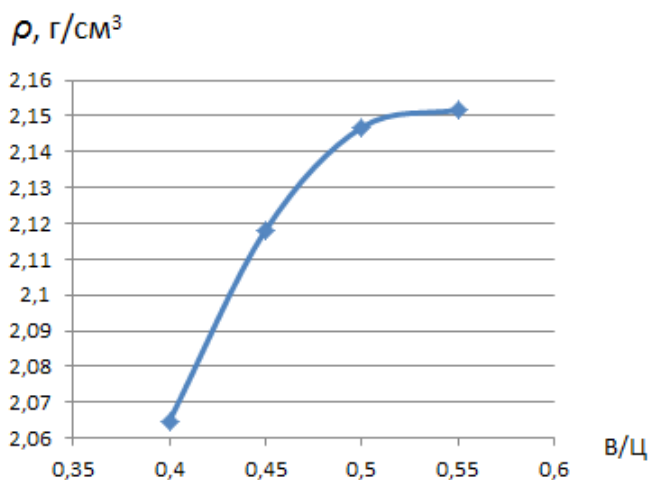


Рисунок 2 - Зависимость плотности от В/Ц

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.22.2>

Прочность в каждой серии образцов определялась для различных сроков твердения (3, 7, 14, 21, 28, 35, 49 и 70 суток). По результатам определения прочности были построены регрессии, они приведены на рис. 3.

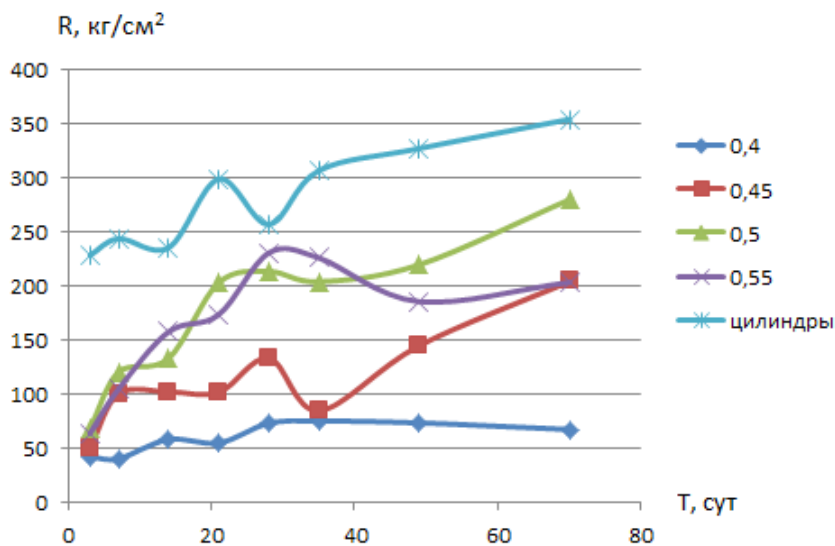


Рисунок 3 - Зависимость динамики набора прочности от методики изготовления образцов

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.22.3>

Как видно из рисунка 3, наиболее близкий к экспоненциальной зависимости вид имеет регрессия, построенная по результатам испытания образцов, изготовленных при В/Ц = 0,5. Образцы из других партий дают нестабильный результат. В свою очередь образцы, изготовленные методом прессования (цилиндры), показали наибольшие значения прочности на всех сроках твердения и так же демонстрируют динамику, близкую к экспоненциальной зависимости.

Для оценки однородности полученных результатов измерений для каждой серии образцов были рассчитаны внутрисерийные коэффициенты вариации. Для сопоставления однородности результатов измерений коэффициенты представлены в графическом виде на рис. 4.

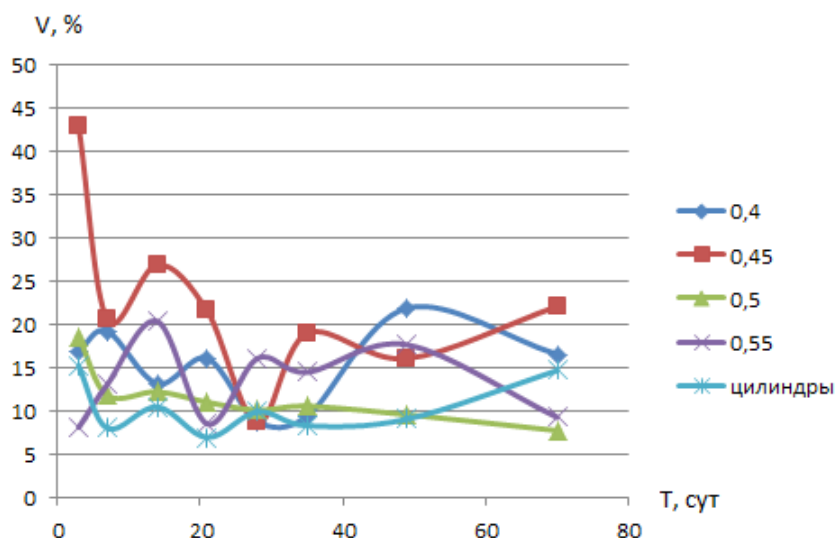


Рисунок 4 - Оценка однородности результатов измерения прочности искусственного камня

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.122.22.4>

Как видно из рисунка 4, наибольшую однородность результатов измерения прочности демонстрируют образцы, изготовленные при В/Ц = 0,5, а также образцы, изготовленные прессованием.

Обсуждение

Для снижения влияния В/Ц на однородность результатов измерений в действующей методике оценки марки (класса) цемента по прочности до формирования образцов проводится измерение подвижности растворной смеси и, в случае выхода полученных значений за допустимые пределы, производится корректировка состава растворной смеси. Эта операция увеличивает трудоемкость испытаний. Также определение марки (класса) цемента по прочности на растворных смесях разных составов вызывает вопросы к сопоставимости результатов таких испытаний. Авторам исследования небезосновательной представляется гипотеза о том, что изготовление образцов методом прессования позволит значительно повысить однородность результатов испытаний. С целью проверки указанной гипотезы планируется развитие исследования в данном направлении.

Заключение

По результатам эксперимента были сформулированы следующие выводы:

1. Существующая методика определения марки (класса) цемента по прочности весьма чувствительна к подвижности цементно-песчаного раствора. При отклонении величины В/Ц от оптимального значения (в данном случае - 0,5), результаты испытаний показывают значительное снижение однородности.

2. При изготовлении образцов методом прессования удается в значительной степени снизить влияние выше указанных недостатков

Благодарности

нет

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Acknowledgement

null

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

- Бердов Г.И. Влияние вида и количества минеральных добавок на прочность цементного камня. / Г.И. Бердов, Л.В. Ильина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 9. – с. 87-91.
- Виноградов С.А. Диэлектрические свойства и прочность цементного камня в мелкозернистом бетоне. / С.А. Виноградов, М.А. Пичугин, В.Ф. Хританков и др. // Известия ВУЗов. Строительство. – 2014. – № 3. – с. 20-30.
- Макридин Н.И. Изменение конструкционной прочности модифицированной структуры цементного камня во времени. / Н.И. Макридин, И.Н. Максимов, Ю.В. Овсюкова // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – № 2. – с. 36-41.
- Жерновой Ф.Е. Комплексная оценка факторов повышения прочности цементного камня добавками ультрадисперсного перлита. / Ф.Е. Жерновой, Е.В. Мирошников // Вестник БГТУ им В.Г. Шухова. – 2009. – № 2. – с. 55-60.

5. Муртазаев С.-А.Ю. Особенности структурообразования и формирования прочности прессованного мелкозернистого бетона. / С.-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, А.Х. Аласханов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2011. – № 21. – с. 120-125.
6. Егорова Е.В. Оценка эффективности органоминерального модификатора на подвижность цементных паст и раннюю прочность цементного камня. / Е.В. Егорова, В.Г. Вешневская, С.И. Чурсин // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2012. – № 1. – с. 139-142.
7. Скрипникова Н.К. Прочность цементного камня на основе наноструктурированного вяжущего вещества. / Н.К. Скрипникова, Н.А. Сазонова // Строительные материалы. – 2014. – № 1. – с. 38-40.
8. Максимова И.Н. Регрессионные взаимосвязи между параметрами качества, структуры и конструкционной прочности цементного камня. / И.Н. Максимова, В.Т. Ерофеев, Н.И. Макридин // Региональная архитектура и строительство. – 2021. – № 1. – с. 28-34.
9. Макридин Н.И. Фазовый состав и прочность дисперсно-кристаллитной структуры цементного камня. / Н.И. Макридин, И.Н. Максимова, Ю.В. Полубарова // Региональная архитектура и строительство. – 2019. – № 1. – с. 36-44.
10. Макридин Н.И. Фактор времени в формировании фазового состава структуры цементного камня. / Н.И. Макридин, О.В. Тараканов, И.Н. Максимова и др. // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 2. – с. 26-31.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Berdov G.I. Vliyanie vida i kolichestva mineral'ny'x dobavok na prochnost' cementnogo kamnya [Influence of the type and amount of mineral additives on the strength of cement stone]. / G.I. Berdov, L.V. Il'ina // Mezhdunarodny'j zhurnal prikladny'x i fundamental'ny'x issledovanij [International Journal of Applied and Basic Research]. – 2010. – № 9. – p. 87-91. [in Russian]
2. Vinogradov S.A. Dielektricheskie svoystva i prochnost' cementnogo kamnya v melkozernistom betone [Dielectric properties and strength of cement stone in fine-grained concrete]. / S.A. Vinogradov, M.A. Pichugin, V.F. Xritankov et al. // Izvestiya VUZov. Stroitel'stvo. [Proceedings of universities. Construction]. – 2014. – № 3. – p. 20-30. [in Russian]
3. Makridin N.I. Izmenenie konstrukcionnoj prochnosti modifitsirovannoj struktury' cementnogo kamnya vo vremeni [Change in the structural strength of the modified structure of cement stone over time]. / N.I. Makridin, I.N. Maksimovam, Yu.V. Ovsyukova // Regional'naya arxitektura i stroitel'stvo [Regional architecture and construction]. – 2011. – № 2. – p. 36-41. [in Russian]
4. Zhernovoj F.E. Kompleksnaya ocenka faktorov povysheniya prochnosti cementnogo kamnya dobavkami ul'tradispersnogo perlita [Comprehensive assessment of the factors for increasing the strength of cement stone with the addition of ultrafine perlite]. / F.E. Zhernovoj, E.V. Miroshnikov // Vestnik BGTU im V.G. Shuxova [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov]. – 2009. – № 2. – p. 55-60. [in Russian]
5. Murtazaev S-A.Yu. Osobennosti strukturoobrazovaniya i formirovaniya prochnosti pressovannogo melkozernistogo betona [Features of structure formation and strength formation of pressed fine-grained concrete]. / S-A.Yu. Murtazaev, M.Sh. Salamanova, A.X. Alasxanov // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. Texnicheskie nauki [Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science]. – 2011. – № 21. – p. 120-125. [in Russian]
6. Egorova E.V. Ocenka e'ffektivnosti organomineral'nogo modifikatora na podvizhnost' cementny'x past i rannyyu prochnost' cementnogo kamnya [Evaluation of the effectiveness of an organomineral modifier on the mobility of cement pastes and the early strength of cement stone]. / E.V. Egorova, V.G. Veshnevskaya, S.I. Chursin // Vestnik Donbasskoj nacional'noj akademii stroitel'stva i arxitektury' [Bulletin of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture]. – 2012. – № 1. – p. 139-142. [in Russian]
7. Skripnikova N.K. Prochnost' cementnogo kamnya na osnove nanostrukturirovannogo vyazhushhego veshhestva [Strength of cement stone based on nanostructured binder]. / N.K. Skripnikova, N.A. Sazonova // Stroitel'ny'e materialy' [Construction Materials]. – 2014. – № 1. – p. 38-40. [in Russian]
8. Maksimova I.N. Regressionny'e vzaimosvyazi mezhdru parametrami kachestva, struktury' i konstrukcionnoj prochnosti cementnogo kamnya [Regression relationships between the parameters of quality, structure and structural strength of cement stone]. / I.N. Maksimova, V.T. Erofeev, N.I. Makridin // Regional'naya arxitektura i stroitel'stvo [Regional architecture and construction]. – 2021. – № 1. – p. 28-34. [in Russian]
9. Makridin N.I. Fazovy'j sostav i prochnost' dispersno-kristallitnoj struktury' cementnogo kamnya [Phase composition and strength of the dispersed-crystallite structure of cement stone]. / N.I. Makridin, I.N. Maksimova, Yu.V. Polubarova // Regional'naya arxitektura i stroitel'stvo [Regional architecture and construction]. – 2019. – № 1. – p. 36-44. [in Russian]
10. Makridin N.I. Faktor vremeni v formirovanii fazovogo sostava struktury' cementnogo kamnya [The time factor in the formation of the phase composition of the cement stone structure]. / N.I. Makridin, O.V. Tarakanov, I.N. Maksimova et al. // Regional'naya arxitektura i stroitel'stvo [Regional architecture and construction]. – 2013. – № 2. – p. 26-31. [in Russian]