ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»

Методические указания

для выполнения лабораторной работы №1 по дисциплине

«ТЕХНОЛОГИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ БЕТОНА»

для обучающихся заочной формы по направлению
08.03.01 «Строительство»
профиль «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Автор
Шляхова Е.А.

Ростов-на-Дону, 2020

Аннотация

Методические указания содержат общие указания, задания для выполнения лабораторной работы, а также перечень рекомендуемой учебной литературы.

Предназначены для студентов заочной формы обучения направления 08.03.01 «Строительство» профиля «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Изложены различные методики определения физико-механических свойств плотных заполнителей, правила обработки и анализа результатов испытаний, требования нормативных документов, приведен способ оценки межзерновой пустотности смеси заполнителей.

Автор

Доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»
Шляхова Елена Альбертовна

Оглавление

Введение 4

Общие методические указания 6

Задания для выполнения контрольной работы 8

Список рекомендуемой учебной литературы 18

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина **«Технология заполнителей бетона»**, в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования к структуре основной образовательной программы подготовки бакалавра по направлению «Строительство», относится к базовой части профессионального учебного цикла и обеспечивает логическую взаимосвязь между дисциплинами всех учебных циклов.

Целью изучения дисциплины является формирование у бакалавра знаний о влиянии основных свойств заполнителей на свойства бетона и раствора, а также умений применять эти знания по выбору и использованию по назначению заполнителей в конкретных условиях производства.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

– грамотно использовать теоретические положения ранее изученных дисциплин всех учебных циклов основной образовательной программы;

– рационально и эффективно решать практические задачи в области технологии бетона и железобетона;

– правильно применять основные нормативные документы (государственные стандарты, своды правил, строительные нормы и правила, отраслевые нормы технологического проектирования и др.), регламентирующие технологию производства бетона и железобетона;

– грамотно выполнять и оформлять инженерно-технические и экономические расчеты;

– широко использовать мероприятия, направленные на экономию и рациональное использование энергетических и сырьевых ресурсов, а также на снижение трудоемкости производственных процессов.

Для преподавания дисциплины на кафедре предусмотрены традиционные технологии в рамках аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов.

Аудиторные занятия включают:

— лекции, на которых преподаватель раскрывает наиболее сложные вопросы дисциплины, дает рекомендации о том, каким образом студенты должны работать с рекомендуемой литературой;

— лабораторные работы, предназначенные для приобретения студентами навыков работы на лабораторном оборудовании, а также обработки полученных результатов.

Самостоятельная работа студентов заочной формы обучения включает в себя подготовку к защите лабораторных работ, курсового проекта и экзамену.

Лабораторная работа выполняется студентами после изучения теоретического материала и ответа на тестовые вопросы, приведенные в методических указаниях. По завершении лабораторной работы проводится собеседование с каждым студентом для оценки его компетентности по данной дисциплине.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Лабораторную работу до дисциплине «**Технология заполнителей бетона**» студенты заочной формы обучения по профилю «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» направления «Строительство» выполняют и представляют для проверки в сроки предусмотренные учебным планом – в период между установочной и экзаменационной сессиями соответствующего семестра.

Лабораторную работу следует выполнять в соответствии с заданиями, установленными настоящими методическими указаниями.

Отчет по лабораторной работе следует оформлять рукописным способом в обычной ученической тетради с полями, объемом 12-14 страниц. Поля предназначены для возможных замечаний преподавателя, рецензирующего контрольную работу. К обложке тетради должен быть приклеен заполненный студентом ярлык, форма которого установлена и выдается деканатом инженерно-строительного факультета.

При написании отчета по лабораторной работе, рекомендуется руководствоваться конспектами лекций, а также учебниками, учебными пособиями и справочниками, список которых приведен в конце настоящих методических указаний. Студент также может самостоятельно выбирать учебную и справочную литературу или руководствоваться рекомендациями преподавателей, читающих лекции или проводящих лабораторные занятия и консультации.

При использовании Интернет-ресурсов следует отличать научно-техническую и рекламную информацию, и не приводить последнюю в ответах на вопросы.

Подготовленный отчет по лабораторной работе студент представляет для проверки на кафедру лично.

После рецензирования отчет по лабораторной работе с замечаниями преподавателя или без них возвращается студенту и подлежит защите, осуществляемой в форме устного собеседования в день, установленный для этого расписанием экзаменационной сессии.

Все замечания преподавателя должны быть устранены студентом до защиты отчета по лабораторной работе и письменно доработаны в конце тетради, в которой выполнена работа.

При возникновении затруднений в ходе составления отчета по лабораторной работе студентам рекомендуется обратиться за помощью к преподавателю. Для этого на кафедре предусмотрено проведение консультаций преподавателем, осуществляющим рецензирование и прием отчета. Даты и время проведения консультаций указываются в соответствующих графиках.

1 Общие сведения

1.1 Влияние заполнителей на свойства бетонной смеси.

При проектировании состава бетонной смеси, как правило, исходят из условия обеспечения необходимой прочности и удобоукладываемости при минимальном расходе цемента. Для бетонов плотной структуры требование минимального расхода цемента обеспечивается максимальным насыщением объема бетона заполнителями.

Если пустотность крупного заполнителя составляет $V_{пуст.к}^{\min}$, то максимальное насыщение бетона мелким заполнителем будет при $V_п = 0{,}01V_{пуст.к.}^{\min}$, где $V_П$ - расход мелкого заполнителя (песка).

В этом случае пустотность смеси мелкого и крупного заполнителей рассчитывается следующим образом:

$$V_{пуст.см.}^{\min} = \frac{V_{пуст.к.}}{V_{пуст.м.}} 100\%$$

где $V_{пуст.к.}$ - пустотность крупного заполнителя;

$V_{пуст.м.}$ - пустотность мелкого заполнителя.

В идеальном случае в 1 кубометре бетона все пустоты в крупном заполнителе будут заполнены мелким, без раздвижки зерен. На практике такие условия создать невозможно, так как вблизи контактов зерен крупного заполнителя зазоры настолько узки, что мелкий заполнитель там просто не поместится, в действительности это пространство полое, то есть там находится пустота.

В определенном диапазоне изменение объема песка от 0 до $V_П=0{,}01V_{пуст.к}$, объем крупного заполнителя будет оставаться постоянным - 1м^3 на 1м^3 бетонной смеси. При этом условно допускается, что все пустоты в крупном заполнителе заполнены мелким, без раздвижки зерен. В действительности это невозможно, так как вблизи контактов зерен крупного заполнителя

образуются очень узкие зазоры, доступ куда зерен мелкого заполнителя просто невозможен (то есть зерно песка больше по размеру, чем этот зазор).

Таким образом, если мы возьмем $Vп=0,01V_{пуст.к}$, то зерна крупного заполнителя будут неминуемо раздвинуты и пустотность смеси несколько увеличится.

На практике, исходя из условий обеспечения подвижности бетонной смеси (жесткость или подвижность) по специальным таблицам подбирают коэффициент раздвижки зерен α, при этом объем песка берется в некотором избытке к пустотности крупного заполнителя, определяя тем самым раздвижку зерен последнего.

2 Методика оценки пустотности бетонной смеси

2.1 Для расчета пустотности смеси необходимо определить экспериментально насыпную плотность крупного и мелкого заполнителей; плотность зерен крупного и мелкого заполнителей.

2.1.1 Определение средней плотности

Определение средней плотности крупного заполнителя выполняется по ГОСТ 8269.0-97.

Среднюю плотность горной породы и зерен щебня (гравия) определяют путем измерения массы единицы объема кусков породы иди зерен щебня (гравия) с использованием весов для гидростатического взвешивания.

Средства контроля и вспомогательное оборудование:

-весы настольные циферблатные;

-весы с приспособлением для гидростатического взвешивания (рисунок 1);

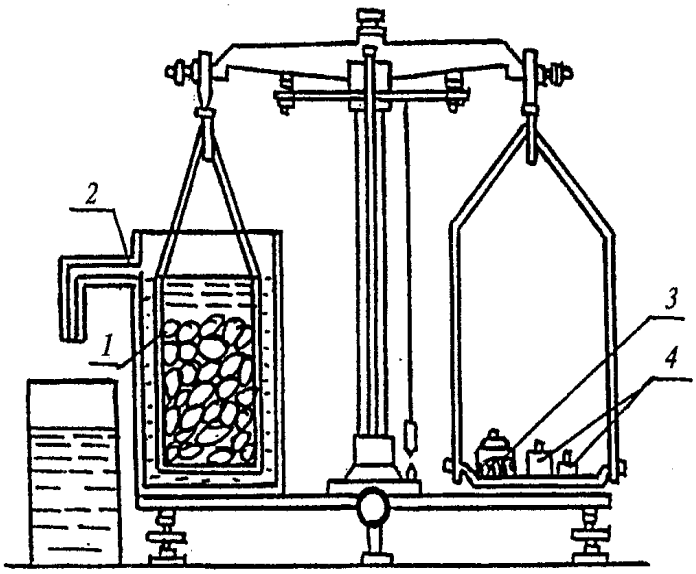
-шкаф сушильный;

-сосуд для насыщения щебня (гравия) и образцов водой;

-сита из стандартного набора;

-щетка металлическая.

Пробу высушивают до постоянной массы, просеивают через сито с размером отверстий, соответствующим наименьшему номинальному размеру зерен данной фракции щебня (гравия), и из остатка на сите отвешивают две пробы по 1000 г каждая.



1-сетчатый (перфорированный) стакан; 2-сосуд со сливом для воды; 3-стаканчик с дробью для уравновешивания массы сетчатого стакана в воде; 4- разновесы

Рисунок 1 - Весы для гидростатического взвешивания

Навеску щебня (гравия) насыщают водой, погружая их в воду комнатной температуры на 2 ч так, чтобы уровень воды в сосуде был выше поверхности образцов или щебня (гравия) не менее чем на 20 мм.

Насыщенную пробу щебня (гравия) вынимают из воды, удаляют с поверхности влагу мягкой влажной тканью и сразу же взвешивают на настольных гирных или циферблатных, а затем на гидростатических весах, помещая пробу в сетчатый (перфорированный) стакан, погруженный в воду.

Обработка результатов испытания

Среднюю плотность щебня (гравия) $\rho_к$, г/см^3, определяют по формуле:

$$\rho_в = \frac{m}{m_1 - m_2}\rho_В \qquad (1)$$

где m - масса пробы в сухом состоянии, г;

m_1 - масса пробы в насыщенном водой состоянии на воздухе, г;

m_2 - масса пробы в насыщенном водой состоянии в воде, г;

$\rho_в$ -плотность воды, принимаемая равной 1 г/см^3.

За результат принимают среднеарифметическое значение результатов испытания пяти образцов горной породы или двух параллельных испытаний проб щебня (гравия). При этом расхождение между результатами двух определений средней плотности не должно превышать 0,02 г/см^3. При больших расхождениях проводят третье определение и вычисляют среднеарифметическое двух ближайших значений.

2.1.2 Определение насыпной плотности

Определение насыпной плотности и пустотности (по ГОСТ 8269.0-97)

Насыпную плотность щебня (гравия) определяют взвешиванием определенного объема щебня (гравия) данной фракции (или смеси фракций), высушенного до постоянной массы.

Средства контроля и вспомогательное оборудование:

-весы настольные циферблатные;

-шкаф сушильный;

-цилиндры мерные по таблице 1.

Порядок подготовки в проведения испытания

Щебень (гравий) в объеме, обеспечивающем проведение испытания, высушивают до постоянной массы. При определении насыпной плотности смеси фракций рассев смеси на соответствующие фракции не допускается.

Щебень (гравий) насыпают в предварительно взвешенный цилиндр с высоты 10 см до образования конуса, который снимают стальной линейкой вровень с краями (без уплотнения) движением к себе, от себя или от середины влево и вправо, после чего цилиндр со щебнем (гравием) взвешивают.

В зависимости от наибольшего номинального размера щебня (гравия) применяют цилиндры в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Объем мерного цилиндра, л	Внутренние размеры цилиндра, мм		Фракции щебня (гравия), мм
	диаметр	высота	
5	185	185	От 5 до 10
10	234	234	Св. 10 до 20
20	294	294	Св. 20 до 40

Обработка результатов испытания

Насыпную плотность щебня (гравия) $\rho_н$, кг/м^3, определяют с точностью до 10 кг/м^3 по формуле:

$$\rho_н = \frac{m_1 - m}{V}, \qquad (2)$$

где m - масса мерного цилиндра, кг;

m_1 - масса мерного цилиндра со щебнем (гравием), кг;

V - объем мерного цилиндра, м^3.

Насыпную плотность определяют два раза, при этом каждый раз берут новую порцию щебня (гравия).

За результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

Определение пустотности

***Пустотность* щебня** (гравия) определяют расчетным путем на основании предварительно установленных значений средней плотности зерен и насыпной плотности щебня (гравия).

Пустотность щебня (гравия) $V_п$, % по объему, определяют

по формуле:

$$V_п = (1 - \frac{\rho_н}{\rho_к 1000})100, \quad (3)$$

где $\rho_н$ - насыпная плотность щебня (гравия), кг/м^3;

$\rho_к$ - средняя плотность зерен щебня (гравия), г/см^3.

2.2 Ускоренное определение истинной плотности песка (ГОСТ 8735-88)

Истинную плотность определяют путем измерения массы единицы объема высушенных зерен песка с использованием прибора Ле-Шателье.

Аппаратура:

-прибор Ле-Шателье (рисунок 2);

-весы для взвешивания;

-шкаф сушильный;

Отвешивают две навески песка массой по 75 г каждая, прибор наполняют водой до нижней нулевой риски, причем уровень воды определяют по нижнему мениску.

Каждую навеску песка всыпают через воронку прибора небольшими равномерными порциями до тех пор, пока уровень жидкости в приборе, определенный по нижнему мениску, не поднимется до риски с делением 20 см^3 (или другим делением в пределах верхней градуированной части прибора).

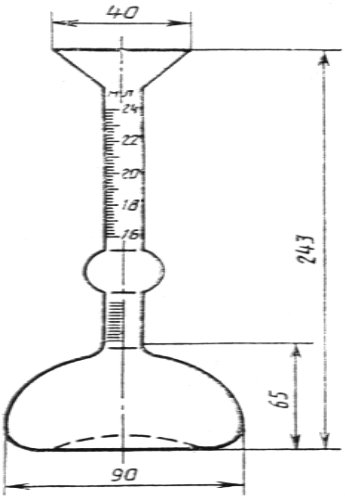


Рисунок 2 - Прибор Ле-Шателье

Для удаления пузырьков воздуха прибор поворачивают несколько раз вокруг его вертикальной оси.

Остаток песка, не вошедший в прибор, взвешивают, все взвешивания производят с погрешностью до 0,01 г.

Обработка результатов

Истинную плотность песка (ρ) в г/см^3 вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m - m_1}{V}, \qquad (4)$$

где m — масса навески песка, г;

m_1 — масса остатка песка, г;

V — объем воды, вытесненный песком, см^3.

Расхождение между результатами двух определений истинной плотности не должно быть больше 0,02 г/см^3. В случаях больших расхождений производят третье определение и вычисляют среднее арифметическое двух ближайших значений.

Определение пустотности

Пустотность (объем межзерновых пустот) песка в стандартном неуплотненном состоянии определяют на основании значений истинной плотности и насыпной плотности песка.

Пустотность песка ($V_{м.п}$) в процентах по объему вычисляют по формуле:

$$V_{м.п.} = \left(1 - \frac{\rho_н}{\rho \cdot 1000}\right) \cdot 100, \qquad (5)$$

где ρ — истинная плотность песка, г/см^3;

$\rho_н$ — насыпная плотность песка, кг/м^3.

2.3 Пример определения пустотности бетонной смеси

Условие:

-пустотность крупного заполнителя $V_{пуст.к.}$ =35%;

-пустотность мелкого заполнителя $V_{пуст.м.}$ =27%

Решение:

Расход песка составляет: $V_П$=0,01$V_{пуст.к}$= 0,01х35=0,35 кг/м^3

Пустотность смеси мелкого и крупного заполнителей рассчитывается следующим образом:

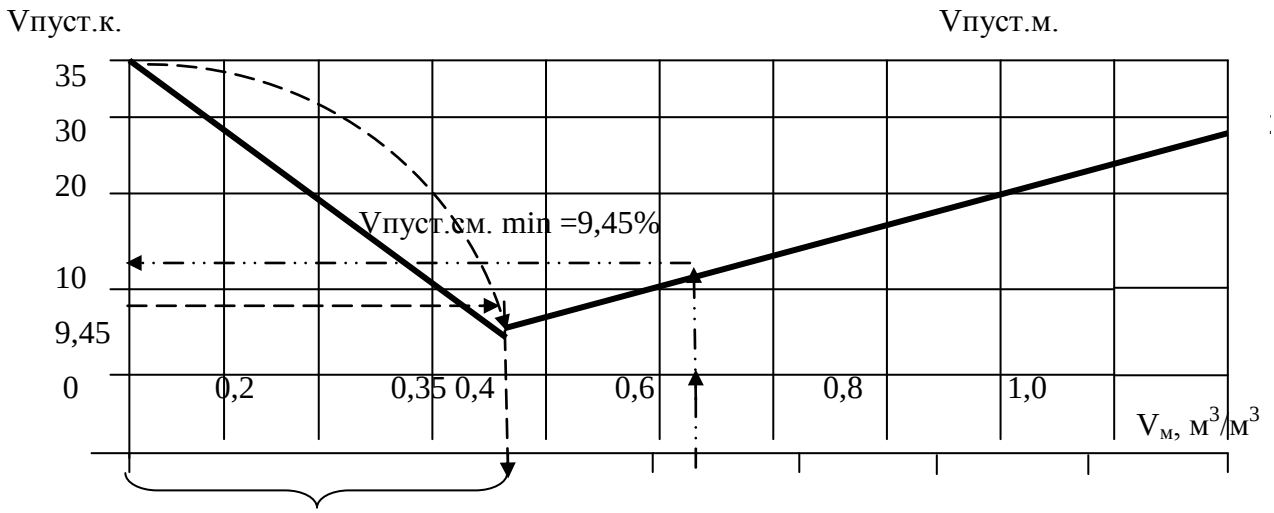
$V^{min}_{пуст..см}$ = ($V_{пуст.к}V_{пуст.м.}$)/ 100%= (35х27)/100=9,45%

Если пустотность щебня составляет 35%, а пустотность песка составляет 27%, то минимальная пустотность смеси из этих заполнителей будет равна 9,45%. Из рисунка видно, что все пустоты в крупном заполнителе заполнены мелким, без раздвижки зерен. На практике такие условия создать невозможно, т.к. вблизи контактов зерен крупного заполнителя зазоры настолько узки, что мелкий заполнитель там просто не поместится, в действительности это пространство полое, т.е. там находится пустота.

В определенном диапазоне изменение объема песка от 0 до $V_П$=0,35 кг/м^3, объем крупного заполнителя будет оставаться постоянным 1м^3/м^3. При этом условно допускается, что все пустоты в крупном заполнителе заполнены мелким, без раздвижки зерен. В действительности это невозможно, так как вблизи контактов зерен крупного заполнителя образуются очень узкие зазоры, доступ куда зерен мелкого заполнителя просто невозможен.

Если мы принимаем условие, что $V_П$ = $V_{пуст.к}$/100%, то зерна крупного заполнителя будут раздвинуты зернами мелкого и пустотность смеси возрастет. Для того, чтобы обеспечить требуемую подвижность бетонной смеси, песка в смеси заполнителей берут с некоторым избытком к пустотности крупного заполнителя, определяя этим раздвижку зерен крупного заполнителя.

По графику определяют соотношение меду крупным и мелким заполнителем.



В этом диапазоне теоретический объем мелкого заполнителя изменяется от 0 до 0,35м^3, а объем крупного равен const=1м^3.

Вывод: Пустотность смеси заполнителей определяет расход цементного теста. Чем меньше крупного заполнителя в смеси, тем больше пустотность и расход цементного теста. Если вообще отказаться от применения крупного заполнителя, то получится мелкозернистый бетон, который имеет повышенную пустотность – примерно в 2…2,5 раза выше, чем в приведенном выше примере. Чтобы компенсировать возросший объем пустот, приходится вводить повышенное количество цемента. Поэтому в бетонную смесь вводится большое количество крупного заполнителя – на 1 куб.м бетонной смеси не менее 0,7 куб.м заполнителя.

С целью снижения расхода цемента стремятся применять крупный заполнитель с минимальной пустотностью, что осуществляется путем подбора оптимального зернового состава. Чем больше диапазон фракционного состава заполнителя, тем тем ниже будет расход цемента. Для мелкозернистой бетонной смеси пустотность П-27%, эти пустоты и будут заполнены це-

ментным тестом (сравнить, для мелкозернистого бетона - 27% и для тяжелого - 11%, что соответствует расходу щебня=0,9 м^3, песка 0,4м^3 , что и составит увеличение расхода цементного теста примерно в 2-2.5 раза).

Список рекомендуемой учебной литературы

Основная литература

1. Баженов, Ю. М. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: Учебник для студентов вузов, обучающихся по спец. "Производство строит. материалов, изделий и конструкций" направ. подготовки диплом. спец. "Стр-во" М.: АСВ, 2006
2. Баженова, С.И., Баженова, О.Ю. Заполнители для бетона: учебно-методическое пособие Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2017, ЭБС
3. Несветаев, Г.В., Давидюк, А.Н.Эффективные стекловидные пористые заполнители и бетоны на их основе: монография Ростов н/Д.: РГСУ, 2012, ЭБС

Ковалев, Я. Н. Строительные материалы. Лабораторный практикум: Учеб.-метод. пособие для студентов спец. 1-70 03 01 "Автомобил. дороги" и 1-70 01 02 "Мосты, транспортные тоннели и метрополитены" М.: ИНФРА-М, ЭБС

Дополнительная литература

1. Невский, В. А, Строительное материаловедение: учебное пособие Ростов н/Д.: Феникс, 2009
2. Петров, В.П., Макридин, Н.И. Пористые заполнители и легкие бетоны: Материаловедение. Технология производства; учебное пособие Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2009, ЭБС

Интернет – источники

1. Электронная библиотечная система ZNANIUM.COM [www.znanium.com]
2. ЭБС «Лань» [https://e.lanbook.com]
3. Электронно-библиотечная система НТБ ДГТУ [https://ntb.donstu.ru/ebsdstu]