

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

М. З. СИМОНОВ

НОВЫЙ ПРИБОР И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Назначение состава бетона (или водоцементного отношения) только по таблицам и графикам или расчетно-теоретическим путем, без опытной проверки запрещено Строительными нормами и правилами (СНиП 1-В-3-62). Хотя испытание образцов из пробных замесов и является обязательным для назначения рабочего состава бетона, но эта задача в значительной мере решается уже в стадии изготовления пробных замесов, на основе результатов испытаний бетонной смеси. Именно на основе результатов этих испытаний устанавливаются: характеристики удобоукладываемости и уплотняемости бетонной смеси и возможности их улучшения; фактический состав бетонной смеси; плотность бетонной смеси, а также ожидаемая плотность, прочность и другие важные свойства бетона по его затвердеванию. Поэтому улучшение существующих и разработка новых методов испытаний бетонной смеси следует отнести к числу важных задач бетоноведения.

Действующими стандартами регламентированы определения подвижности и удобоукладываемости, объемного веса и водоотделения бетонной смеси, а также, в рекомендательном порядке — определение объема вовлеченного в бетонную смесь воздуха (ГОСТ 4799-57 и ГОСТ 10181-62).

Приведенные в этих стандартах методы определения нельзя считать вполне удовлетворительными, так как они позволяют изучить только часть необходимых свойств бетонной смеси и при том только в условиях атмосферного давления. Выполненные нами ранее исследования, посвященные уплотняемости бетонной смеси и влиянию газовой фазы на свойства бетонной смеси и бетона показали, что свойства эти существенно зависят от того, при атмосферном давлении или в условиях вакуума производятся опыты. Было установлено, что в зависимости от способа обезвоздушивания можно добиться улучшения уплотняемости и наоборот, вспучиваемости бетонной смеси [1—3]. Проведение такого рода исследований потребовало разработки нового прибора и методов испытаний бетонной смеси на его основе. В конструировании и в совершенствовании прибора одновременно принимали участие Г. Г. Енгибарян, Р. Р. Саркисян и А. М. Асирян.

1. Описание и назначение прибора

Прибор для испытаний бетонной смеси (рис. 1) представляет собой сосуд 1 емкостью 10 л с плоским дном, в котором имеется пробка 2. Надобность в откидывании пробки возникает при затруднениях с удалением из цилиндра уплотненной жесткой бетонной смеси. Диаметр цилиндра принят 186 мм и объем уплотненной смеси—5 л, как это предусмотрено по ГОСТ 4799—57 при определении объемного веса бетонной смеси.

Цилиндрический сосуд закрывается крышкой 3 при помощи трех

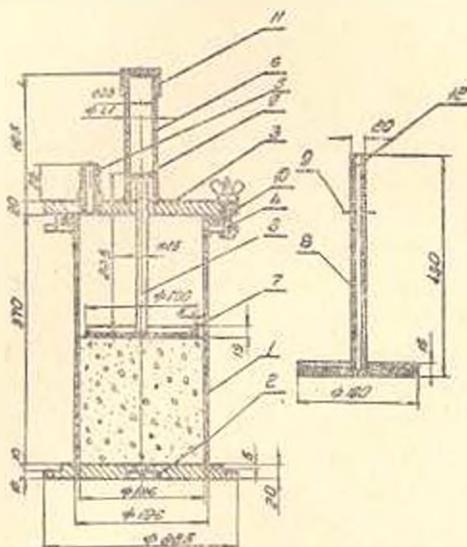


Рис. 1. Прибор для испытания бетонной смеси. 1—цилиндр, 2—пробка, 3—крышка, 4—откидной болт с барашкой, 5—штуцер, 6—трубка градуированная, 7—основной поплавок, 8—стержень (направляющий поплавка), 9—указатель, 10—прокладка, 11—коллак с прокладкой, 12—дополнительный поплавок для испытания бетонных смесей обрабатываемых методом вакуумирования.

откидных болтов с барашками 4. Крышка снабжена штуцером 5 для надевания шланга от лабораторного вакуумасоса и градуированной трубкой 6, с плотно закрывающимися съемным колпаком 11. До закрывания крышкой, в цилиндр вставляется поплавок 7 таким образом, чтобы он свободно опирался на поверхности уложенной в цилиндр бетонной смеси, а стержень 8 поплавка, снабженный указателем 9 проходил в градуированную трубку 6. На рис. 1 показан также дополнительный поплавок, используемый взамен описанного в случаях испытаний бетонной смеси подвергаемой обычному вакуумированию. Этот поплавок отличается от поплавка 7 наличием вакуумполости с нижней стороны и трубчатым сечением стержня 8. Вакуумполость образуется из двух металлических сеток с ячейками 1,2 и 4 мм перекрытых фильтровальной тканью из бязи. При использовании этого поплавка, снимается колпак 11 и на конец стержня 8 надевается

шланг, соединяющий поплавков с лабораторным вакуумнасосом (РВН—20) через ресивер. Трубка *б* градуируется из такого расчета, чтобы указатель *9* показывал на шкале объем бетонной смеси в $см^3$ под его нижней поверхностью. Цена деления по шкале—1 мм. При диаметре цилиндра 186 мм движение поплавка по вертикали на 1 мм соответствует изменению объема бетонной смеси на $27,2 см^3$. Поскольку объем бетонной смеси под поплавком составляет не менее $5000 см^3$, то ошибка в показании на 1 мм составит не более 0,5%, что следует считать приемлемым.

Для производства наблюдений за движением указателя *9* в трубке *б* и за поведением бетонной смеси под поплавком, совершенно необходимо, чтобы материал трубки *б* и цилиндра *1* был прозрачен. Помимо этого, необходимо, чтобы поплавок не тонул не только в бетонной смеси, но и в воде, поскольку при сильно разжиженных бетонных смесях может иметь место водоотделение. По всем этим соображениям, прибор в целом, за исключением болтов, изготавливается из прозрачного органического стекла, имеющего низкий объемный вес ($1,2 т/м^3$). Поплавок, при размерах, показанных на рис. 1, весит около 140 г и погружается в воду под действием собственного веса на 5,5 мм, вытесняя воду в объеме $9,4 см^3$. Это составляет 0,2% от *б*, чем несомненно можно пренебречь.

Прибор позволяет при атмосферном давлении или в разреженном пространстве определять следующие свойства бетонной смеси:

удобообрабатываемость; уплотняемость в обычных и в обезвоздушных условиях; уплотняемость при вакуумной обработке; вспучиваемость в обезвоздушной среде; объемный вес в рыхлом и уплотненном состояниях; фактический состав; объем вовлеченного воздуха; структурную и межзерновую плотность; водопоглощение пористых заполнителей в бетонной смеси и истинное значение цементно-водного отношения; водоотделение на поверхности; нерасслаиваемость.

2. Определение удобообрабатываемости бетонной смеси, начала оседания цементного теста, водоотделения и сепарации твердых компонентов

Согласно ГОСТ 6901—54, подвижность бетонной смеси как известно, определяется с помощью полного усеченного конуса и жесткости—с помощью технического вискозиметра. В обоих случаях бетонная смесь укладывается и уплотняется штыкованием в полный усеченный конус, который в первом случае устанавливают на горизонтальный металлический лист и во втором—вставляют в технический вискозиметр (или в металлическую форму размерами $20 \times 20 \times 20 см$) установленный на виброплощадку.

После того как бетонная смесь уложена и уплотнена в конус, и избыток смеси срезан металлической линейкой, конус снимают и измеряют осадку отформованной бетонной смеси. Величина осадки конуса (в см) является характеристикой подвижности бетонной смеси.

Для определения жесткости бетонной смеси, после снятия конуса, на технический вискозиметр устанавливают штатив с диском, полностью освобождают винт и опускают диск до поверхности бетонной смеси. Далее, одновременно включают вибратор и секундомер и наблюдают за опусканием штанги. В момент совпадения риски штанги с верхней плоскостью головки штатива, выключают секундомер и вибратор. Время (в *сек*), прошедшее с момента включения вибратора до момента его выключения, является показателем жесткости бетонной смеси.

Таким образом, согласно действующим стандартам, одно и то же свойство бетонной смеси—удобообрабатываемость ее оценивается различными методами и выражается для подвижных бетонных смесей в *см* и для жестких—в *сек*. Помимо этого, в обоих случаях определяются свойства уплотненного конуса из бетонной смеси освобожденного от формы, что трудно уподобить с каким-либо случаем формования изделий на практике.

Поэтому описанные методы характеризуют удобообрабатываемость бетонной смеси лишь косвенно; такая важная производственная характеристика бетонной смеси, как продолжительность формования изделий из нее, условно принимается равной показателю жесткости ее в *сек* по техническому вискозиметру, увеличенному на 60 *сек* (при толщине изделия не более 20 *см*).

Удобообрабатываемость бетонной смеси при помощи описанного прибора определяется по двум признакам: по продолжительности вибрирования в *сек*, необходимой для превращения бетонной смеси из рыхлого состояния в уплотненное и по продолжительности вибрирования в *сек*, необходимой для „обводнения“ бетонной смеси на всю толщину уложенного слоя.

При определении удобообрабатываемости бетонной смеси по первому признаку цилиндрический сосуд 1 устанавливают без крышки на стандартную лабораторную виброплощадку и закрепляют на ней. Затем в сосуд засыпают навеску бетонной смеси соответствующую примерно объему ее 5 л в уплотненном состоянии, разравнивают ее поверхность и на нее ставят поплавок со стержнем 8 обращенным вверх. Взвешивание бетонной смеси производится с точностью до 0,1%. После этого, в углубление имеющееся в верхнем торце сосуда 1 вставляют резиновое кольцо—прокладку 10, закрепляют крышку 3 при помощи болтов на барашках, по указателю 9 на градуированной шкале трубки 6 отмечают объем рыхлой бетонной смеси V_p , включают вибратор и секундомер и наблюдают за опусканием поплавка. В момент прекращения движения указателя 9 вниз, выключаются вибратор и секундомер. По показанию указателя 9 на шкале трубки 6 определяют объем уплотненной смеси V_v и по секундомеру—продолжительность вибрирования (t) в *сек*.

Удобообрабатываемость бетонной смеси в данном случае, как для жидких, так и для жестких бетонных смесей, определяется оли-

наково и измеряется в *сек*, причем этот показатель выражает одновременно и продолжительность формования бетонных изделий из данной бетонной смеси. При формировании из данной бетонной смеси армированных изделий или бетонных изделий сложного профиля, продолжительность вибрирования должна быть увеличена на 50—100%, в зависимости от густоты армирования профиля изделия. При определении удобообработываемости бетонной смеси по второму признаку опыт начинается также как и в первом случае, но после включения вибратора и секундомера через прозрачную стенку цилиндрического сосуда / следят за скоростью „обводнения“ бетонной смеси, вызывающей опускание поплавка, происходит постепенное вытеснение из бетонной смеси воздуха, причем через стенку цилиндра можно видеть исчезновение воздушных каверн и пузырьков и замену их цементным тестом постепенно перемещающимся с нижней части вверх.

При производстве бетонных работ, как известно, вибрирование считается законченным с появлением на поверхности бетонной смеси цементного молока. Именно этот процесс и наблюдается через прозрачную стенку цилиндра прибора. Продолжительность вибрирования в *сек.* необходимая для достижения „обводненного“ слоя верхней поверхности бетонной смеси, принимается за второй показатель подвижности и удобоукладываемости бетонной смеси. Обычно прекращение опускания поплавка и завершение процесса обводнения бетонной смеси на всю толщину слоя, происходят при одинаковой продолжительности вибрирования, но в ряде случаев имеет место и расхождение в этих показателях.

Определение удобообработываемости бетонной смеси по двум признакам имеет важное значение при испытании бетонной смеси изготовленной на заполнителях малопесочных и беспесочных или на заполнителях с прерывистой гранулометрией. Наблюдение через прозрачную стенку цилиндрического сосуда позволяет отметить две стадии уплотнения. Первая стадия, названная „обводнением“, протекает также и в предыдущем случае, но процесс „обводнения“ идет снизу вверх не по всей площади, а „пятнами“, образуяющимися вокруг крупных зерен заполнителя. После завершения первой стадии, спустя некоторое время начинается вторая стадия; избыток цементного теста, отрываясь от крупных зерен заполнителя садится на дно, образуя постепенно увеличивающийся слой. Начало второй стадии означает начало расслоения бетонной смеси, что не может быть допущено. Поэтому, испытание бетонной смеси в цилиндре по второму признаку позволяет также определить максимально допустимую продолжительность вибрирования, при которой бетонная смесь не дает еще расслоения.

Определение удобообработываемости бетонной смеси имеет важное значение также для особо подвижных бетонных смесей. В рассматриваемом случае также отмечаются две стадии: первая стадия, протекающая в короткий срок, связана с уплотнением бетонной смеси

и характеризуется прекращением опускания поплавка; вторая стадия связана с образованием на поверхности бетонной смеси постепенно увеличивающегося слоя воды и с сепарированием твердых компонентов бетонной смеси по плотности, когда наиболее плотные компоненты опускаются вниз и наиболее легкие всплывают вверх. Начало второй стадии, означающее начало водоотделения и сепарации бетонной смеси, также не может быть допущено.

Определение удобообрабатываемости бетонной смеси по двум признакам может оказаться целесообразным также и при жестких бетонных смесях; процесс „обводнения“ для своего завершения может потребовать более продолжительного вибрирования, чем время, потребовавшееся для прекращения опускания поплавка.

Таким образом, определение удобообрабатываемости бетонной смеси при помощи предложенного прибора по двум признакам позволяет установить следующие ее характеристики:

а) минимально-необходимую продолжительность вибрирования, при которой завершается уплотнение бетонной смеси и ее „обводнение“; эта же характеристика, выраженная в *сек* и является характеристикой удобообрабатываемости бетонной смеси;

б) максимально допустимую продолжительность вибрирования бетонной смеси, при которой не имеет еще место оседание цементного теста, водоотделение или сепарация твердых компонентов.

3. Определение уплотняемости бетонной смеси в обычных и в обезвоздушенных условиях

Непосредственным мерилем уплотняемости бетонной смеси является изменение ее объема по сравнению с объемом в свободно-уложенном (рыхлом) состоянии. Уплотняемость бетонной смеси характеризуется отношением разности между объемом свободно-уложенной (рыхлой) бетонной смеси V_p и объемом ее в уплотненном виде V_y к исходному объему и выражается в процентах по формуле:

$$K_y = \frac{v_p - v_y}{v_p} \cdot 100. \quad (1)$$

При обычных условиях (при атмосферном давлении) объемы бетонной смеси в исходном и уплотненном состояниях определяются в цилиндре также, как и при определении подвижности и удобоукладываемости бетонной смеси, с той только разницей, что после включения вибратора и секундомера, положение поплавка по показателю ϑ фиксируется через каждые δ *сек*. На основании полученных данных строится кривая, характеризующая уплотняемость бетонной смеси (K_y) в функции от продолжительности вибрирования (t) в *сек*.

Для жестких бетонных смесей, уплотняемых под пригрузом, уплотняемость их определяется в цилиндре также под пригрузом, накладываемым на поплавок. Пригруз может быть установлен на попла-

вок как до начала, так и после частичного уплотнения бетонной смеси без пригруза, т. е. с открытой поверхностью. Определение уплотняемости бетонной смеси в цилиндре в обезвоздушенных условиях производится также как и в предыдущем случае со следующими изменениями: перед включением вибратора, на штуцер 5 крышки цилиндра, надевается шланг от вакуумнасоса и при показателе вакуумметра, установленного на ресивере не менее 600 мм ртутного столба открывается кран, начинается обезвоздушивание емкости над бетонной смесью в цилиндре и одновременно включается секундомер; после осуществления обезвоздушивания бетонной смеси в течение времени t_1 , не выключая вакуумнасоса, включается вибратор и производится уплотнение бетонной смеси в течение времени t_2 после чего цилиндр отключается от вакуумнасоса и сообщается атмосферным давлением, при котором продолжается уплотнение бетонной смеси в течение времени t_3 пока не прекратится оседание поплавка. В момент прекращения движения указателя 9 вниз, выключаются вибратор и секундомер. Определение объема бетонной смеси (v_2) производится при различных задаваемых значениях t_1 и t_2 .

4. Определение уплотняемости бетонной смеси при вакуумной обработке

Определение объемов бетонной смеси в свободно-уложенном (v_1) и уплотненном путем вибрирования (v_2) состояниях производится также, как и при определении удобообрабатываемости бетонной смеси, со следующими изменениями: используется дополнительный поплавок, снабженный вакуумполостью, для чего колпак 11 с трубки 6 снимается и на верхний конец трубчатого стержня поплавок надевается шланг от вакуумнасоса; после прекращения оседания поплавка и выключения вибратора и секундомера при показателе вакуумметра, установленного на ресивере не менее 600 мм ртутного столба, открывается кран и начинается вакуумирование бетонной смеси и одновременно включается секундомер; в зависимости от поставленной задачи может быть включен также вибратор сразу же или в заданные промежутки времени; в процессе вакуумирования бетонной смеси, через прозрачную стенку цилиндра следят за движением воздушных пузырьков в бетонной смеси снизу вверх и за постепенным перемещением зоны действия вакуумирования вниз; после прекращения движения воздушных пузырьков в бетонной смеси, наблюдаемого через стенку цилиндра, отключается вакуумнасос, и одновременно выключается секундомер, а при вибрировании — и вибратор. Определение объема бетонной смеси после ее вакуумной обработки v_2 производится при различных задаваемых режимах (отсутствие или наличие одновременного вибрирования) и продолжительности вакуумирования. Количество воды отсасываемой из бетонной смеси V_0 определяется по разности веса бетонной смеси до h и после ее вакуумной обработки h_1 .

$$B_2 = g - g_1 \quad (2)$$

5. Определение вспучиваемости бетонной смеси в обезвоздушенной среде

Определение объемов смеси в свободно-уложенном (v_p) и уплотненном путем вибрирования (v_y) состояниях производится также, как и при определении удобообрабатываемости бетонной смеси. После выключения вибратора и секундомера, на штуцер 5 крышки цилиндра надевается шланг от вакуумасоса и при показателе вакуумметра, установленного на ресивере не менее 610 мм ртутного столба, открывается кран, начинается обезвоздушивание емкости над бетонной смесью в цилиндре и одновременно включается секундомер; через каждые 5 секунд фиксируется положение поплавка по показателю 9. На основании полученных данных строится кривая, характеризующая изменение объема вспучиваемой бетонной смеси ($v_{в.п.}$) в функции от времени выраженной в сек.

Вспучиваемость бетонной смеси может быть изучена как при выключенном так и при включенном вибраторе. Вспучиваемость бетонной смеси может быть изучена также после ее уплотнения иными способами или до уплотнения.

Вспучиваемость бетонной смеси $K_{всп}$ характеризуется отношением объема вспученной бетонной смеси к объему ее в исходном состоянии $v_{исх}$.

$$K_{всп} = \frac{v_{всп}}{v_{исх}} \quad (3)$$

В исходном состоянии, т. е. до начала вспучивания бетонная смесь может быть уплотнена вибрированием без пригруза или с пригрузом, вибровакuumированием или иным способом, а может быть уложена в цилиндр прибора и без уплотнения.

6. Определение объемного веса и объема бетонной смеси в рыхлом и уплотненном состоянии

Объемные веса бетонной смеси в рыхлом, уплотненном тем или иным способом или во вспученном состояниях определяются на основании экспериментальных данных, полученных в предыдущих определениях, по формулам:

$$\gamma_p = \frac{g}{v_p} \quad (4)$$

$$\gamma_y = \frac{g}{v_y} \quad (5)$$

$$\gamma_{в.п.} = \frac{g - g_1}{v_{в.п.}} \quad (6)$$

$$\gamma_{исх} = \frac{g}{v_{исх}} \quad (7)$$

где g — вес бетонной смеси; g_1 — вес бетонной смеси за вычетом веса отсосанной воды;

Объем бетонной смеси из одного замеса $v_{зам}$ в рыхлом, уплотненном или во вспученном состояниях равен сумме всех материалов в кг израсходованных на один замес (ΣP) деленной на объемный вес бетонной смеси

$$v_{зам} = \frac{\Sigma P}{\gamma} \text{ м}^3. \quad (8)$$

Здесь γ — объемный вес бетонной смеси в рыхлом, уплотненном или во вспученном состояниях и принимаемый соответственно равным γ_p , γ_u , γ_a или $\gamma_{всп}$ в кг/м^3 .

7. Определение фактического состава бетонной смеси

В зависимости от условий, способа и интенсивности уплотнения бетонная смесь, изготовленная из материалов взятых в одной и той же пропорции будет иметь различные составы. Фактический состав при изготовлении пробного замеса устанавливается по объемному весу бетонной смеси по известным формулам:

$$\text{расход цемента} - Ц = \frac{Ц \cdot \gamma}{\Sigma P} \text{ кг}, \quad (9)$$

$$\text{расход щебня} - Щ = \frac{Щ \cdot \gamma}{\Sigma P} \text{ кг}, \quad (10)$$

$$\text{расход песка} - П = \frac{П \cdot \gamma}{\Sigma P} \text{ кг}, \quad (11)$$

$$\text{расход воды} - В = \frac{В \cdot \gamma}{\Sigma P} \text{ кг}. \quad (12)$$

ΣP — сумма всех материалов в кг израсходованных на один замес;

В случае бетонной смеси уплотненной с применением вакуумной обработки, объемный вес бетонной смеси принимается $\gamma = \gamma_v$, а при определении расхода воды значение „в“ принимается за вычетом количества ее отсосанной при вакуумировании.

8. Определение объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси

Определение объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси может быть произведено расчетным путем или по вспучиваемости бетонной смеси.

а) *расчетный метод.*

При применении расчетного метода объем вовлеченного воздуха в процентах к объему бетонной смеси вычисляют по формуле:

$$v_{\text{теор.}} = \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где γ_1 — теоретический объемный вес бетонной смеси без воздуха;

Теоретический объемный вес бетонной смеси без воздуха вычисляются по формуле:

$$\gamma_1 = \frac{Ц + Ш + П + В}{\frac{Ц}{\gamma_{\text{ц}}} + \frac{Ш}{\gamma_{\text{ш}}} + \frac{П}{\gamma_{\text{п}}} + В} \quad (14)$$

где: Ц, Ш, П и В — веса в кг соответственно цемента, щебня, песка и воды, израсходованные на замес;

$\gamma_{\text{ц}}$, $\gamma_{\text{ш}}$ и $\gamma_{\text{п}}$ — удельные веса соответственно цемента, щебня и песка;

б) по вспучиваемости бетонной смеси

Для бетонных смесей обладающих в уплотненном виде воздухо-непроницаемостью, после окончания ее уплотнения в предлагаемом приборе и выключения вибратора и секундомера, на штуцер 5 крышки цилиндра надевается шланг от вакуумнасоса и при показателе вакуумметра, установленного на ресивере 200 мм ртутного столба, путем открывания крана начинается обезвоздушивание пространства цилиндра над поверхностью бетонной смеси и одновременно включается секундомер; вначале и через каждые 5 сек по показателю 9 фиксируются объемы бетонной смеси в цилиндре. По затухании вспучивания бетонной смеси, отключается вакуумнасос и секундомер, разрежение в ресивере доводится до 400 мм ртутного столба и продолжается обезвоздушивание пространства над бетонной смесью в цилиндре при новой интенсивности разрежения и производство замеров объема бетонной смеси до момента затухания вспучивания также, как и в предыдущем случае. Наконец, вспучиваемость бетонной смеси измеряется при разрежении воздуха 600 мм ртутного столба.

Описанным образом устанавливаются: объем бетонной смеси до вспучивания (v), объем бетонной смеси после вспучивания $v + \Delta v_1$, при разрежении воздуха ($p - \Delta p_1$), а также объемы бетонной смеси $v + \Delta v_2$ и $v + \Delta v_3$ при разрежении воздуха соответственно при $p - \Delta p_2$ и $p - \Delta p_3$.

Объем водтянутого воздуха вычисляется по формуле:

$$v_{\text{вак}} = \frac{\Delta v_i (p - \Delta p_i)}{\Delta p_i} \quad (i = 1, 2, 3). \quad (15)$$

Если бетонная смесь обладает воздухопроницаемостью при всех трех принятых в опытах интенсивностях разрежения, то объем водтянутого воздуха при всех этих определениях должен получиться одинаковым.

Если объемы водтянутого воздуха определенные при разрежении $\Delta p_1 = 200$ мм и $\Delta p_2 = 400$ мм ртутного столба равны друг другу, и определенный при $\Delta p_3 = 600$ мм окажется меньше, чем при Δp_1 и Δp_2 .

то за достоверную величину принимается объем вычисленный при первых двух интенсивностях разрежения.

Если, наконец, объемы вовлеченного воздуха, вычисленные при указанных трех разрежениях оказались неодинаковыми во всех трех случаях и их значения убывают с возрастанием интенсивности разрежения, то это означает, что изучаемая бетонная смесь не обладает необходимой воздухопроницаемостью и что объем вовлеченного воздуха для этой смеси следует определять только описанным выше расчетным методом.

9. Определение структурной и межзерновой плотности бетонной смеси

Структурная плотность бетонной смеси характеризуется отношением абсолютных объемов всех ее компонентов к внешнему объему и определяется по формуле:

$$\delta_s = \frac{\frac{Ц}{\gamma_{ц}} + \frac{П}{\gamma_{п}} + \frac{Ш}{\gamma_{ш}} + В}{100} \quad (16)$$

Если определен объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси ($v_{\text{вп.}}$ в %), то структурная плотность бетонной смеси может быть вычислена из выражения:

$$\delta_s = 1 - \frac{v_{\text{вп.}}}{100} \quad (17)$$

Здесь $v_{\text{вп.}}$ — определяется из выражения (13) или (15).

При заполнителях с плотным строением, приведенные выражения позволяют оценивать также межзерновую плотность бетонной смеси. Плотность цементного теста в межзерновых пространствах заполнителей вычисляется по формуле:

$$\delta_{\text{ц.т.}} = \frac{Ц/\gamma_{ц}}{1000 - \left(\frac{П}{\gamma_{п}} + \frac{Ш}{\gamma_{ш}} \right)} \quad (18)$$

Следует отметить, что для бетонных смесей на пористых заполнителях, объем вовлеченного воздуха, определенный методом описанным выше, будет суммарным, т. е. будет включать в себе как объем воздуха заключенный внутри самих зерен заполнителей, так и в пространствах между зернами заполнителей, т. е. в цементном тесте. Поэтому в бетонных смесях на пористых заполнителях для определения межзерновой плотности $\delta_{\text{ц.т.}}$ необходимо знать не только удельные веса пористых заполнителей, но и объемные веса и куски для зерен разной крупности γ_z и средние значения объемного веса в куске для зерен данной фракции или для песка и щебня. Определения этих значений можно сделать как расчетным, так и экспериментальным путем.

а) *Расчетный метод.*

Объемные веса в куске для заполнителей пористого строения тем выше, чем мельче зерна этих заполнителей. При диаметре зерен 50 мм и выше, объемный вес их приравниваем объемному весу породы, а при диаметре зерен 0,15 мм и ниже, объемный вес их приравниваем удельному весу породы.

Для зерен заполнителей промежуточных размеров предлагается определять объемные веса по следующей формуле:

$$\gamma_3 = \gamma_y - (\gamma_y - \gamma_0) \left(\frac{d - 0,15}{49,9} \right)^{0,05}, \quad (19)$$

где γ_y и γ_0 — удельный и объемный веса породы, определяемые по стандартам; d — диаметр зерен заполнителя пористого строения в пределах от 0,15 до 50 мм.

Средний объемный вес зерен смеси (фракций) пористых заполнителей определяется по формуле:

$$\gamma_3 = \frac{100}{\frac{a_1}{\gamma_{31}} + \frac{a_2}{\gamma_{32}} + \dots + \frac{a_n}{\gamma_{3n}}}, \quad (20)$$

где a_1, a_2, \dots, a_n — процентные содержания пористого заполнителя данной фракции в смеси (в песке, щебне или балласте) по весу;

$\gamma_{31}, \gamma_{32}, \dots, \gamma_{3n}$ — объемные веса зерен заполнителей.

Коэффициент пустот заполнителя находится по формуле:

$$\alpha = 1 - \frac{\gamma_3}{\gamma_{3, \text{ср.}}}, \quad (21)$$

где $\gamma_{3, \text{ср.}}$ — объемный насыпной вес заполнителя;

$\gamma_{3, \text{ср.}}$ — средний объемный вес зерен заполнителя.

б) *Экспериментальный метод.*

Коэффициент пустот для щебня (гравия) $\alpha_{ш}$ из пористого заполнителя с достаточной точностью можно определить по ГОСТ „758-61. Поэтому объемный вес в куске щебня (гравия) из пористого заполнителя определяется по формуле:

$$\gamma_3 = \frac{\gamma_0}{1 - \alpha_{ш}}. \quad (22)$$

Для песков из пористого заполнителя нет стандартного метода для определения коэффициента их пустот. Определение указанной характеристики для песка из пористого заполнителя предлагается следующим способом.

Песок в высушенном состоянии смешивается с цементом в объемной пропорции 1:2, пересчитанной на весовую пропорцию в соответствии с их объемными насыпными весами; в смесь вводится вода в количестве обеспечивающем получение подвижного раствора с осадкой 6—8 см по конусу „СтройЦНИИ“, после чего сразу же опреде-

ляют объемный вес свежизготовленной смеси.

Коэффициент пустот песка из пористого заполнителя (α_n) определяется по формуле:

$$\alpha_n = \frac{\frac{\Pi}{\gamma_0} + \frac{\Pi}{\gamma_n} + V_{св} - \frac{\Sigma P}{\gamma_{см}}}{\frac{\Pi}{\gamma_0}}, \quad (23)$$

где

$$V_{св} = V - V_n; \quad (24)$$

$V_{св}$ и V_n — количество свободной воды, т. е. воды оставшейся в цементном тесте и количество воды, поглощенной заполнителем;

$\gamma_{см}$ — объемный вес свежизготовленной и уплотненной растворной смеси;

γ_0 и γ_n — объемные насыпные веса песка и цемента

Чтобы определить V_n изготавливается раствор того же состава и с той же подвижностью, что и в предыдущем случае, но с заменой пористого заполнителя кварцевым песком с зерновым составом (по объему) аналогичным с пористым и определяется расход воды на замес (V_1). Поскольку в этом случае расход воды поглощаемой заполнителем будет пренебрежительно мал, то можно считать, что $V_{св} = V_1$

На основании выражения (23), вычисляется α_n , а по формуле (22) γ_3 при $\alpha_n = \alpha_{ш}$.

Межзерновая плотность бетонной смеси на пористых заполнителях определяется по формуле (18), при условии замены удельных весов песка и щебня γ_0 и $\gamma_{ш}$ значениями среднего объемного веса зерен песка и щебня.

10. Водопоглощение пористых заполнителей в бетонной смеси и истинное значение цементноводного отношения

Для бетонных смесей на пористых заполнителях, при условной структурной плотности их не менее единицы, количество воды поглощенной заполнителем в бетонной смеси определяется по формуле:

$$V_n = \frac{\Pi}{\gamma_n} + \frac{\Pi}{\gamma_{ш}} + \frac{\Pi}{\gamma_ц} + V - \frac{\Sigma P}{\gamma_{см}}. \quad (25)$$

Истинное значение цементно-водного отношения в легкобетонной смеси определяется по формуле:

$$K = \frac{\Pi}{V - V_n}. \quad (26)$$

11. Определение водоотделения на поверхности бетонной смеси

После определения удобообрабатываемости бетонной смеси и включения вибратора и секундомера, засекают время и через прозрач-

ную стенку цилиндра наблюдают за образованием слоя воды под поплавок; измерение толщины слоя воды h производит через каждые 10 минут, после того как увеличение толщины слоя воды прекратится, измеряют окончательно эту толщину и фиксируют время (t), в течение которого протекал этот процесс.

Измерение толщины водяного слоя каждый раз производится в третях круга, принимая за толщину этого слоя среднее арифметическое из трех указанных измерений. Относительное водоотделение определяется по формуле:

$$V_{\text{отд.}} = \frac{h}{H}, \quad (27)$$

где h — толщина отделившегося с поверхности бетонного слоя воды в мм;

H — высота цилиндра прибора в мм от дна до нижней поверхности поплавка.

12. Определение нерасслаиваемости бетонной смеси с проверкой изменения фактического ее состава

Определяется удобообрабатываемость бетонной смеси, а также объемный вес и фактический ее состав. После определения удобообрабатываемости бетонной смеси продолжается ее вибрирование до тех пор, пока через стенку цилиндра не будут наблюдаться признаки расслоения бетонной смеси (начало движения вниз частиц заполнителя или цементного теста). Как только будут замечены указанные признаки, вибратор и секундомер выключаются, фиксируется продолжительность вибрирования бетонной смеси, открывается крышка цилиндра \mathcal{A} , из дна цилиндра отвинчивается винт 2, цилиндр переворачивается дном кверху и из него выталкивается бетонная смесь. При этом допускается применение кратковременного вибрирования. Из нижней и верхней частей бетонного цилиндра отбираются образцы бетонной смеси весом по 1 кг и путем промывания водой последовательно пропускаются через сита с отверстиями 5 и 1,2 мм; остатки на ситах, обозначаемые соответственно через Π_1 и Π_2 , после высушивания взвешиваются в г. Зная веса остатков Π_1 и Π_2 от образца № 1, взятого с нижней части и веса остатков Π_3 и Π_4 от образца № 2, взятого с верхней части бетонного цилиндра и сравнивая их значения со значениями Π и Π' в кг бетонной смеси по фактическому составу ее определенной в цилиндре в начале опытов, легко установить имеет ли место расслоение бетонной смеси и в какой степени.

Մ. Զ. ՍԻՄՈՆՈՎ

ԲԵՏՈՆԻ ԽԱՌՆՈՒՐԳԻ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ
ՆՈՐ ԱՍՐԲ ԵՎ ՆՈՐ ՄԵԹՈՎՆԵՐ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Վ

Առաջարկվում է նոր սարք (դրան), որը թույլ է տալիս ոչ միայն դո-
լուիվուն ունեցող սարքերի հետ համեմատած ավելի ճիշտ գնահատելու բե-
տոնե խտանուրդի շարժունությունն ու կոշտությունը, այլև ստանալու այդ
խտանուրդից ձևավորվող շինվածքների համար անհրաժեշտ տեղորոշյալն ընտ-
րադիրը:

Սարքը, որը հնարավորություն ունի որոշելու բետոնե խտանուրդի ավե-
լի քան տասը սարքեր բնութագրել, կտրելի է ունիվերսալ անվանել: Սարքի
կարևորագույն արժանիքը կալանում է նրանում, որ նա հնարավորություն
է ստեղծում բետոնե խտանուրդի հատկությունների ուսումնասիրությունը
կատարել ինչպես միջնորոտային ճեղքան, այնպես և փակուամի պարմանում:

Հողվածում սարքի նկարագրության հետ մեկտեղ տրվում է նաև բետո-
նե խտանուրդի սարքեր բնութագրելի որոշման մեթոդները և դրանց համա-
պատասխան հեղինակի կողմից մշակված հաշվային բանաձևերը:

Սարքի ինչպես և բետոնե խտանուրդի փորձարման հիշված մեթոդներին
կիրառումը պրակտիկայում կոմանդակի բետոնողիտությունը զարգացմանը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Элементы теории подпжности и уплотняемости бетонной смеси. Известия АН Армянской ССР, т. 3, 1953;
2. О газовой фазе в бетонной смеси и бетоне. Труды совещания по теории технологии бетона. Изд. АН Армянской ССР, Ереван, 1956.
3. Факторы плотности бетонов на литондной пемзе и других пористых заполнителях. Сборник „Гидротехнический бетон на литондной пемзе“. Изд. АН Армянской ССР. Ереван, 1958.