

УДК 691.32(470.345)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ,  
ПРОИЗВОДИМЫХ ООО «КОМБИНАТ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ» (РЕСПУБЛИКА МОРДОВИЯ)**

**<sup>1</sup>Ерофеев В.Т., <sup>1</sup>Болдина И.В., <sup>1</sup>Родин А.И., <sup>2</sup>Карпенко Н.И., <sup>2</sup>Карпенко С.И.,  
<sup>3</sup>Римшин В.И., <sup>4</sup>Луценко А.Н., <sup>4</sup>Ерасов В.С.**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,  
Саранск, e-mail: AL\_Rodin@mail.ru;

<sup>2</sup>НИИСФ РААСН, Москва, e-mail: karpenko@raasn.ru;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»,  
Москва, e-mail: igkk@mgsu.ru;

<sup>4</sup>ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов»,  
Москва, e-mail: viamlab2@mail.ru

В работе приведены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств бетонов, производимых в г. Саранске ООО «Комбинат строительных материалов». Определены прочностные характеристики бетонов, подсчитаны коэффициенты вариации, а также даны рекомендации по изменению классов некоторых составов бетонов. Показано, что наименьший вариационный разброс значений плотности бетонов приходится на бетоны классов В20 и В22, а наибольший – у бетона класса В15. Бетоны классов: В15, В20, В22,5, В25 изготовлены с применением портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н (производства ЗАО «Ульяновскцемент»), в качестве мелкого заполнителя был использован кварцевый песок (месторождения «Смольный» Республики Мордовия), в качестве крупного заполнителя был использован гранитный щебень. Для бетона класса В15 – М1200, F300 (производства ООО «Пром-Актив»), а для классов В20, В22,5 и В25 – М1400, F400 (производства «Орское карьероуправление»). Также при изготовлении бетонов класса В25 была применена добавка полифункционального действия ПФМ-НЛК (производства ООО «Полипласт Новомосковский»). Получены математические уравнения зависимостей прочности при сжатии и плотности бетонов от водоцементного отношения. Установлено, что при изменении водоцементного отношения на 20% прочность бетона при сжатии уменьшается на 2,915 МПа, а плотность бетона увеличивается на 110,9 кг/м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** бетон, физико-механические свойства, прочность, коэффициент вариации

**DEFINITION OF SETTLEMENT CHARACTERISTICS OF THE CONCRETE, MADE  
JSC COMBINE OF CONSTRUCTION MATERIALS (REPUBLIC OF MORDOVIA)**

**<sup>1</sup>Erofeev V.T., <sup>1</sup>Boldina I.V., <sup>1</sup>Rodin A.I., <sup>2</sup>Karpenko N.I., <sup>2</sup>Karpenko S.I.,  
<sup>3</sup>Rimshin V.I., <sup>4</sup>Lutsenko A.N., <sup>4</sup>Erasov V.S.**

<sup>1</sup>Mordovia State University a.n. N.P. Ogareva, Saransk, e-mail: AL\_Rodin@mail.ru;

<sup>2</sup>NIISF RAASN, Moscow, e-mail: karpenko@raasn.ru;

<sup>3</sup>Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: igkk@mgsu.ru;

<sup>4</sup>All-Russian Research Institute of Aviation Materials, Moscow, e-mail: viamlab2@mail.ru

Results of pilot studies of physicomaterial properties of the concrete made in Saransk by JSC Combine of Construction Materials are given in work. Strength characteristics of concrete are defined, variation coefficients are counted, and also recommendations about change of classes of some compositions of concrete are made. It is shown that the smallest variation dispersion of values of density of concrete is the share of concrete of the classes В20 and В22, and the greatest – at class В15 concrete. Concrete of classes: В15, В20, В22,5, by В25 are made with application of a portlandcement of CEM I 42,5 N (production of JSC Ulyanovsktsement), as small filler quartz sand was used (fields «Smolny» of the Republic of Mordovia), as large filler granite rubble was used. For class В15 concrete – М1200, F300 (productions of JSC Prom-Aktiv, and for the classes В20, В22,5 and В25 – М1400, F400 (production «the Orsk karyerooupravleniy»). Also at production of concrete of the class В25 the additive of multifunctional action of PFM-NLK (production of JSC Poliplast Novomoskovsk) was applied. The mathematical equations of dependences of durability are received at compression and density of concrete from the water cement relation. It is established that at change of the water cement relation for 20% concrete durability at compression decreases by 2,915 MPa, and density of concrete increases by 110,9 kg/m<sup>3</sup>.

**Keywords:** concrete, physicomaterial properties, durability, variation coefficient

Совершенствование технологий в строительстве, необходимость обеспечения длительной надежности работ конструкций и сооружений предъявляют все более высокие требования к качеству применяемых при их возведении бетонов. В современных условиях, несмотря на разработку новых

строительных материалов и изделий на полимерных и других связующих, одним из самых динамичных среди рынков строительных материалов является рынок потребления бетонов на основе цементных вяжущих. С постоянным совершенствованием известных и развитием новых технологий

изготовления бетонов количество факторов, влияющих на их прочность и долговечность, становится все больше. Расширяется ассортимент цемента, заполнителей, внедряются новые технологические процессы на стадиях приготовления, укладки и твердения бетонных смесей. В этой связи важное значение имеет проведение испытаний бетона с целью определения его расчетных характеристик с применением материалов, предназначенных к использованию в соответствии с действующими технологиями. Комплексные испытания позволяют получить более надежные зависимости прочности и долговечности бетона от различных структурообразующих факторов. В процессе производства бетонов основным фактором формирования структуры, влияющим на прочность и долговечность, является водоцементное отношение [3–5]. Высокие значения В/Ц приводят к повышению пористости бетонов, снижению их плотности и прочности. Данные свойства улучшаются за счет применения модифицирующих добавок, оптимизации содержания заполнителей различной природы [1, 2].

Как известно, прочностные характеристики бетона изменяются с течением времени, причем характер данных изменений зависит от условий эксплуатации. Для конструкций зданий и сооружений климатические факторы во многом обуславливают их эксплуатационную надежность. Наиболее жесткие условия эксплуатации характерны в климатических зонах морского побережья, где на материалы воздействуют повышенные и пониженные температуры, переменная влажность, ультрафиолетовое облучение и т.д. Результаты исследований авторов представляются в двух статьях, где

отдельно приводятся установленные физико-механические свойства и долговечность бетонов, производимых ООО «Комбинат строительных материалов» (Республика Мордовия).

**Целью данных исследований** является установление физико-механических свойств бетонов, производимых ООО «Комбинат строительных материалов» (Республика Мордовия).

### Материалы и методы исследования

Для проведения исследований были изготовлены образцы следующих классов бетона: В15(М200), В20(М250), В22,5(М300), В25(М350).

В качестве вяжущего при изготовлении всех образцов был использован портландцемент ЦЕМ I 42,5Н, производства ЗАО «Ульяновскцемент», соответствующий ГОСТ 31108-2003, ГОСТ 30515-97.

Для затворения использовалась вода, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 23732.

В качестве мелкого заполнителя при изготовлении бетонов был использован песок мытый месторождения «Смольный» Ичалковского района Республики Мордовия, соответствующий ГОСТ 8735-88.

В качестве крупного заполнителя для образцов бетона В15(М200) был использован щебень кубовидный гранитный фракции 5–20 мм, II группа, М1200, F300, производства ООО «Пром-Актив», соответствующий ГОСТ 8267-93.

Для образцов бетонов классов В20(М250), В22,5(М300), В25(М350) был использован щебень фракции 5–20 мм, IV группа, М1400, F400, производства ОАО «Орское карьероуправление», соответствующий ГОСТ 8267-93.

Для изготовления образцов бетона В25(М350) также была применена добавка для бетонов и строительных растворов полифункционального действия «ПФМ-НЛК», производства ООО «Полипласт Новомосковск», соответствующая требованиям ТУ 5745-022-58042865-2007.

Составы используемых бетонных образцов приведены в табл. 1.

**Таблица 1**

Состав 1 м<sup>3</sup> бетона

№ п/п	Материалы	Ед. изм.	Расход компонентов на 1 м <sup>3</sup> в зависимости от класса бетона			
			В15(М200)	В20(М250)	В22,5(М300)	В25(М350)
1	Портландцемент ЦЕМ I 42,5Н	т	0,28	0,366	0,4	0,511
2	Песок мытый	м <sup>3</sup>	0,44	0,47	0,43	0,4
3	Щебень в/п	м <sup>3</sup>	0,94	0,85	0,88	0,83
4	Вода	м <sup>3</sup>	0,198	0,21	0,215	0,195
5	Суперпластификатор (ПФМ-НЛК)	л	–	–	–	3,8

Составы готовились на бетоносмесительной установке (БСУ) ООО «Комбинат строительных материалов». Для физико-механических исследований были изготовлены образцы бетонов в виде кубов с размером 10×10×10 см в соответствии с ГОСТом. Бетонная смесь для образцов бралась из партии

бетона, предназначенного для строительно-монтажных работ и изготовления строительных конструкций. Образцы изготавливали в металлических формах, уплотняли с помощью виброплощадки, отверждали в нормальных температурно-влажностных условиях.

Испытания образцов были проведены в возрасте 180 суток.

Предел прочности при сжатии определяли в соответствии с ГОСТ 10180 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Плотность бетонов определялась в соответствии с ГОСТ 12730.0 «Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости», ГОСТ 12730.1 «Бетоны. Методы определения плотности».

Расчетные значения физико-механических характеристик бетонов определялись на основе статистической обработки результатов исследований и вычисления статистических характеристик (описательных статистик) вариационного ряда.

Размах вариации  $R$  значений результатов исследований определяли по формуле

$$R = X_{\max} - X_{\min}. \quad (1)$$

Среднеарифметическое значение отдельных наблюдений  $\bar{X}$  определяли по формуле

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (2)$$

где  $X_i$  – результат опытных данных;  $n$  – количество опытных данных.

Среднее линейное отклонение  $l_0$  определяли по формуле

$$l_0 = \frac{1}{n} \sum |X_i - \bar{X}|. \quad (3)$$

Среднеквадратическое отклонение  $\bar{S}$  определяли по формуле

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n}} \quad (4)$$

Среднеквадратическую ошибку среднего арифметического значения вычисляли по следующей зависимости:

$$S_x = \frac{\bar{S}}{\sqrt{n}} t, \quad (5)$$

где  $t$  – коэффициент, зависящий от принятого уровня надежности и числа испытанных образцов.

Коэффициент вариации  $V$  (%) определяли по формуле

$$V = \frac{\bar{S}}{\bar{X}} 100\%. \quad (6)$$

При анализе результатов испытаний достаточно широко применяются корреляционный и регрессионный анализ, которые относятся к математическим методам исследования. В этой связи с помощью этих методов конкретные взаимосвязи между результирующим признаком и определяющими его развитие факторами отражались в специальных математических моделях, выраженных в виде уравнений регрессии.

Построение регрессионных моделей, а также оценка их значимости проводилась с помощью табличного процессора Excel.

### Результаты исследования и их обсуждение

Важнейшей характеристикой бетона является прочность на сжатие. Еще недавно

о прочности бетона судили только по его марке (обозначается буквой М с цифрой, указывающей на среднее арифметическое значение прочности образцов на сжатие в кгс/см<sup>2</sup>).

Сегодня основным показателем прочности бетона, который указывается в нормативных документах, является класс бетона (обозначается буквой В с цифрой, указывающей на гарантированную прочность в мегапаскалях (МПа), т.е. принимаемую с гарантированной обеспеченностью 0,95, что значит: заявленная прочность достигается в 95 % случаев из 100 %).

Для исследования прочности на сжатие было взято по 32 образца следующих видов бетонов: В15(М200), В20(М250), В22,5(М300), В25(М350). Согласно классу изучаемых образцов в 95 % случаев, должна гарантироваться прочность в 15, 20, 22,5 и 25 МПа соответственно.

Для образцов бетона В15 (М200) максимальное значение по прочности на сжатие составило 31,6 МПа, минимальное – 17,9 МПа, а размах вариации значений составил 13,7 МПа.

Для образцов бетона В20 (М250) максимальное значение по прочности на сжатие составило 36,8 МПа, минимальное – 31,5 МПа, а размах вариации значений составил 5,3 МПа.

Для образцов бетона В22,5 (М300) максимальное значение по прочности на сжатие составило 46,6 МПа, минимальное – 30,6 МПа, а размах вариации значений составил 16 МПа.

Для образцов бетона В25 (М350) максимальное значение по прочности на сжатие составило 63,8 МПа, минимальное – 37,5 МПа, а размах вариации значений составил 26,3 МПа.

Для оценки результатов исследований были получены основные статистические характеристики (рис. 1).

Поскольку значения средних линейных отклонений нельзя поставить в соответствие с каким-либо вероятностным законом, в том числе и с нормальным законом распределения, были вычислены значения среднеквадратических отклонений: В15 (М200) – 3,4 МПа, В20 (М250) – 1,4 МПа, В22,5 (М300) – 5 МПа, В25 (М350) – 5,1 МПа.

Фактическая (средняя) прочность образцов бетонов составила для В15 (М200) – 22,8 МПа, В20 (М250) – 34,4 МПа, В22,5 (М300) – 39,4 МПа, В25 (М350) – 47,1 МПа.

По результатам средних линейных отклонений можно сделать вывод, что в среднем прочность на сжатие образцов бетона отклонялась от фактической (средней) прочности у бетона В15 (М200) на 2,7 МПа, В20 (М250) на 1,1 МПа, В22,5 (М300) на 4,5 МПа, В25 (М350) на 4,1 МПа.

Учитывая среднеквадратическую ошибку фактической (средней) прочности на сжатие образцов бетонов с вероятностью 0,95 можно утверждать, что фактическая (средняя) прочность на сжатие исследуемых бетонов находится в пределах:

$$21,6 \text{ МПа} \leq \bar{R}_{B15(M200)} \leq 24 \text{ МПа};$$

$$33,9 \text{ МПа} \leq \bar{R}_{B20(M250)} \leq 34,9 \text{ МПа};$$

$$37,6 \text{ МПа} \leq \bar{R}_{B22,5(M300)} \leq 41,2 \text{ МПа};$$

$$45,3 \text{ МПа} \leq \bar{R}_{B25(M350)} \leq 48,9 \text{ МПа}.$$

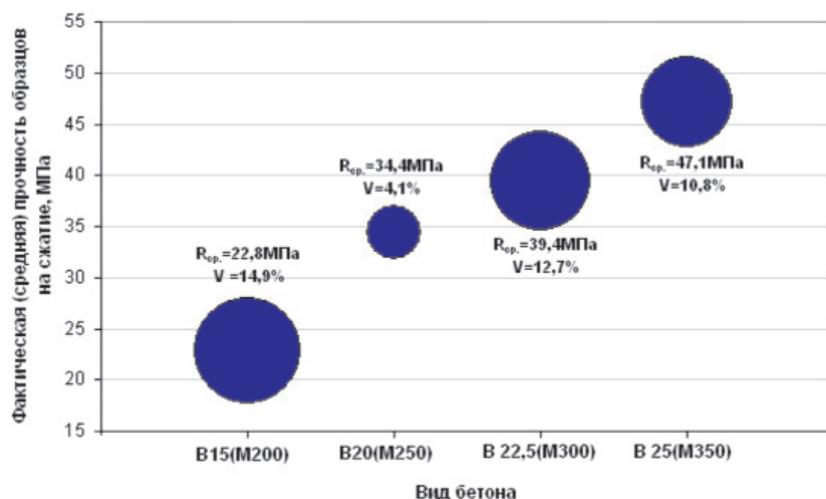


Рис. 1. Статистические характеристики результатов исследований (фактическая (средняя) прочность образцов бетона и коэффициент вариации)

Наиболее точная оценка средней прочности приходится на бетон B20(M250) ( $\pm 0,5$  МПа), а наименьшая – на бетоны B22,5(M300) и B25(M350) ( $\pm 1,8$  МПа).

Вариация значений прочности бетонов на сжатие составляет у бетона B15 (M200) – 14,9%, B20 (M250) – 4,1%, B22,5 (M300) – 12,7%, B25 (M350) – 10,8%. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что плотность бетона B20 (M250) характеризуется наибольшей однородностью, а бетона B15 (M200) – наименьшей.

Результаты статистической обработки исследований образцов бетонов на прочность при сжатии свидетельствуют о том, что все представленные виды бетонов соответствуют заявленному классу. При этом наилучшие показатели относятся к бетону B20 (M250).

Плотность относится к числу основных свойств бетона. Данная характеристика существенным образом влияет на его стойкость в разных условиях эксплуатации. По плотности бетоны классифицируются по типам.

В ходе исследования плотность определялась на основании 32 образцов бетонов B15(M200), B20(M250), B22,5(M300), B25(M350).

Согласно нормативной документации плотность тяжелых (обычных) бетонов составляет от 1800 до 2500 кг/м<sup>3</sup>.

Результаты исследований плотности бетонов представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что полученная плотность образцов бетонов находится в границах, обусловленных нормативной документацией.

Для образцов бетона B15 (M200) максимальное значение плотности составило 2401 кг/м<sup>3</sup>, минимальное – 2009 кг/м<sup>3</sup>, а размах вариации значений составил 392 кг/м<sup>3</sup>.

Для образцов бетона B20 (M250) максимальное значение плотности составило 2395 кг/м<sup>3</sup>, минимальное – 2226 кг/м<sup>3</sup>, а размах вариации значений составил 169 кг/м<sup>3</sup>.

Для образцов бетона B22,5 (M300) максимальное значение плотности составило 2450 кг/м<sup>3</sup>, минимальное – 2220 кг/м<sup>3</sup>, а размах вариации значений составил 230 кг/м<sup>3</sup>.

Для образцов бетона B25 (M350) максимальное значение плотности составило 2446 кг/м<sup>3</sup>, минимальное – 2131 кг/м<sup>3</sup>, а размах вариации значений составил 315 кг/м<sup>3</sup>.

Фактическая плотность исследуемых бетонов составила у бетона B15 (M200) – 2256 кг/м<sup>3</sup>, B20 (M250) – 2330 кг/м<sup>3</sup>, B22,5 (M300) – 2337 кг/м<sup>3</sup>, B25 (M350) – 2309 кг/м<sup>3</sup>.

Согласно вычисленным средним линейным отклонениям плотность образцов бетона отклоняется от фактической плотности у бетона B15 (M200) на 64,2 кг/м<sup>3</sup>, B20 (M250) на 39,5 кг/м<sup>3</sup>, B22,5 (M300) на 39,4 кг/м<sup>3</sup>, B25 (M350) на 55,3 кг/м<sup>3</sup>.

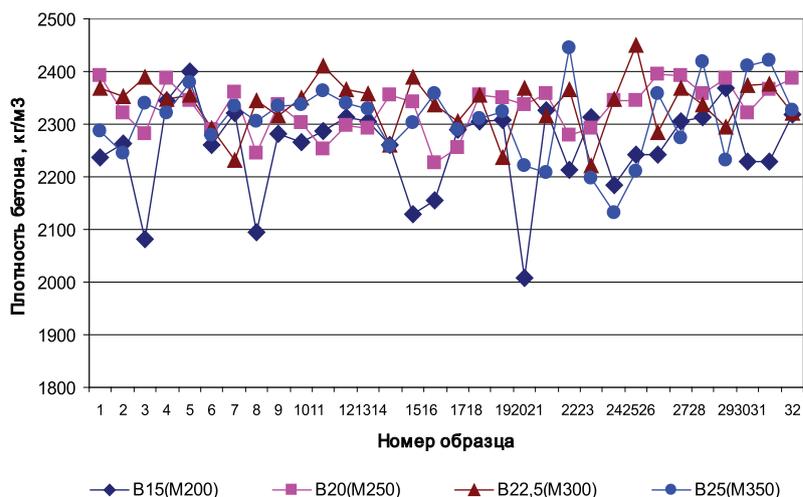


Рис. 2. Результаты испытаний плотности бетонов

Среднеквадратические отклонения плотности равны: B15 (M200) – 84,9 кг/м<sup>3</sup>, B20 (M250) – 46,6 кг/м<sup>3</sup>, B22,5 (M300) – 50,7 кг/м<sup>3</sup>, B25 (M350) – 70,3 кг/м<sup>3</sup>.

Исходя из полученных результатов видно, что наименьший вариационный разброс значений результатов исследований приходится на бетоны B20(M250) и B22,5(M300). Наибольший – у бетона B15(M200).

Учитывая среднеквадратическую ошибку фактической плотности бетонов, с вероятностью 0,95 можно утверждать, что фактическая плотность исследуемых бетонов находится в пределах:

$$2225 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \leq \rho_{B15(M200)} \leq 2287 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$2313 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \leq \rho_{B20(M250)} \leq 2347 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$2319 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \leq \rho_{B22,5(M300)} \leq 2355 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$2284 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \leq \rho_{B25(M350)} \leq 2334 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Вариация значений плотности бетонов составляет у бетона B15 (M200) – 3,8%, B20 (M250) – 2%, B22,5 (M300) – 2,2%, B25 (M350) – 3%.

Полученные результаты говорят о стабильности качества бетона. При этом нужно отметить, что плотность всех видов бетонов находится в районе 2300 кг/м<sup>3</sup>.

На свойства бетона оказывает влияние множество факторов: качество используемых материалов, использование специальных добавок, способы приготовления бетонной смеси, степень уплотнения и, конечно же, подбор наиболее рационального водоцементного соотношения (В/Ц).

Из рецептурных данных исследуемых бетонов следует, что у бетона B15(M200) В/Ц = 0,7; B20(M250) В/Ц = 0,6; B22,5(M300) В/Ц = 0,5; B25(M350) В/Ц = 0,4.

Сущность влияния водоцементного отношения на прочность бетона заключается в следующем. Количество воды, вводимой в бетонную смесь, всегда превосходит потребность ее для химического взаимодействия с цементом. Это вызывается необходимостью придать бетонной смеси достаточную подвижность для плотной укладки. В результате испарения излишне вводимой воды на месте ее в бетоне образуются поры, что приводит к снижению плотности бетона, площади рабочего сечения конструкции и, следовательно, к снижению прочности. На рис. 3 графически показано влияние водоцементного отношения на прочность бетона при сжатии.

Используя возможности табличного процессора Excel, на графике было построено 5 линий тренда (зависимости) прочности бетона при сжатии от водоцементного отношения. Согласно коэффициенту детерминации R<sup>2</sup> (чем ближе значение R<sup>2</sup> к 1, тем лучше она описывает зависимость между значениями) все модели достаточно хорошо описывают эту зависимость. Но наилучшим образом она отражена параболической (полиномиальной) функцией

$$y = 50,525 - 2,915x - 0,975x^2. \quad (7)$$

Коэффициент уравнения (7) a1 показывает, что при изменении водоцементного отношения на 20% прочность бетона при сжатии уменьшается на 2,915 МПа и это изменение будет происходить с ускорением –0,975 (коэффициент a2).

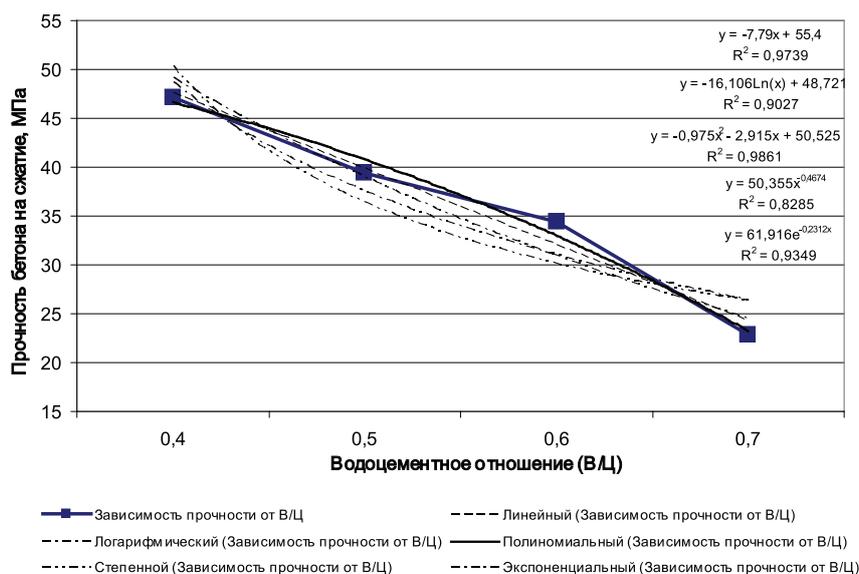


Рис. 3. Зависимость прочности бетона на сжатие от водоцементного отношения

Коэффициент детерминации показывает, что на 98,6% вариация значения прочности бетона на сжатие обусловлена влиянием водоцементного отношения.

Плотность бетона так же, как и прочность, зависит от ряда факторов. Но в боль-

шинстве случаев наибольшую роль оказывает водоцементное отношение.

Исходя из имеющихся данных по водоцементному соотношению и плотности бетонов зависимость будет выглядеть следующим образом (рис. 4).

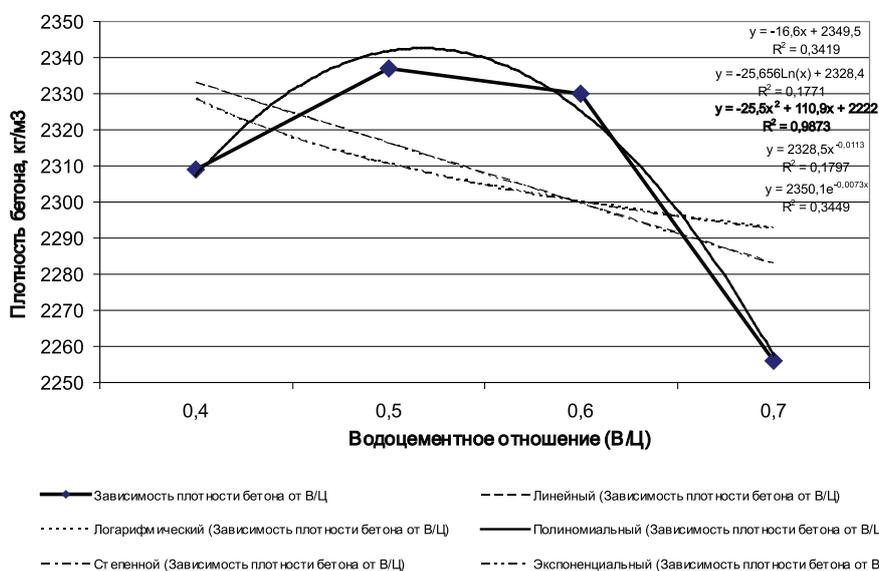


Рис. 4. Зависимость плотности бетона от водоцементного отношения

Согласно коэффициенту детерминации  $R^2$  наилучшим образом данную зависимость отражает параболическая (полиномиальная) функция

$$y = 2222 + 110,9x - 25,5x^2. \quad (8)$$

Коэффициент уравнения (8)  $a_1$  показывает, что при изменении водоцементного

отношения на 20% плотность бетона увеличивается на 110,9 кг/м<sup>3</sup>, но это изменение будет происходить с ускорением  $-25,5$ , т.е. при достижении определенного уровня водоцементного отношения плотность бетона начнет снижаться.

Коэффициент детерминации показывает, что на 98,7% вариация значения плот-

ности бетона обусловлена влиянием водоцементного отношения.

### Выводы

1. Исследованиями установлено, что все представленные виды бетонов соответствуют заявленному классу. При этом наилучшие показатели относятся к бетону В20 (М250).

2. С учетом полученных коэффициентов вариации бетонам В20(М250), В22,5(М300) и В25(М350) можно было бы присвоить более высокий класс.

3. Исследованиями установлено, что наименьший вариационный разброс значений результатов исследований плотности бетонов приходится на бетоны В20(М250) и В22,5(М300), а наибольший – у бетона В15(М200). Результаты анализа вариации средней плотности говорят о стабильности качества бетона. Средняя плотность всех видов бетонов находится в районе 2300 кг/м<sup>3</sup>, что соответствует их типу.

4. Зависимость прочности бетонов на сжатие от водоцементного отношения можно выразить с помощью параболической (полиномиальной) функции, коэффициенты которой говорят, что при изменении водоцементного отношения на 20% прочность бетона при сжатии уменьшается на 2,915 МПа и это изменение будет происходить с ускорением –0,975. Вариация значения прочности бетона на сжатие на 98,6% обусловлена влиянием водоцементного отношения.

5. Зависимость плотности бетонов от водоцементного отношения можно выразить с помощью параболической (полиномиальной) функции, коэффициенты которой говорят, что при изменении водоцементного отношения на 20% плотность бетона увеличивается на 110,9 кг/м<sup>3</sup>, но это изменение будет происходить с ускорением –25,5, т.е. при достижении определенного уровня водоцементного отношения плотность бетона начнет снижаться. Вариация значения плотности бетона на 98,7% обусловлена влиянием водоцементного отношения.

*Работа выполнена в рамках грантов Российского фонда фундаментальных исследований:*

*№ 13-08-97171 «Исследования в области создания новых полимербетонов, каркасных фибробетонов, бетонов различного фракционного состава с биоцидными добавками для организации промышленного производства строительных изделий с повышенной долговечностью, биологической и климатической стойкостью на предприятиях Республики Мордовия»;*

*№ 13-08-97175 «Исследование характера разрушения типовых элементов бетонных конструкций с продольной и поперечной арматурой из металла и высокопрочных крепежных элементов из полимерных композиционных материалов при воздействии приморского климата и морской воды»;*

*№ 13-08-97182 «Исследование механизмов разрушения бетона при моделировании климатического воздействия в лабораторных условиях ускоренными методами»;*

*№ 13-08-97179 «Исследование закономерностей влияния климата и циклических механических нагрузок на крупногабаритные типовые строительные конструкции, изготавливаемые на предприятиях Республики Мордовия».*

### Список литературы

1. Баженов Ю.М. Бетоны повышенной долговечности // Строительные материалы. – 1999. – № 7–8. – С. 21.
2. Баженов Ю.М. Высококачественный тонкозернистый бетон // Строительные материалы. – 2000. – № 2. – С. 24–25.
3. Бондаренко В.М., Римшин В.И. Примеры расчета железобетонных и каменных конструкций. – М.: ТИД «Студент», 2014. – 539 с.
4. Карпенко Н.И., Радайкин О.В. К совершенствованию диаграмм деформирования бетона для определения момента трещинообразования и разрушающего момента в изгибаемых железобетонных элементах // Строительство и реконструкция. – 2012. – № 3. – С. 10–16.
5. Макридин Н.И., Максимова И.Н., Овсюкова Ю.В. Изменение конструкционной прочности модифицированной структуры цементного камня во времени // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – № 2. – С. 36–41.

### References

1. Bazhenov Yu.M. Concrete of the increased durability // Construction materials. 1999. No. 7–8. pp. 21.
2. Bazhenov Yu.M. High-quality fine-grained concrete // Construction materials. 2000. no. 2. pp. 24–25.
3. Bondarenko V.M., Rimshin V.I. Examples of calculation of ferroconcrete and stone designs, M., TID Student, 2014, 539 p.
4. Karpenko N.I., Radaykin O.V. To improvement of charts of deformation of concrete for definition of the moment of a treshchinoobrazovaniye and the destroying moment in bent ferroconcrete elements // Construction and reconstruction. 2012. no. 3. pp. 10–16.
5. Makridin N.I., Maksimova I.N., Ovsyukov Yu.V. Change of constructional durability of the modified structure of a cement stone in time // Regional architecture and construction. 2011. no. 2. pp. 36–41.

### Рецензенты:

Берлинов М.В., д.т.н., профессор, заместитель директора института ЖКК МГСУ, г. Москва;

Мирсаяпов И.Т., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой оснований и фундаментов, динамики сооружений и инженерной геологии, КГАСУ, г. Казань.

Работа поступила в редакцию 26.08.2014.