

Л. М. Абрамов, С. Н. Маклакова, М. А. Галкина, В. И. Гультияев

## О НАЗНАЧЕНИИ ДОПУСКОВ НА ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ И ФОРМУ КУБИЧЕСКИХ И ПРИЗМАТИЧЕСКИХ БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА СЖАТИЕ

Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Костромской район, п.  
Караваево

Тверской государственный технический университет, г. Тверь

**Аннотация.** Произведен анализ существующих нормативов на допуски размеров и форм бетонных образцов. Выявлены негативные факторы, влияющие на результаты испытаний. Анализ геометрических параметров образцов показал, что при согласованности допусков и отклонений на основные размеры образцов возможно реально повысить объективность величин характеристик прочности.

**Ключевые слова:** кубические образцы, допуски, механические характеристики, прочность, предельная линейная деформация, предельные отклонения, испытания.

УДК: 620.173.21

Как известно, номинальные размеры и форма образцов для испытаний на сжатие приведены в нормативных документах [1-2]. В частности, стандартами регламентирована номенклатура образцов, которая содержит 5 типов кубических (и столько же цилиндрических) типов образцов с длиной ребра (или образующей) от 70 до 300 мм. При этом за базовый тип принят образец с размером ребра (или диаметра) равным 150 мм.

---

© Абрамов Л. М., Маклакова С. Н., Галкина М. А., Гультияев В. И. 2017

*Абрамов Лев Михайлович*

**e-mail:** vadimabramov30@mail.ru, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций, Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Костромской район, п. Караваево.

*Маклакова Светлана Николаевна*

**e-mail:** aviarettra@mail.ru, доцент кафедры строительных конструкций, Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Костромской район, п. Караваево.

*Галкина Марина Александровна*

**e-mail:** aviarettra@mail.ru, аспирант, старший преподаватель кафедры сопротивления материалов и графики, Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Костромской район, п. Караваево.

*Гультияев Вадим Иванович*

**e-mail:** vig0@mail.ru, доктор технических наук, профессор кафедры конструкции и сооружения, Тверской государственный технический университет, г. Тверь

Поступила 12.11.2016

Так как стандартом предусмотрены только номинальные размеры образцов без указания допусков на линейные размеры, форму и взаимное расположение поверхностей, то фактически это означает принятие в качестве основных величин допусков их значения по нормам [3].

Следует отметить, что ГОСТ10180- 2012 рекомендует измерять линейные размеры ребер с точностью до 0,001 от номинального размера, что для куба со стороной 150 мм в абсолютном выражении составляет 0,15 мм. Такая точность измерений практически нереальна при размере зерна заполнителя более указанной величины. В то же время размер квадратных ячеек сит для просеивания песка, согласно [4], в частности, сита нормальной прочности №010, равен 0,16мм с положительным допуском 0,091 мм. Это означает, что максимальный размер ячейки может достигать величины 0,251 мм. Но эта величина примерно в 1,67 раза больше, чем допуск на измерения. Аналогичный подсчет несложно провести также для размеров ячеек 0,63; 1,25 и 2,5 мм. Иначе говоря, для соответствия проходного размера квадратных ячеек сит и размеров зерен просеиваемого заполнителя необходимо учитывать вышеуказанные размеры и допуски на них, поскольку изготовить тканую или иную сетку с приведенными отклонениями, соответствующими ГОСТ 6613-86, возможным не представляется. Тем более, что усадку бетонной смеси принимают в среднем равной 1%, хотя она также колеблется в пределах 10-15%. Согласно средней величине усадки отклонения для образца с размером ребра 150 мм составляют 1,5 мм, а измерять этот размер, в соответствии с нормативными требованиями следует с точностью 0,001 от номинального размера.

Таким образом, краткий анализ показал, что при размере зерен заполнителя, начиная с 0,63 мм и более возможные отклонения длин ребер кубического образца будут превышать величины предельных линейных деформаций как при растяжении ( $\varepsilon_{bt0} = 0,0001$ ), так и при сжатии ( $\varepsilon_{b0} = 0,002$ ). Несложно подсчитать, что фактически при испытаниях на сжатие могут иметь место случаи, когда в зоне контакта одного из продольных ребер будет иметь место предельная линейная деформация, а зоны трёх (или двух) других рёбер еще не вошли в контакт с плитой испытательного пресса. Указанное явление не позволяет в условиях принятых нормативных допусков получать стабильные значения механических характеристик прочности. Установленный эффект существенно понижает надёжность получаемых характеристик (а, следовательно, и надёжность проектируемых конструкций) и может служить причиной возникновения аварийных ситуаций. Следует отметить, что наличие установленного эффекта подтверждает анализ видов разрушения образцов-кубиков, приведённых в приложении Е к ГОСТ 10180-2012. Практически во всех 9 вариантах так называемых неудовлетворительных видов разрушения весьма определенно просматривается нецентральное приложение нагрузки по контактной поверхности образцов. При рассмотрении нагрузки по контактной поверхности образцов. При рассмотрении становится ясным, что в процессе нагружения вначале происходит скалывание какой-либо угловой части куба-образца, а затем- окончательное разрушение по различным плоскостям с внешним видом, который трудно классифицировать.

По этой причине, например, первый тип разрушенного образца, по нормативной классификации отнесенный к удовлетворительным, почти полностью совпадает с первым типом разрушения образца, признанного неудовлетворительным (рис. Е1 и Е2 в приложении Е к ГОСТ10180-2012.

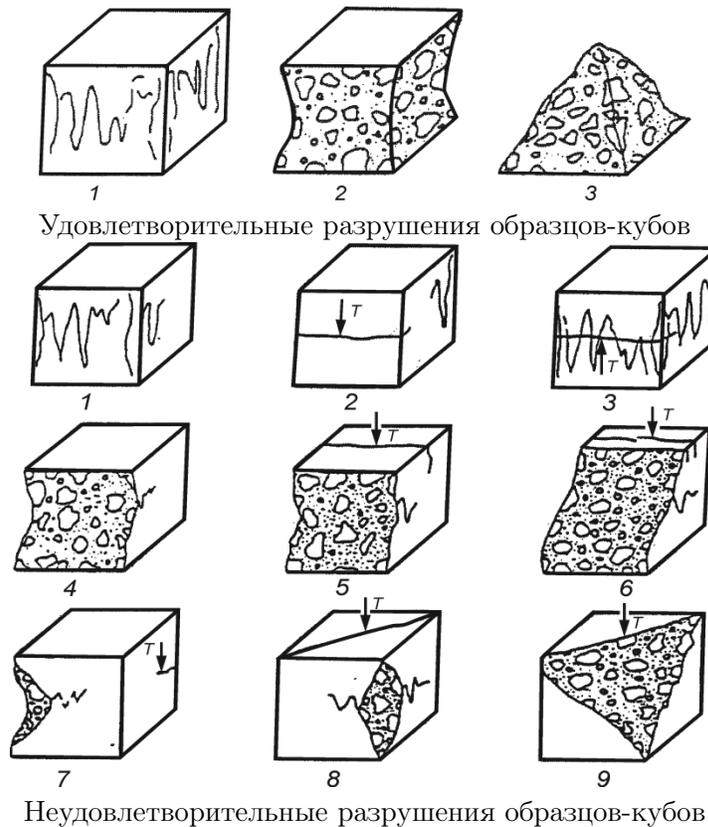


Рис. 1. Виды типового разрушения кубических образцов

Следовательно, для избежания разновысотности кубов-образцов их необходимо либо обрабатывать абразивным камнем по плоскостям опорных поверхностей, либо принять низкопрочные вязкопластичные прокладки, обеспечивающие по возможности выравнивание контактных давлений по указанным плоскостям.

В принятых допущениях размеры и форма образцов должны соответствовать чертежу (рис.2). Тогда влияние вышеперечисленных негативных факторов на получаемые результаты испытаний может быть существенно уменьшено.

Необходимо отметить также, что согласно требованиям стандарта контактные (опорные) грани образцов-кубов выбирают так, чтобы сжимающая сила была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси в форму. Следовательно, усадка в принятом направлении будет зависеть от распределения заполнителя по высоте. Это безусловно сказывается на разновысотности ребер куба, что в свою очередь может привести к прерывистому контакту опорных поверхностей образца и плиты испытательной машины.

Рабочие чертежи образцов необходимы для установления размеров форм для их изготовления.

Согласно ГОСТ22685-89 предельные отклонения внутренних линейных размеров собранных форм не должны превышать  $\pm 0.5\%$  их номинального значения и не должны быть более  $\pm 1$  мм. Тогда ширина поля допуска по первому ограничению составляет

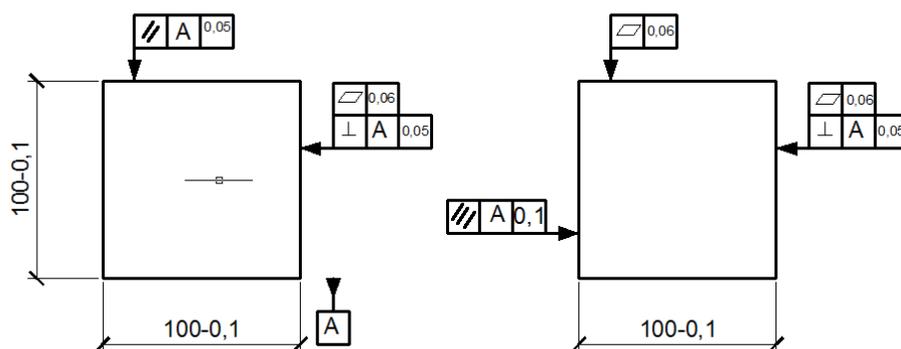


Рис. 2. Рабочий чертёж образца-куба из бетона для испытаний на сжатие

1 мм и 1,5 мм для образцов с номинальными размерами поперечного сечения соответственно 100 и 150 мм. В то же время по второму ограничению ширина поля допуска составляет 2 мм.

Таким образом, налицо несогласованность в назначении предельных отклонений, что может привести к погрешности в определении механических характеристик на уровне внутрисерийного коэффициента вариации выше 8%, с учетом того дополнительного фактора как неравномерность усадки бетона в углах формы и серединной зоны. Во всяком случае усадка по боковому размеру образца может существенно отличаться от усадки по вертикальной оси образца, а это означает, что процессы образования цементного камня протекают с различной скоростью и в различных условиях. Этот фактор также сказывается в виде увеличения внутрисерийного коэффициента вариации по результатам испытаний серий образцов.

Если исходить из аналогичных требований для образцов-призм, то необходимо отметить, что в этом случае были установлены дополнительные технические требования, ограничивающие величину случайного эксцентриситета. Для этого помимо требований, приведённых по рис.1, следует указать требование к базовой поверхности образца, а также требование к прямолинейности ости призмы, так как стандартом принято отношение высоты призмы к поперечному размеру стороны квадрата  $\frac{h}{a} = 4$ . Рабочий чертёж образца-призмы приведён на рис.3.

Следует отметить, что очень важную роль играет допуск на симметричность образца относительно боковой оси, потому что нецентральное приложение нагрузки здесь сказывается самым существенным образом.

Итак, анализ геометрических параметров образцов показал, что для повышения объективности величин характеристик прочности следует, по меньшей мере, добиться согласованности при назначении допусков и отклонений на основные размеры. Результаты испытаний образцов, приведённые в работах [5-6] показали, что достижение внутрисерийного коэффициента вариации на уровне 8%, является вполне реальным.

Основные выводы:

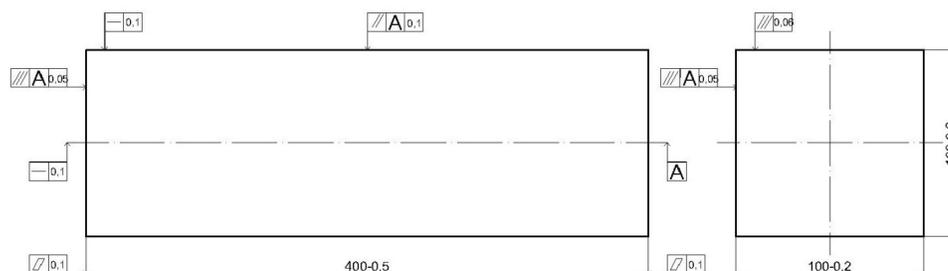


Рис. 3. Рабочий чертёж образца-призмы для испытаний бетона на сжатие

В настоящее время существует несогласованность в назначении допусков на линейные размеры, форму и отклонение поверхностей образцов кубов, что приводит к значительному повышению внутрисерийного коэффициента вариации, а, следовательно, к нестабильной работе испытательных лабораторий.

Анализ рабочих чертежей образцов-призм показал, что наблюдение нужных геометрических параметров приведёт к значительному разбросу получаемых характеристик прочности и не позволяет обеспечить объективные характеристики бетона при испытании контрольных образцов.

Разработанные рабочие чертежи позволяют повысить надёжность и стабильность получаемых характеристик прочности, а также служат исходными документами для разработки чертежей приспособлений для формования.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: Стандартинформ, 2013. 86 с.
- [2] ГОСТ18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. М.: Стандартинформ, 2010. 74 с.
- [3] ГОСТ25346-2013. Бетоны. Основные формы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки. М.: Стандартинформ, 2014. 94с.
- [4] ГОСТ6613-86. Бетоны. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2006. 12 с.
- [5] Абрамов Л. М. и др. Об оценке влияния сил трения при определении прочности на сжатие по контрольным образцам //Бетон и железобетон. 2014. №1. С. 6–9.
- [6] Абрамов Л. М., Абрамов И. Л., Маклакова С. Н. Анализ напряженно-деформированного состояния бетонного образца при испытании на сжатие //Промышленное и гражданское строительство. 2015. №9. С. 37–40
- [7] Баженов Ю. М. Технология бетона. М.: АСВ, 2002. 500 с.
- [8] Гургенидзе Г. Г. и др. Методика исследования прочности и трещиностойкости легких бетонов // Бетон и железобетон. 2009. №5. С. 16–18.

- [9] Байков В. Н. и др. Построение зависимости между напряжениями и деформациями сжатого бетона по системе нормируемых показателей // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1977. №6. С. 45–48.
- [10] Басов К. А. ANSYS. Справочник пользователя. М: ДМК Пресс, 2005. 640 с.
- [11] Чигарев А. В. ANSYS для инженеров. М.: Машиностроение, 2004. 512 с.
- [12] Морозов Е. М. Механика разрушения. М.: Ленанд, 2010. 456 с.
- [13] Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах / под ред. Д. Г. Красовского. М.: Компьютер пресс, 2002. 224 с.
- [14] Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера. М.: Едиториал, 2003. 272 с.
- [15] Жидков А. В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования. Нижний Новгород: ННГУ, 2006. 116 с.
- [16] Смирнов-Аляев Г. А. Сопротивление материалов пластическому деформированию: инженерные расчеты процессов конечного формоизменения материалов. Л.: Машиностроение, 1978. 368 с.

L. M. Abramov<sup>1</sup>, S. N. Maklakova<sup>1</sup>, M. A. Galkina<sup>1</sup>, V. I. Gulyaev<sup>2</sup>

**ON THE APPOINTMENT OF TOLERANCES FOR LINEAR DIMENSIONS  
AND SHAPE OF CUBIC AND PRISMATIC CONCRETE SPECIMENS UNDER  
COMPRESSION TESTS**

<sup>1</sup>*Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russia*

<sup>2</sup>*Tver State Technical University, Tver, Russia*

**Abstract.** The analysis of existing standards on tolerances of the sizes and shapes of concrete samples. Identified negative factors affecting the results of EC-pitanii. Analysis of the geometric parameters of the samples showed that consistency of balance tolerances and deviations for the main sample size possible to increase the objectivity of values of the strength characteristics.

**Keywords:** cubic samples, tolerances, mechanical characteristics, strength, maximum linear strain, limit deviations, testing.

**REFERENCES**

- [1] GOST10180-2012 Betony Metody opredeleniya prochnosti po kontrolnym obrazcam. M.: Standartinform, 2013. 86s. (in Russian)
- [2] GOST18105-2010 Betony Pravila kontrolya i ocenki prochnosti. M: Standartinform, 2010. 74s. (in Russian)
- [3] GOST25346-2013 Betony Osnovnye formy vzaimozamenyaemosti Harakteristiki izdelij geometricheskie Sistema dopuskov na linejnye razmery. Osnovnye polozheniya dopuski otkloneniya i posadki. M: Standartinform, 2014. 94s. (in Russian)
- [4] GOST6613-86 Betony Setki provolochnye tkanye s kvadratnymi yachejkami Tekhnicheskie usloviya M Standartinform, 2006. 12s. (in Russian)
- [5] Abramov L. M. i dr. Ob ocenke vliyaniya sil treniya pri opredelenii prochnosti na szhatie po kontrolnym obrazcam //Beton i zhelezobeton. 2014. №1. S 6–9 (in Russian)
- [6] Abramov L. M., Abramov I. L., Maklakova S. N. Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya betonogo obrazca pri ispytanii na szhatie //Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2015. №9. S 37–40 (in Russian)
- [7] Bazhenov YU. M. Tekhnologiya betona. M: ASV, 2002. 500s. (in Russian)
- [8] Gurgenidze G. G. i dr. Metodika issledovaniya prochnosti i treshchinostojkosti legkih betonov //Beton i zhelezobeton. 2009. №5. S. 16–18 (in Russian)

---

*Lev Mikhailovich Abramov*

e-mail: vadimabramov30@mail.ru, Dr. Sci. Phys. & Math., Professor, Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russia.

*Svetlana Nikolaevna Maklakova*

e-mail: aviapetra@mail.ru, Assoc. Professor, Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russia.

*Marina Aleksandrovna Galkina*

e-mail: aviapetra@mail.ru, Senior Lecturer, Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russia.

*Vadim Ivanovich Gulyaev*

e-mail: vig0@mail.ru, Dr. Sci. Phys. & Math., Professor, Tver State Technical University, Tver, Russia.

- [9] Bajkov V. N. i dr. Postroenie zavisimosti mezhdu napryazheniyami i deformatsiyami szhatogo betona po sisteme normiruemykh pokazatelej //Izv. vuzov. Stroitelstvo i arhitektura. 1977. №6. S. 45–48 (in Russian)
- [10] Basov K. A. ANSYS Spravochnik polzovatelya. M.: DMK Press, 2005. 640s. (in Russian)
- [11] CHigarev A. V. ANSYS dlya inzhenerov. M.: Mashinostroenie, 2004. 512s. (in Russian)
- [12] Morozov E. M. Mekhanika razrusheniya. M.: Lenand, 2010. 456s. (in Russian)
- [13] Basov K. A. ANSYS v primerah i zadachah /pod red. D. G. Krasovskogo. M.: Kompyuter press, 2002. 224s. (in Russian)
- [14] Kaplun A. B. Morozov E M Olfereva M A ANSYS v rukah inzhenera, M.: Editorial, 2003. 272s. (in Russian)
- [15] ZHidkov A. V. Primenenie sistemy ANSYS k resheniyu zadach geometricheskogo i konechno-ehlementnogo modelirovaniya. Nizhnij Novgorod: NNGU, 2006. 116s. (in Russian)
- [16] Smirnov-Alyaev G. A. Soprotivlenie materialov plasticheskomu deformirovaniyu inzhenernye raschety processov konechnogo formoizmeneniya materialov. L.: Mashinostroenie, 1978. 368s. (in Russian)