

## Влияние насыпной плотности цемента на прочность бетона

*Н.Д. Шлыков*

*Институт Архитектуры и Строительства ВОЛГГТУ*

**Аннотация:** Анализируется зависимость прочности бетона от насыпной плотности цемента, с учетом продолжительности времени хранения, которую без труда можно определить в условиях строительной площадки. Разработан и предложен механизм ускоренного анализа прочности бетонных конструкций, который основывается на насыпной плотности цемента. Выявлена математическая зависимость.

**Ключевые слова:** насыпная плотность цемента, прочность бетона, цемент, бетон, математическая зависимость, избежание перерасхода цемента, уменьшение затрат на строительные эксперименты, ускоренный анализ прочности бетона, марка цемента, строительный эксперимент.

Материалы на основе цемента широко используются при строительстве зданий и сооружений. Однако известные способы определения прочности на сжатие бетона, длящиеся 28 суток, являются недостаточно быстрыми, а результаты во многих случаях неточные. Это затрудняет работу заводских и строительных лабораторий и неприемлемо для рынка, так как часто требуется ускоренное тестирование [1].

В нынешней строительной практике на строительных площадках марка цемента не определяется и приходится верить данным из паспорта материала. Физическое лицо так же не имеет возможности проверить качество цемента в «полевых условиях». Для контроля марки цемента необходимо [2] произвести замес цементно-песчаной смеси, утрамбовать смесь в специальные формы и отправить их в место с нормальными температурно-влажностными условиями на 28 суток [3]. После этого провести испытания цементных образцов с помощью пресса и исходя из полученного результата прочности на сжатие, определить марку цемента.

*Цена вопроса:*

---

По данным Росстата в 2017 году в России было произведено 54,6 млн. т. цемента. Объем производства ж.б. изделий на заводах ЖБИ в 2017 году составил 13 млн. м<sup>3</sup>.

Исходя из этих цифр видно, что объем производимого цемента и ж.б. изделий огромен [4,5,6], соответственно точное и быстрое определение марки цемента позволит сэкономить очень много времени и средств, благодаря исключению перерасхода цемента.

*Цель работы:*

Проанализировать зависимость прочности бетона от насыпной плотности цемента, с учетом продолжительности времени хранения, которую без труда можно определить в условиях строительной площадки.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Изучить отечественный и мировой опыт исследований насыпной плотности;
- 2) Спланировать и провести эксперимент;
- 3) Найти статистическую зависимость прочности бетонных образцов от насыпной плотности цемента с учетом продолжительности времени хранения;
- 4) Оценить достоверность полученных результатов.

*Научная новизна:*

Разработан и предложен механизм ускоренного анализа прочности бетонных конструкций, который основывается на насыпной плотности цемента.

Экспериментально установлена зависимость прочности от насыпной плотности цемента с учетом времени хранения.

Установлено, что активность залежавшегося цемента можно возобновить с помощью линейно индукционного вращателя.

### *Практическая значимость работы:*

С помощью данных исследований можно существенно уменьшить время определения марки цемента. Так же исследования помогут избежать ситуации с перерасходом цемента, что в свою очередь приведет к существенной экономии средств.

В отечественной практике было написано много статей про зависимость прочности бетона от различных факторов, таких как: водоцементное соотношение [2,7], режимы пропаривания, условия твердения и многие другие. Но нет ни одного упоминания о зависимости прочности бетона от насыпной плотности цемента.

Существуют различные методики ускоренных испытаний, [8] но надежного способа оперативного контроля качества цемента до сих пор не создано.

По ГОСТ 10178-62 марка цемента должна определяться на заводах испытанием стандартных образцов - балочек в возрасте 28 сут., а потребителю сообщается марка, полученная на основе результатов текущего контроля производства. Что значит «результаты текущего контроля производства»? Какие параметры, условия, нормы установлены этим контролем? Эти показатели ГОСТом не предусмотрены. Вследствие этого за последние годы резко возросло несовпадение марки цемента при определении потребителем в лабораториях строительных организаций с заводской маркой. В результате в результате возникают затяжные арбитражные конфликты. Проходит 2-3 месяца и уже подтвердить старую марку цемента невозможно. Да и отпадает необходимость в этом – цемент израсходован. [9]

В результате этого строительные организации перестали заниматься выяснением точной марки цемента, а стали попросту увеличивать норму

---

расхода цемента «на всякий случай» или уменьшать заводскую марку цемента при его получении на 100 и более единиц. Такие меры приводят к значительному перерасходу цемента.

Для того что бы не допускать перерасход цемента и при этом не уменьшать надежность строительного производства [10] необходимо найти метод который позволяет точно определять прочность конструкции в кратчайшие сроки.

В ходе эксперимента при испытании образцов на сжатие были получены по 3 значения прочности для каждого опыта.

Таблица 1

Выборочный коэффициент корреляции

	Плотность(г/см <sup>3</sup> ) (X)	Прочность на сжатие бетонных образцов(кН) (Y)	x*y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
	0,985	297,000	292,545	0,970	88209,000
	1,012	264,500	267,674	1,024	69960,250
	1,014	210,000	212,940	1,028	44100,000
сумма	3,011	771,500	773,159	3,023	202269,250

$$r_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i \cdot Y_i - N \frac{X_{\text{сум}} Y_{\text{сум}}}{N}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^N X_i^2 - N (\frac{X_{\text{сум}}}{N})^2) (\sum_{i=1}^N Y_i^2 - N (\frac{Y_{\text{сум}}}{N})^2)}}$$

$$|r_{x,y}| = \frac{773,159 - 3 \cdot \frac{3,011 \cdot 771,5}{3}}{\sqrt{(3,023 - 3 \cdot (\frac{3,011}{3})^2) (202269,25 - 3 \cdot (\frac{771,5}{3})^2)}} = 0,821$$

Поскольку

$$t_{\text{расч}} = |r_{x,y}| * \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}} = 0,821 * \sqrt{\frac{3-2}{1-0,821^2}} = 1,438 < t_{\text{табл}} = t_{0,05;3-2} = 12,7$$

то при уровне значимости  $\alpha=0,05$  учитывая, что выборочный коэффициент сильно отличается от нуля, величины  $x$  и  $y$  связаны зависимостью, но она не линейна.

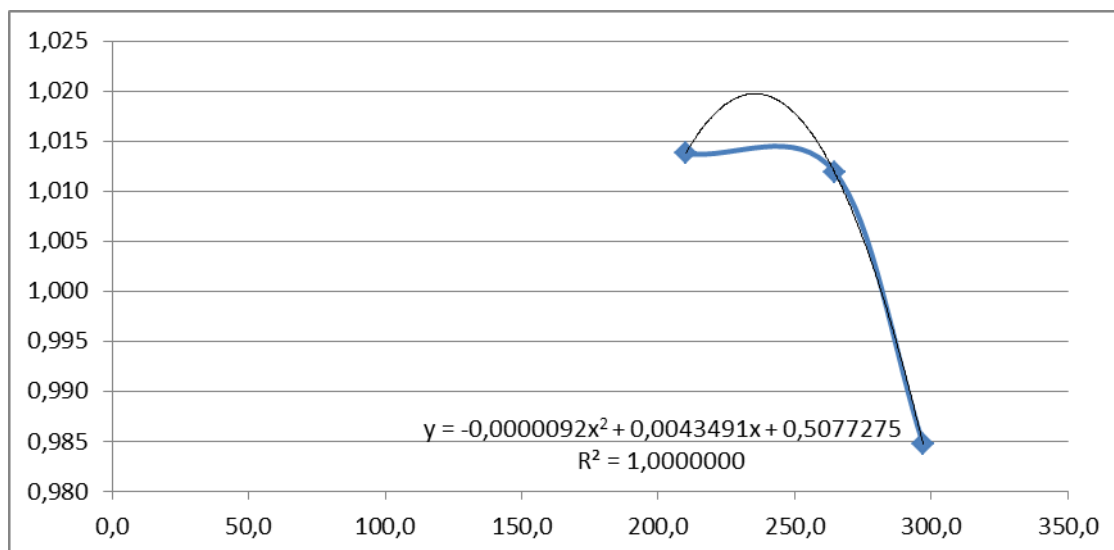


Рис. 1. – Зависимость прочности бетона от насыпной плотности цемента

Добавив на график зависимости прочности бетонных образцов от насыпной плотности цемента линию тренда, мы можем получить формулу зависимости с достоверностью аппроксимации  $R^2=1$

Формула зависимости прочности бетонных образцов от насыпной плотности цемента:  $y = -0,0000092x^2 + 0,00435x + 0,508$

Где  $y$ -насыпная плотность цемента  $x$ -прочность на сжатие бетонных образцов.

### Литература

1. Журнал. Бетон и железобетон 1970, №6. с.38.
2. Кожникова Е.А. Оценка влияния водоцементного отношения на прочность бетона с активированным цементом // Инженерный вестник Дона, 2017, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4074.

3. Горчаков Г.И, Баженов Ю.М. Строительные материалы. М.: Стройиздат, 1986. 254 с.
4. Монастыренко В. А. Эффективная организация строительного процесса // Инженерный вестник Дона, 2008, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/57.
5. Cheah C.B., Lim J.S., Ramli M.B. The mechanical strength and durability properties of ternary blended cementitious composites containing granite quarry dust (GQD) as natural sand replacement. // Construction and Building Materials 197, pp. 291-306. 2019.
6. 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.
7. Yuli W., Hang H., Xiaoxing L. Influences of aggregate micro fines on the packing of fresh mortar and the performances of mortar. // Composites Part B Engineering 164, pp. 493-498. 2019.
8. Журнал «Бетон и железобетон», 1987г. №9. с.39.
9. Журнал «Бетон и железобетон», 1973г. №12. с.20.
10. Кабанов В.Н. Оценка надежности в строительстве // Инженерный вестник Дона, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4879.

### References

1. Zhurnal. «Beton i zhelezobeton», 1970, №6. p.38.
  2. Kozhnikova E.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4074.
  3. Gorchakov G.I, Bazhenov Ju.M. Stroitel'nye materialy [Building materials]. М.: Strojizdat, 1986. 254 p.
  4. Monastyrenko V. A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2008, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2008/57.
-



5. Cheah C.B., Lim J.S., Ramli M.B. The mechanical strength and durability properties of ternary blended cementitious composites containing granite quarry dust (GQD) as natural sand replacement. *Construction and Building Materials* 197, pp. 291-306. 2019.
6. Butakova M.D., Zyrianov F.A. *Inzhenernyj vestnik Dona (Rus)*, 2012, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/983](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/983).
7. Yuli W., Hang H., Xiaoxing L. Influences of aggregate micro fines on the packing of fresh mortar and the performances of mortar. *Composites Part B Engineering* 164, pp. 493-498. 2019.
8. Zhurnal «Beton i zhelezobeton», 1987, №9. p.39.
9. Zhurnal «Beton i zhelezobeton», 1973, №12. p.20.
10. Kabanov V.N. *Inzhenernyj vestnik Dona (Rus)*, 2018, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4879](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4879).