МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный строительный университет»

Утверждено на заседании кафедры
технологии вяжущих веществ,
бетонов и строительной керамики
«__» _____ 20__ г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе по дисциплине
«Технология бетона, строительных изделий и конструкций»

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ БЕТОННОЙ СМЕСИ, ПРОЧНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕТОНА

Ростов-на-Дону
2006

УДК 666. 972. 07

Расчет параметров натяжения арматуры: Методические указания к лабораторной работе по курсу «Технология бетона, строительных изделий и конструкций». – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2002. – 19 с.

Изложены общие теоретические положения, определены цель и состав лабораторной работы, приведены методики, требования к содержанию и оформлению отчета, а также справочные данные, необходимые для выполнения работы.

Предназначены для студентов очной и заочной формы обучения по специальности 2906 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Составитель: канд. техн. наук. доц.Чмель Г.В.

Рецензенты: коллектив кафедры ТВВБиСК

Редактор Т.М. Климчук

Темплан _____ г., поз. 158

Подписано в печать _____ Формат 60х84/16.

Бумага писчая. Ризограф. Уч. – изд. л. 1,3. Тираж 50 экз. Заказ

Редакционно-издательский центр

Ростовского государственного строительного университета

344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

© Ростовский государственный
строительный университет, 2006

1 Аналитический обзор

Бетон это искусственный каменный материал, получаемый в результате твердения рационально подобранной, тщательно перемешанной и уплотненной смеси сырьевых компонентов: вяжущего, заполнителей, затворителя и, при необходимости, химических добавок. До затвердевания такая смесь называется бетонной смесью.

Основным свойством бетонной смеси является ее *удобоукладываемость*, т.е. способность принимать определенную форму, растекаться и уплотняться под действием собственной массы или под внешним воздействием.

Основным свойством и показателем назначения бетона является его *прочность*, т.е. способность выдерживать определенные внутренние напряжения, вызванные внешними нагрузками без разрушения.

Очень важным показателем является *эффективность состава бетона*, которая предполагает решение двух задач: технической и экономической. Эффективным составом бетона называется такой состав, который обеспечивает выполнение технических требований к бетону при минимальных затратах. Эффективность состава бетона зависит от расхода цемента, т.к. и основные технические показатели бетонной смеси и бетона и его стоимость являются функцией от расхода цемента.

1.1 Факторы, влияющие на удобоукладываемость бетонной смеси

1.1.1 *Количество воды затворения.* Смеси с большим количеством воды затворения обладают более высокой подвижностью и меньшей жесткостью.

1.1.2 *Вид вяжущего, его водопотребность.* При равных условиях бетонные смеси, приготовленные на цементах с меньшей нормальной густотой, более подвижны.

1.1.3 *Вид заполнителя* Заполнители с меньшей водопотребностью обеспечивают лучшую удобоукладываемость бетонной смеси.

Бетонные смеси, приготовленные на гравии и речном песке при прочих равных условиях обладают лучшей удобоукладываемостью, по сравнению с бетонными смесями на щебне и горном песке, т.к.. заполнители, имеющие окатанную форму зерен, обладают меньшей поверхностью зерен, следовательно меньшей водопотребностью (для смачивания меньшей поверхности требуется меньше воды).

1.1.4 *Наибольшая крупность заполнителя.* С увеличением среднего диаметра зерен заполнителей уменьшается их суммарная удельная поверхность и требуемая удобоукладываемость достигается при меньшем водосодержании.

1.1.5 *Соотношение между мелким и крупным заполнителями (М/К).* Лучшую удобоукладываемость получают при М/К, обеспечивающем оптимальное сочетание пустотности и поверхности.

Если в смеси заполнителей недостаточное количество мелкой фракции, требуемой для заполнения межзерновой пустотности крупного заполнителя, то такая смесь не будет обладать достаточной удобоукладываемостью.

Если в смеси заполнителя будет избыток мелкой фракции, то такой заполнитель обладает большей водопотребностью, т.к. возрастает суммарная поверхность смачивания и это приводит к снижению удобоукладываемости.

1.1.6 *Количество цементного теста.* Увеличение количества цементного теста с постоянным В/Ц приводит к улучшению удобоукладываемости.

1.1.7 *Добавки ПАВ.* Введение пластифицирующих добавок ПАВ в бетонную смесь снижает ее водопотребность, что при одинаковом водосодержании позволяет получить лучше укладываемые смеси.

1.2 Факторы, влияющие на прочность бетона

1.2.1. *Активность цемента.* В одинаковых составах более высокая активность вяжущего обеспечивает большую прочность бетона.

1.2.2 *Качество заполнителей* При всех равных условиях бетоны, приготовленные на материалах лучшего качества, обладают повышенной прочностью.

1.2.3 *Соотношение частей воды и цемента в смеси по массе (В/Ц или Ц/В)* Увеличение относительного содержания воды понижает вяжущую способность цементного клея и снижает прочность цементного камня, что приводит к снижению прочности бетона.

$$R_b = A\,R_ц\,(Ц/В \pm Б)$$

1.2.4 *Возраст бетона* При положительных температурах и достаточной относительной влажности среды бетоны твердеют продолжительное время, непрерывно увеличивая свою прочность.

1.3 Факторы, влияющие на эффективность состава бетона

1.3.1 *Качество заполнителей* Низкое качество материалов приводит к снижению прочности бетона, что приходится компенсировать дополнительным расходом цемента.

1.3.2 *Вид вяжущего.* Применение вяжущего с повышенной водопотребностью приводит к большему расходу его в бетоне.

1.3.3 *Наибольшая крупность заполнителя.* Для бетонов с большим средним диаметром зерен заполнителя требуется меньше цемента, т.к. меньшая суммарная поверхность требует меньше цементного теста для смазки этой поверхности.

1.3.4 *Активность вяжущего*. Этот фактор определяет расход цемента и стоимость бетона. Лучшие результаты получаются при активности цемента, обеспечивающей получение заданной прочности бетон при величине Ц/В < 2,5, и не приводящей к снижению расхода цемента ниже минимально допустимого значения, обеспечивающего получение плотной структуры бетона.

1.3.5 *Соотношение между мелким и крупным заполнителями.* Сочетание фракций заполнителя в бетоне должно быть оптимальным. При

недостатке мелкого заполнителя межзерновую пустотность крупного заполнителя приходится заполнять цементным тестом для обеспечения плотной слитной структуры бетона.

При избытке мелкого заполнителя увеличивается суммарная поверхность заполнителя, для смазки которой требуется больше цемента.

1.3.6 *Вид заполнителя.* В бетонных смесях, приготовленных на гравии требуется меньше цементного теста для обволакивания зерен заполнителя, кроме того, гравий обладает меньшей водопотребностью. Однако, прочность сцепления цементного камня с гладкой поверхностью гравия ниже, чем с поверхностью шероховатого щебня, следовательно это отражается на прочности бетона.

2 Классификация бетонных смесей и бетонов, технические требования, предъявляемые к ним

2.1 Требования к бетонным смесям регламентируются ГОСТ-7473.

По степени готовности бетонные смеси подразделяются:

- на бетонные смеси готовые к употреблению (БСГ);
- бетонные смеси сухие (БСС).

В зависимости от показателя удобоукладываемости бетонные смеси делятся на 3 группы:

- сверхжесткие (СЖ);
- жесткие (Ж);
- подвижные (П).

Группы делятся на марки по удобоукладываемости:

- сверхжесткие смеси:

СЖ 3 – жесткостью Ж >100 с;

СЖ 2 - Ж = 51 – 100 с;

СЖ 1 - Ж = 50 и менее секунд

- жесткие смеси:

Ж 4 – жесткостью Ж = 31 – 60 с;

Ж 3 - Ж = 21 – 30 с;

Ж 2 - Ж = 11 – 20 с;

Ж 1 - Ж = 5 – 10 с

- подвижные смеси:

П 1 – жесткостью Ж = 4 с и менее, подвижностью ОК = 1 – 4 см;

П 2 – подвижностью ОК = 5 -9 см;

П 3 - ОК = 10 – 15 см;

П 4 - ОК = 16 – 20 см;

П 5 - ОК = 21 см и более

2.2 Технические требования к бетонам (ГОСТ 266333)

Качество бетонов оценивается следующими показателями:

- прочность бетона на сжатие и растяжение;
- морозостойкость;
- средняя плотность;
- влажность;
- водопоглощение;
- показатели пористости;
- истираемость;
- деформации усадки и ползучести;
- характеристики трещиностойкости и др.

Прочность бетона в проектном возрасте характеризуется классами прочности на сжатие, осевое растяжение и растяжение при изгибе.

Классом бетона по прочности называется гарантированное с обеспеченностью 0,95 значение прочности бетона за контролируемый период, приведенное к номинальному ряду.

Для бетонов установлены следующие классы:

- по прочности на сжатие В3,5; В5; В7,5; В10; В12; В15; В20; В25; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60; В65; В70; В75; В80 (допускается В22,5 и В27,5);

- по прочности на осевое растяжение B_t0,4 - B_t4,0 (через 0,4 МПа);
- по прочности на растяжение при изгибе B_{tb}0,4 - B_{tb}8,0 (через 0,4 МПа).

Для бетонов конструкций, подвергающихся в процессе эксплуатации попеременному замораживанию и оттаиванию, назначаются марки по морозостойкости: F50, F75, F100, F150, F200 – F1000 (через 100 циклов).

Для бетонов конструкций, к которым предъявляются ограничение проницаемости или повышенной плотности и коррозионной стойкости, назначают марки по водонепроницаемости: W2 – W20 (через 2%).

2.3 Условные обозначения бетонной смеси при заказе должны состоять из сокращенного обозначения бетонной смеси с указанием степени готовности, типа бетона и его класса по прочности, марки по удобоукладываемости, морозостойкости и водонепроницаемости, средней плотности (для легкого бетона) и обозначения действующего стандарта.

Пример условного обозначения готовой к употреблению бетонной смеси тяжелого бетона класса В 25, марки по удобоукладываемости П 1, морозостойкости F 200 и водонепроницаемости W 4:

БСГ В25 П1 F200 W4 ГОСТ 7473 – 97.

То же, бетонной смеси, готовой к употреблению, легкого бетона класса В 12,5, марки по удобоукладываемости П 2, морозостойкости F 200, водонепроницаемости W 2, средней плотности D 900:

БСГ В12,5 П2 F200 W2 D900 ГОСТ 7473 – 97.

3 Методики испытаний

3.1 Оценка удобоукладываемости бетонной смеси

Удобоукладываемость это способность бетонной смеси растекаться, принимать определенную форму и уплотняться под действием собственной массы или внешних факторов.

Удобоукладываемость характеризуется жесткостью Ж в секундах и подвижностью П, оцениваемой величиной осадки конуса ОК в сантиметрах.

3.1.1 Определение подвижности бетонной смеси

Определение осадки конуса бетонной смеси производят в следующем порядке.

Перед началом испытания все поверхности, соприкасающиеся с бетонной смесью в процессе испытания, необходимо очистить и увлажнить.

Форму-конус устанавливают на металлическую поверхность и заполняют его бетонной смесью через воронку-насадку в три слоя одинаковой высоты. Каждый слой уплотняют 25 ударами металлической штыковки. Конус во время уплотнения должен быть плотно прижат к металлической поверхности.

После уплотнения бетонной смеси в конусе насадку снимают, избыток смеси удаляют, поверхность заглаживают. Затем форму снимают вертикально вверх и устанавливают рядом с отформованной конусом бетонной смеси.

Осадку конуса бетонной смеси определяют, укладывая металлическую штыковку на верх формы-конуса и измеряя расстояние между штыковкой и о верхом бетонной смеси.

3.1.2 Определение жесткости бетонной смеси

Жесткость бетонной смеси характеризуется временем вибрации в секундах, необходимым для выравнивания и достижения определенной степени уплотнения бетонной смеси в приборе для определения жесткости.

При проведении испытаний прибор помещают на виброплощадку, устанавливают и жестко закрепляют в штативе диск. В цилиндр помещают форму-конус с насадкой. Заполнение конуса бетонной смесью и уплотнение ее производится так же, как и при определении осадки конуса (в 3 приема со штыкованием каждого слоя 25 раз).

Затем форму-конус снимают, поворотом штатива диск устанавливают над отформованным конусом бетонной смеси и плавно опускают на поверхность бетонной смеси.

Далее одновременно включают виброплощадку и секундомер и наблюдают за выравниванием и уплотнением бетонной смеси. Вибрирование

продолжают до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста из любых двух отверстий диска. В этот момент выключают секундомер и вибратор. Полученное время в секундах характеризует жесткость бетонной смеси.

3.2 Определение средней плотности бетонной смеси

Плотность бетонной смеси определяется по ГОСТ 10181.2.

Для проведения испытаний применяют цилиндрические металлические сосуды (емкость которых зависит от крупности заполнителя).

Плотность бетонной смеси характеризуется отношением массы уплотненной бетонной смеси к ее объему.

Перед проведением испытаний металлический цилиндр взвешивают, внутреннюю поверхность очищают и увлажняют. Затем на цилиндр надевают насадку-воронку и укладывают бетонную смесь в два приема с избытком, со штыкованием каждого слоя металлической штыковкой. Далее сосуд со смесью и насадкой устанавливают в центре виброплощадки и уплотняют вибрированием (продолжительность вибрирования зависит от удобоукладываемости смеси).

После уплотнения смеси цилиндр снимают с виброплощадки, насадку убирают, излишек смеси удаляют, поверхность заглаживают и производят взвешивание.

Плотность бетонной смеси $\rho_{см}$, кг/м^3 вычисляют по формуле:

$$\rho_{см} = \frac{m - m_1}{V}, \qquad (1)$$

где m – масса цилиндра с бетонной смесью, г;

m_1 – масса пустого цилиндра, г;

V – объем мерного цилиндра, л.

3.3 Определение предела прочности при сжатии по контрольным образцам

Определение прочности бетона состоит в измерении минимальных усилий, разрушающих контрольные образцы бетона при их статическом

нагружении с постоянной скоростью роста нагрузки и последующем вычислении напряжений при этих усилиях в положении упругой работы материала.

Определение прочности на сжатие производится на образцах-кубах размером грани 70, 100,150, 200 и 300 мм; призмах квадратного сечения и цилиндрах различного размера. За базовый образец при всех испытаниях принимают куб с размером сечения 150 мм.

При изготовлении контрольных образцов формы заполняют бетонной смесью слоями высотой не более 100 мм. Каждый слой уплотняют штыкованием (1 удар металлической штыковки на 10 см^2).

При использовании бетонной смеси подвижностью менее 10 см или жесткостью менее 10 с, форму со смесью закрепляют в центре виброплощадки и дополнительно уплотняют смесь вибрированием до полного уплотнения, характеризуемого прекращением оседания бетонной смеси, выравниванием поверхности, появлением на ней слоя цементного теста и прекращением выделения пузырьков воздуха.

При изготовлении образцов из бетонной смеси жесткостью более 10 с уплотнение необходимо производить с использованием пригруза, обеспечивающем давление 4±0,5 кПа.

После окончания укладки и уплотнения бетонной смеси в форме верхнюю поверхность образца заглаживают мастерком. На образцы наносится маркировка, не повреждающая образец и не влияющая на результаты испытаний.

Образцы, предназначенные для твердения в нормальных условиях, после изготовления до распалубливания хранят в формах, накрытых влажной тканью или другим материалом, исключающим возможность испарения влаги, в помещении с температурой 20±5 ^{0}С, а затем после распалубки во влажной среде до момента испытания.

Испытания проводятся в помещениях с температурой воздуха 20±5 ^{0}С, и относительной влажностью не менее 55 %.

Перед испытанием образцы осматривают с целью выявления дефектов виде околов ребер, раковин и включений и выбраковывают.

На образцах, предназначенных для испытания отмечают грани, к которым будут приложены усилия в процессе испытания (рабочие поверхности) и производят их измерение с погрешностью не более 1 мм.

Перед установкой образца на пресс удаляют частицы бетона, оставшегося от предыдущих испытаний.

При испытании на сжатие образец устанавливают одной из рабочих поверхностей в центре нижней опорной плиты пресса и совмещают верхнюю плиту с верхней гранью образца.

Нагружение образцов производят непрерывно со скоростью, обеспечивающей повышение расчетного напряжения в образце до его полного разрушения в пределах 0,6±0,4 МПа/с. Продолжительность нагружения одного образца не менее 30 с.

Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимают за разрушающую нагрузку и записывают в журнале. Разрушенный образец осматривают и отмечают в журнале характер разрушения, наличие крупных раковин и каверн внутри образца, комков глины, следов расслоения и т.п. Результаты испытания таких образцов не учитываются.

Прочность бетона в МПа (кгс/см^2) вычисляется с точностью до 0,1 МПа (1 кгс/см^2) при испытаниях на сжатие по формуле:

$$R_b = \frac{P}{F}\alpha, \qquad (2)$$

где R_b – прочность бетона, МПа (кгс/см^2);

P – разрушающая нагрузка, Н (кгс);

F – площадь сечения образца, мм^2 (см^2);

α – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона в контрольных образцах к прочности бетона в образцах базового размера и формы (при использовании кубов с размером ребра 100 мм α=0,95).

4 Характеристики использованных матариалов и методика выполнения лабораторной работы

4.1 В работе использовались материалы лаборатории кафедры ТВВБиСК:

- вяжущее – портландцемент новороссийского завода, $R_ц$=41,5 МПа; НГ=26%; $\rho_ц$=3,1 г/см^3; $\rho_{нц}$=1100 кг/м^3;

- крупный заполнитель – щебень из песчаника с $\rho_щ$=2,62 г/см^3; $\rho_{нщ}$=1420 кг/м^3; фракционированный, рекомендуемое соотношение фракций в бетоне (5 – 10) : (10 – 20) = 40% : 60%;

- мелкий заполнитель – песок кварцевый реки Дон, мелкий Мк=1,3; $\rho_п$=2,64 г/см^3; $\rho_{нп}$=1450 кг/м^3;

- затворитель – вода водопроводная питьевая.

4.2 При приготовлении бетонных смесей дозирование и перемешивание компонентов производилось вручную по следующей методике.

Взвешивание необходимого количества сыпучих сырьевых материалов производилось на лабораторных весах. Дозирование воды осуществлялось с помощью стеклянного мерного цилиндра. На предварительно протертый влажной тканью поддон поочередно высыпались отдозированные сырьевые материалы с последующим поочередным перемешиванием в следующей последовательности: песок + цемент (перемешивание), + крупный заполнитель фр. 5 ÷ 10 мм (перемешивание), + крупный заполнитель фр. 10 ÷20 мм (тщательное перемешивание). В лунку, сделанную в центре смеси сухих компонентов вливалась примерно половина общего количества отдозированной воды затворения. Затем производилось перемешивание: сначала осторожно, а потом интенсивно до равномерного увлажнения смеси. После этого вливалась оставшаяся вода и смесь тщательно перемешивалась.

4.3 Оценка удобукладываемости приготовленной смеси производилась по методике, описанной в п. 3.1.

4.4 Среднюя плотность бетонной смеси определялась согласно методике, приведенной в п. 3.2.

4.5 Изготовление контрольных образцов-кубов с размером ребра 100мм и их испытание по истечении 28 сут нормального твердения производилось по методике, представленной в п. 3.3.

4.6 Расчет фактического состава бетона производился с учетом средней плотности бетонной смеси.

5 Методики проведения экспериментов

5.1 Удобоукладываемость бетонной смеси

5.1.1 Для оценки влияния количества воды затворения на удобоукладываемость смеси готовились замесы с различным водосодержанием. Расход сухих компонентов смеси оставался постоянным (составы ….1.1-….1.3 таблицы 1).

Результаты оценки подвижности бетонной смеси, составы исходных замесов и фактические расходы материалов на 1 $м^3$ бетона приводятся в сводной ведомости (таблица 1). Полученные данные графически представлены на рисунке 3.

5.1.2 Параллельно в подгруппе готовились аналогичные смеси с добавкой суперпластификатора С-3 в количестве 1% от массы цемента по сухому веществу (составы ….2.1-….2.3 таблицы 1).

Результаты эксперимента также представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 - Сводная ведомость свойств бетонных смесей, составы исходных замесов и фактические расходы материалов на $м^3$ бетона

№ сстава	Расходы материалов на замес, кг					Ц/В	Подвижность бетонной смеси, ОК, см	Средняя плотность смеси, кг/$м^3$	Фактический расход материалов на $м^3$,кг			
	Ц′	В′	П′	Щ′	Д′, г				Ц	В	П	Щ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.1.1 1.1.2 1.1.3												

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.2.1 1.2.2 1.2.3												
2.1.1 2.1.2 2.1.3	2,2 « «	1,28 1,48 1,68	4,5 « «	10,0 « «	- - -	1,72 1,46 1,35						
2.2.1 2.2.2 2.2.3	2,2 « «	1,18 1,33 1,43	4,5 « «	10,0 « «	- - -	1,86 1,65 1,54						
3.1.1 3.1.2 3.1.3												
3.2.1 3.2.2 3.2.3												
4.1.1 4.1.2 4.1.3												
4.2.1 4.2.2 4.2.3												

Методика расчета фактического состава бетона

(с учетом средней плотности бетонной смеси)

1 Расчет фактического объема замеса:

$P_{бс}$ - 1000 л

$\sum m_к$ - x ($V_з$) $\rightarrow$ $V_з = \dfrac{\sum m \cdot 1000}{\rho_{б.см}}$

2 Расчет расхода материалов на 1 м^3 бетона:

$V_з$ - Ц′

1000 л - x (Ц) $\rightarrow$ $Ц = \dfrac{Ц' \cdot 1000}{V_з}$

Рисунок 1 – Зависимость удобоукладываемости бетонной смеси от водосодержания:
1 – бетонная смесь без добавки;
2 – бетонная смесь с добавкой С-3.

5.1.3 Из полученных данных следует, что увеличение водосодержания бетонной смеси приводит к улучшению удобоукладываемости. В проведенных опытах при добавлении воды подвижность смеси повышается. Это характерно как для бездобавочных смесей, так и для смесей, модифицированных суперпластификатором.

Введение в бетонную смесь суперпластификатора С-3 с водой затворения способствует повышению подвижности смеси при одинаковом водосодержании, что позволяет получить определенную подвижность смеси при меньшем водосодержании. За счет этого можно получить следующий эффект: улучшение качества бетонной смеси и бетона, повышение прочности бетона (повышение Ц/В, снижение пористости), повышение долговечности.

5.2 Эффективность состава бетона

5.2.1 При исследовании эффективности состава бетона изучалось влияние зернового состава заполнителей на расход цемента в равнопрочных бетонах, которое определялось в процессе подбора состава бетонной смеси с определенной удобоукладываемостью при различных соотношениях между песком и щебнем.

5.2.2 Составы бетонных смесей с постоянным соотношением масс цемента и воды (Ц/В=….) при различных соотношениях П/Щ приводятся в сводной ведомости (таблица 2). Полученная экспериментальная зависимость Ц = f (П/Щ) графически представлена на рисунке 2.

Таблица 2 - Сводная ведомость свойств бетонных смесей и бетонов, составы исходных замесов и фактические расходы материалов на м^3

№ состава	Расходы материалов на замес, кг				Ц/В	П/Щ	Подвижность бетонной смеси, ОК, см	Средняя плотность смеси, кг/м^3	Фактический расход материалов на м^3,кг			
	Ц′	В′	П′	Щ′					Ц	В	П	Щ
1.1.1 1.1.2 1.1.3 1.1.4												
2.1.1 2.1.2 2.1.3 2.1.4	2,2 « «	1,28 1,48 1,68	4,5 « «	10,0 « «	1,72 1,46 1,35							
3.1.1 3.1.2 3.1.3 3.1.4												
4.1.1 4.1.2 4.1.3 4.1.4												

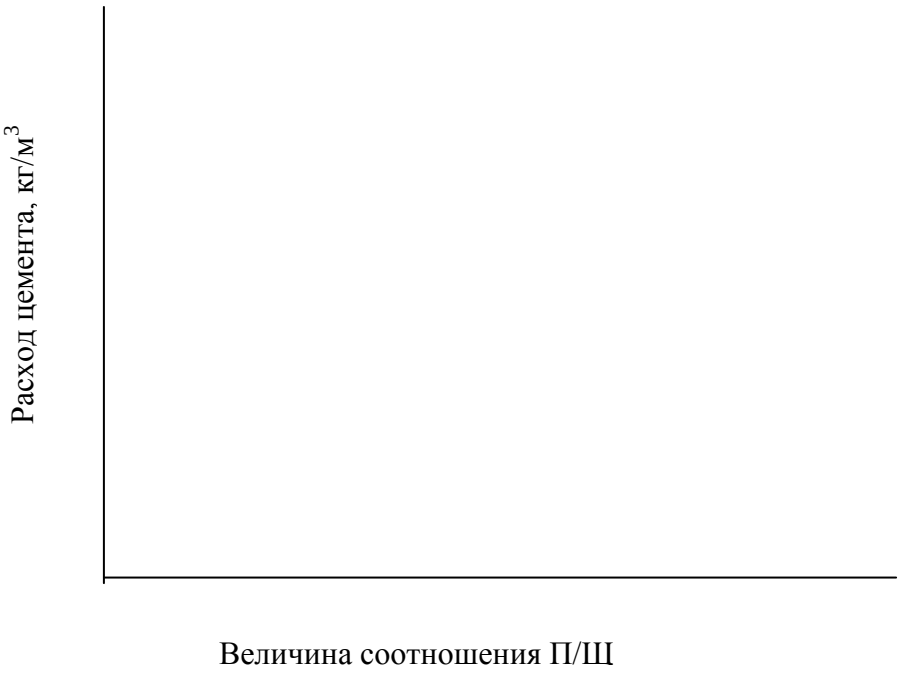

Рисунок 2 – Зависимость расхода цемента от соотношения П/Щ

5.2.3 Из полученных данных следует, что при недостатке песка в смеси заполнителей, увеличение его концентрации приводит к снижению расхода цемента в бетонной смеси определенной удобоукладываемости. В заполнителе при добавлении песка уменьшается межзерновая пустотность и для заполнения пустот требуется меньше цементного теста.

Для исследованных материалов существует оптимальное соотношение между песком и щебнем, при котором требуется минимальное количество цементного теста. По данным эксперимента оптимальное соотношение П/Щ=0,38-0,39.

Увеличение относительного содержания песка в смеси сверх оптимального приводит к снижению эффективности бетона. В смесях с большим содержанием песка возрастает поверхность, для смазки которой требуется больше цемента.

5.3 Прочность бетона

5.3.1 Для изучения зависимости прочности бетона от величины Ц/В изготавливались контрольные образцы с размером ребра 100 мм из бетонной смеси марки по удобоукладываемости П1 с различным соотношением Ц/В. Образцы подвергались твердению в нормальных условиях в течение 28 сут, а

затем производилось испытание образцов на сжатие. Изготовление, хранение и испытание контрольных образцов производилось по стандартной методике, изложенной в п. 3.3. По результатам испытаний, представленным в таблице 3 построена графическая зависимость $R_b = f$ (Ц/В) (рисунок 3).

Таблица 3 – Результаты испытания контрольных образцов

Шифр образца	Ц/В	Предел прочности бетона в контрольном образце, МПа	Среднее значение, МПа
1.1 1.2	1,7		
2.1 2.2	2,0		
3.1 3.2	2,2		
4.1 4.2	2,5		

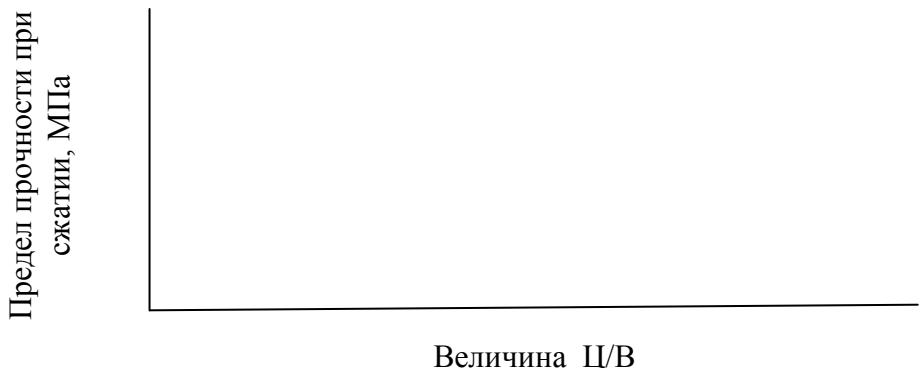

Рисунок 3 – Зависимость предела прочности при сжатии от величины Ц/В

5.2.3 Полученные экспериментальные данные не противоречат известным теоретическим положениям о том, что с увеличением величины Ц/В прочность бетона возрастает.