

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MICROSOFT EXCEL

Д. М. Назаров, В. В. Соколова

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены основные моменты расчетов при разработке состава бетона. Разработан программный продукт в среде Microsoft Excel с использованием языка программирования Visual Basic. Полученная программа позволяет значительно сократить время при проектировании состава тяжелого бетона на основе проведенных испытаний всех материалов, входящих в его состав.

Ключевые слова: бетонная смесь, Microsoft Excel, бетон, истинная плотность, цемент.

Правильный расчет состава бетонной смеси – одна из наиболее важных операций в технологии изготовления бетона. Подобранный (или рассчитанный) состав бетонной смеси с применением имеющихся на строительстве материалов должен обеспечить получение бетона проектной прочности и бетонной смеси необходимой подвижности или удобоукладываемости. В особых случаях подобранный состав бетонной смеси должен удовлетворять специальные дополнительные требования в отношении морозостойкости, водонепроницаемости, истираемости, сопротивления удару, изгибу и т.д. Кроме того, он должен удовлетворять требования в отношении экономного расходования цемента.

К расчету состава бетонной смеси приступают после проведения испытаний всех материалов, входящих в состав бетона, в соответствии с требованиями действующих стандартов на них. Разработанная в среде Microsoft Excel программа позволяет быстро обработать результаты исследований. Исходными данными для проектирования состава бетонной смеси являются марка бетона по прочности и марка бетонной смеси по удобоукладываемости.

На первом этапе нужно определить свойства заполнителей для бетона. В лаборатории необходимо испытать сырьевые материалы (песок, щебень, цемент) и для них нужно установить:

- истинные плотности песка, щебня, цемента;
- среднюю плотность щебня;
- насыпные плотности песка и щебня.

Методики проведения экспериментов приведены в соответствующих нормативных документах [1-3].

После получения результатов испытаний сырьевых материалов данные испытаний вводятся в программу и производится расчет параметров сырьевой смеси. Формы для ввода данных, полученных при испытаниях, и отображения рассчитанных параметров приведены на рисунках 1-5.

На втором этапе производится расчет сырьевой смеси. Форма для ввода исходных данных и отображения результатов расчета приведена на рисунке 6. Вычисления ведутся в следующем порядке:

1. Зная активность цемента, качество заполнителя и марку бетона, рассчитывается водоцементное отношение (В/Ц).

2. После выбора в соответствующих выпадающих списках марки смеси по удобоукладываемости, вида крупного заполнителя, наибольшего размера зерна вычисляется расход воды и цемента.

3. Расход щебня определяется на основании значений его истинной и насыпной плотности, рассчитанных на первом этапе, по формуле

$$\text{Щ} = \frac{1000}{\frac{V_n^{\text{щ}} \cdot \alpha}{\rho_{\text{нас}}^{\text{щ}}} + \frac{1}{\rho_{\text{ист}}^{\text{щ}}}},$$

где $\rho_{\text{нас}}^{\text{щ}}$, $\rho_{\text{ист}}^{\text{щ}}$ – истинная и насыпная плотности щебня; $V_n^{\text{щ}}$ – объем пустот щебня; α – коэффициент раздвижки зерен – определяется в зависимости от расхода цемента и В/Ц по таблице 1 методом двойной интерполяции.

4. Расход песка определяется на основании значений истинной и насыпной плотности песка, рассчитанных на первом этапе, и введенных значений истинной и насыпной плотности цемента.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MICROSOFT EXCEL

Определение истинной плотности щебня

Действия

Вычислить

Добавить таблицу

Занести данные в таблицу

Очистить

Выход

Масса пустого пикнометра (m1), г: 47,7

Масса пикнометра с пробой (m2), г: 57,71

Масса пикнометра с пробой и водой (m3), г: 153,88

Масса пикнометра с водой (m4), г: 147,62

Истинная плотность щебня, г/см³: 2,669

Рисунок 1 – Форма для определения истинной плотности щебня

Определение средней плотности щебня

Масса пробы в сухом состоянии, г: 1000

Объем вытесненной воды, равный объему пробы щебня в насыщенном состоянии (V_{вв}): 336

Средняя плотность щебня, г/см³: 2,976

Действия

Добавить таблицу

Занести данные в таблицу

Очистить

Выход

Рисунок 2 – Форма для определения средней плотности щебня

Определение насыпной плотности щебня

Действия

Добавить таблицу

Занести данные в таблицу

Очистить

Выход

Объем мерного цилиндра, л: 5

Диаметр цилиндра 185 мм

Высота цилиндра 185 мм

Фракции щебня от 5 до 10 мм

Объем мерного цилиндра, м³: 0,005

Масса мерного цилиндра, кг: 1,35

Масса цилиндра с щебнем, кг: 16

Насыпная плотность щебня, г/м³: 2,93

Рисунок 3 – Форма для определения насыпной плотности щебня

Определение истинной плотности песка

Действия

Вычислить

Добавить таблицу

Занести данные в таблицу

Очистить

Выход

Масса пустого пикнометра (m1), г: 46,6

Масса пикнометра с пробой (m2), г: 76,9

Масса пикнометра с пробой и водой (m3), г: 165,34

Масса пикнометра с водой (m4), г: 146,3

Истинная плотность песка, г/см³:

Рисунок 4 – Форма для определения истинной плотности песка

Определение насыпной плотности песка

Действия

Добавить таблицу

Занести данные в таблицу

Очистить

Выход

Масса мерного цилиндра, кг: 0,205

Объем мерного цилиндра, м³: 0,001

Масса цилиндра с песком, кг: 1,46

Насыпная плотность песка, г/м³: 1,255

Рисунок 5 – Форма для определения насыпной плотности песка

Таблица 1 – Значение коэффициента для бетонных смесей

Расход цемента, кг на 1 м ³	Значение коэффициента α при В/Ц, равном				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	—	—	1,26	1,32	1,38
300	—	1,30	1,36	1,42	—
350	1,32	1,39	1,44	—	—
400	1,40	1,46	—	—	—
500	1,52	1,56	—	—	—

Рисунок 6 – Форма для ввода исходных данных и отображения результатов расчета сырьевой смеси

5. После установления ориентировочного расхода всех составляющих бетонной смеси, определяется расчетная средняя плотность по формуле

$$\rho_{\text{ср.}}^{\text{б.см}} = \text{Ц} + \text{В} + \text{П} + \text{Щ},$$

где Ц – расход цемента; В – расход воды; П – расход песка; Щ – расход щебня.

Для тяжелого бетона средняя плотность бетонной смеси должна варьироваться от 2000 до 2500 кг/м³. При перемешивании бетонной смеси мелкие зерна компонентов смеси располагаются между более крупными, а пустоты в песке заполняются цементным тестом. Поэтому объем бетонной смеси будет всегда меньше, чем сумма насыпных объемов составляющих его сухих материалов. В связи с этим, дополнительно рассчитывается коэффициент выхода бетонной смеси β , отражающий соотношение объемов исходных компонентов и готовой бетонной смеси, по формуле

$$\beta = \frac{1}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{нас}}^{\text{ц}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{нас}}^{\text{п}}} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{нас}}^{\text{щ}}}},$$

где Ц – расход цемента; П – расход песка; Щ – расход щебня; $\rho_{\text{нас}}^{\text{ц}}$ – насыпная плотность цемента; $\rho_{\text{нас}}^{\text{п}}$ – насыпная плотность песка; $\rho_{\text{нас}}^{\text{щ}}$ – насыпная плотность щебня.

Полученные результаты расчета и исходные данные, включая результаты испытаний сырьевых материалов, сохраняются программой на листе Excel для дальнейшего использования и вывода на печать.

Выводы

1. В статье описан процесс использования в разработанном программном продукте результатов испытаний сырьевых материалов, необходимых для проектирования бетонной смеси.

2. Созданная программа позволяет оперативно произвести вычисления характеристик материалов, а также значительно ускорить процесс многовариантного определения и анализа этих характеристик.

3. Данный программный продукт будет также полезен студентам и преподавателям при выполнении лабораторных работ по таким дисциплинам как «Бетонведение» и «Строительные материалы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний (с Изменениями № 1, 2). – Введ. 01.07.1989. – М. : Стандартинформ, 2006. – 26 с.
- ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний (с Изменениями № 1, 2). – Введ. 01.07.1998. – М. : Стандартинформ, 2000. – 109 с.
- ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава. – Введ. 01.01.1987. – М. : Стандартинформ, 2006. – 7 с.

Назаров Д.М. – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: userqt@mail.ru.

Соколова В.В. – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: vvsok@rambler.ru.