ГОССТРОЙ СССР

Рекомендации

по подбору составов легких бетонов (к ГОСТ 27006—86)

Москва 1990

gost.e-ecolog.ru

Нормативно-производственное издание

ГОССТРОЙ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДБОРУ СОСТАВОВ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ (к ГОСТ 27006–86)

Подготовлены к изданию Центральным институтом типового проектирования (ЦИТП) Госстроя СССР

Ответственные за выпуск: *Л. Н. Шитова, Л. И. Месяцева*

Исполнители: *Е. Д. Рагулина, Г. Н. Каляпина, Н. Г. Новак*

Подписано в печать 31.05.90. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная № 1.
Печать офсетная. Набор машинописный.
Печ. л. 6,0. Усл. печ. л. 5,58. Усл. кр.-отт. 5,93. Уч.-изд. л. 5,67.
Тираж 1500 экз. Заказ № 1367. Цена 96 коп.

Набрано и отпечатано в Центральном институте типового проектирования (ЦИТП) Госстроя СССР

125878, ГСП, Москва, А-445, ул. Смольная, 22

Государственный строительный комитет СССР
(ГОССТРОЙ СССР)

Рекомендации

по подбору составов легких бетонов (к ГОСТ 27006—86)

Москва ЦИТП 1990

УДК 666.973.031.1

Утверждены протоколом Госстроя СССР от 19 декабря 1989 г. № АЧ-40.

Рекомендации по подбору составов легких бетонов (к ГОСТ 27006–86)/Госстрой СССР.-М.: ЦИТП Госстроя СССР. – 96 с.

Содержат методики подбора составов конструкционно-теплоизоляционных и конструкционных легких бетонов, в том числе с минеральными и химическими добавками.

Для инженерно-технических работников заводских лабораторий и ОТК, строительных лабораторий, центральных исследовательских лабораторий и других организаций, проектирующих составы бетона.

При пользовании Рекомендациями следует учитывать утвержденные изменения государственных стандартов, публикуемые в журнале „Бюллетень строительной техники" Госстроя СССР и информационном указателе „Государственные стандарты СССР" Госстандарта СССР.

© ЦИТП Госстроя СССР, 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Рекомендации разработаны к ГОСТ 27006–86 „Бетоны. Правила подбора состава" и предназначены для назначения и выдачи в производство составов легкого бетона с заданными свойствами при экономном расходовании цемента на предприятиях и в строительных организациях при изготовлении сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций и приготовлении бетонной смеси для монолитных конструкций и сооружений, а также для разработки производственно-технических норм расхода материалов.

Рекомендации включают методы подбора, назначения и выдачи в производство состава легких конструкционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов с учетом специфических требований к ним, особенностей свойств сырьевых материалов и технологии изготовления.

Разработаны ВНИИжелезобетона Госстроя СССР (В. Г. Довжик, канд. техн. наук – руководитель темы; кандидаты техн. наук: Е. В. Фридман, И. С. Хаймов; инженеры: Б. А. Верскаин, М. Г. Панфилова, Е. Н. Трунович, С. П. Абрамова), НИИЖБ Госстроя СССР (И. Е. Путляев, д-р техн. наук; кандидаты техн. наук: Р. К. Житкевич, В. И. Савин, В. Н. Ярмаковский), Оргэнергостроем Минэнерго СССР (В. А. Дорф, канд. техн. наук), ЦНИИСом Минтрансстроя СССР (К. М. Кац, канд. техн. наук).

Подготовлены к изданию Отделом стандартизации в строительстве Главного управления технического нормирования, стандартизации и метрологии Госстроя СССР (В. В. Тишенко, И. Н. Нагорняк).

При разработке Рекомендаций учтены положения и инструкции по технологии и подбору составов легких бетонов, разработанные АрмНИИС Госстроя АрмССР, ЦНИИЭП жилища Госкомархитектуры, НИИСМИ Минстройматериалов УССР, ДальНИИС Госстроя СССР, ЦНИИОМТП Госстроя СССР, МИСИ им. В.В. Куйбышева Госкомобразования СССР и другими организациями, а также опыт передовых предприятий стройиндустрии страны.

Все замечания и предложения по содержанию Рекомендаций, а также сведения о результатах их применения просьба направлять во ВНИИжелезобетон Госстроя СССР по адресу: 111524, Москва, ул. Плеханова, 7.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации разработаны к ГОСТ 27006–86 и распространяются на подбор состава легких бетонов, приготовленных на цементном вяжущем, крупном пористом и мелком пористом или плотном заполнителях.

1.2. Изложенные в Рекомендациях методы подбора состава легких бетонов распространяются на:

конструкционно-теплоизоляционные бетоны, применяемые для изготовления однослойных стеновых панелей и крупных блоков и теплоизолирующего слоя многослойных стеновых панелей, а также других ограждающих строительных конструкций жилых, общественных и производственных зданий, к которым в первую очередь предъявляются требования по теплоизолирующей способности;

конструкционные бетоны, применяемые для изготовления несущих строительных конструкций зданий и сооружений и других конструкций, а также для конструкционных слоев многослойных панелей, цокольных панелей, для которых требования по теплоизолирующей способности не предъявляются или не являются определяющими.

1.3. Приведенные в Рекомендациях методы подбора состава бетона учитывают, в первую очередь, условия производства сборных конструкций и изделий из легких бетонов. При подборе составов легких бетонов для монолитного строительства помимо основных положений методики, описанной в Рекомендациях, необходимо учитывать специфические требования к бетонам и бетонным смесям для монолитного строительства с учетом условий их приготовления, транспортирования, укладки и твердения.

1.4. Подбор состава конструкционно-теплоизоляционного и конструкционного легкого бетона производят с целью получения бетона в конструкциях с прочностью, средней плотностью (далее–плотностью) и другими показателями качества, установленными государственными стандартами, техническими условиями и проектной документацией на эти конструкции при минимально возможных расходе цемента и общей стоимости материалов на 1 м^3 бетона. Для конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов классов В2,5–В5 подобранный состав должен обеспечивать получение минимально возможной плотности, за исключением случаев, когда требуемая нормативно-технической документацией плотность легкого бетона не может быть ниже нормируемой.

1.5. Подбор конструкционного и конструкционно-теплоизоляционного состава легких бетонов включает в себя выбор исходных материалов, расчет начального и определение номинального состава бетона и его проверку в производственных условиях, назначение и корректировку рабочего состава, расчет и передачу в производство рабочих дозировок.

1.6. Подбор номинального состава легкого бетона производят при организации производства новых видов конструкций, при изменении нормируемых показателей качества бетона или бетонной смеси, технологии производства, поставщиков, вида применяемых материалов, а также при разработке и пересмотре производственных норм расхода материалов.

1.7. Номинальный состав легкого бетона необходимо назначать по результатам обработки данных испытаний образцов, изготовленных из опытных замесов в лабораторных или производственных условиях на материалах, наиболее представительных для данного предприятия с учетом применяемой технологии приготовления и транспортирования смеси, формования и твердения изделий.

1.8. Варьируемыми технологическими параметрами при подборе номинального состава конструкционно-теплоизоляционного бетона могут быть: плотность бетона, расход мелкого заполнителя или цемента, расход воздухововлекающей (порообразующей) добавки. При подборе номинального состава конструкционного бетона за варьируемый технологический параметр принимается расход цемента. В необходимых случаях в качестве варьируемого технологического параметра можно принимать расходы пластифицирующей или минеральной добавки, а также крупного пористого заполнителя.

1.9. Для расчета начальных составов бетона при подборе номинального состава помимо методики, описанной в настоящих Рекомендациях, допускается применять другие методы, детально учитывающие специфику отдельных разновидностей легких бетонов, условия их приготовления и применения.

1.10. Для построения технологических (базовых) зависимостей, особенно при подборе составов бетона с комплексными химическими, минеральными добавками и (или) использованием многофракционных заполнителей, можно использовать математические методы подбора состава бетона с применением планирования эксперимента.

1.11. Рабочие составы легкого бетона назначают при переходе на новый номинальный состав, а также при поступлении новых партий материалов тех же видов, которые принимались при подборе номинального состава, с учетом их фактического качества.

Рабочие составы легкого бетона назначаются по предварительно построенным базовым зависимостям с их проверкой в производственных условиях.

1.12. Корректировку рабочих составов производят по результатам операционного контроля качества материалов данных партий и получаемой из них бетонной смеси, а также по результатам приемо-сдаточного контроля качества бетона. Основными показателями при операционном контроле являются:

насыпная плотность крупного пористого заполнителя, оцениваемая по данным объемно-весового дозирования, влажность заполнителя, плотность (преимущественно для конструкционно-теплоизоляционного бетона) и удобоукладываемость (преимущественно для конструкционного бетона) бетонной смеси.

1.13. Корректировку рабочих составов производят по таблицам (алгоритмам) объемно-весового дозирования и построенным в ходе подбора номинальных составов базовым зависимостям, связывающим показатели качества бетонной смеси и бетона с расходом основных компонентов.

1.14. Подбор состава бетона выполняется лабораторией предприятия-изготовителя или центральными научно-исследовательскими лабораториями по утвержденному заданию, разработанному технологической службой предприятия-изготовителя.

1.15. Результаты подбора номинального состава легкого бетона, отвечающего требованиям утвержденного задания, должны быть оформлены в журнале подбора состава бетона и утверждены главным инженером предприятия-изготовителя. Рабочие составы подписываются начальником лаборатории или другим лицом, ответственным за подбор состава бетона.

1.16. При малых объемах или малосерийном нерегулярном производстве конструкций и изделий допускается принимать ориентировочные составы легких бетонов на наиболее массовых пористых заполнителях, приведенные в приложении 1 (без проведения подбора номинального состава), с обязательной проверкой их в производственных условиях.

2. ПРОЕКТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЛЕГКИМ БЕТОНАМ И БЕТОННЫМ СМЕСЯМ

2.1. Основные показатели свойств легких бетонов для конструкций конкретной номенклатуры устанавливаются проектной организацией и указываются в проектной документации в соответствии с существующими нормами проектирования и стандартами на изделия и конструкции с учетом максимального удовлетворения требований экономичности и технологичности изготовления, транспортирования и применения конструкции, а также требований защиты окружающей среды.

2.2. Технологические требования к легким бетонам и легкобетонным смесям для конструкций конкретной номенклатуры устанавливают технологические службы предприятия-изготовителя в соответствии с положениями СНиП 3.09.01-85 и нормативно-технической документацией по технологии монолитного бетона с целью обеспечения необходимого качества изделий (конструкций) и соответствия свойств легкого бетона в конструкциях требованиям проекта с учетом специфических условий производства – методов, режимов и оборудования для приготовления, транспортиро-

вания, укладки и уплотнения бетонной смеси, твердения бетона, исходя из максимального сокращения и улучшения условий труда, экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов.

2.3. Проектные и технологические требования к легким бетонам и легкобетонным смесям должны быть полностью отражены в задании на подбор состава легкого бетона.

ПРОЕКТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЛЕГКИМ БЕТОНАМ

2.4. Легкие бетоны должны соответствовать техническим требованиям, предъявляемым ГОСТ 25820–83, и обеспечивать изготовление изделий и конструкций, удовлетворяющих требования стандартов, технических условий, проектной и технологической документации на изделия и конструкции конкретных видов.

2.5. Основными характеристиками легких бетонов, указываемыми в проектной документации, являются класс (марка) по прочности (В или М) и марка по средней плотности (D) (далее – плотности). Марки по плотности устанавливаются в сухом состоянии.

2.6. Для бетонных и железобетонных конструкций, в соответствии со СНиП 2.03.01-84*, предусматриваются легкие бетоны следующих классов по прочности на сжатие при марках по плотности:

D800, D900	– B2,5; B3,5; B5; B7,5;
D1000, D1100	– B2,5; B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5;
D1200, D1300	– B2,5; B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5;
D1400, D1500	– B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30;
D1600, D1700	– B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B35;
D1800, D1900	– B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B35; B40;
D2000	– B20; B25; B30; B35; B40.

Допускается применение бетона промежуточных классов по прочности на сжатие B22,5 и B27,5 при условии, что это приведет к экономии цемента по сравнению с применением бетона соответственно классов B25 и B30 и не снизит других технико-экономических показателей конструкции.

2.7. При производстве сборных железобетонных конструкций отпускная прочность легкого бетона должна отвечать требованиям ГОСТ 13015.0–83*, стандартам и техническим условиям на отдельные изделия и конструкции и, как правило, соответствовать, %:

конструкционно-теплоизоляционных бетонов	– 80 в летний и зимний периоды
конструкционных бетонов	– 70 в летний и 90 в зимний периоды

2.8. Фактическая прочность бетона (в проектном возрасте, передаточная и отпускная) должна соответствовать требуемой, назначаемой по ГОСТ 18105–86 в зависимости от класса (марки) бетона по прочности, указанных в проектной документации, и от показателя фактической однородности бетона по прочности

2.9. При производстве сборного железобетона в качестве основного параметра прочности легкого бетона, на который подбирается его состав, рекомендуется, как правило, значение отпускной прочности. Для конструкционного легкого бетона преднапряженных конструкций основным параметром прочности, по которому подбирается его состав, является передаточная прочность.

2.10. Кроме отпускной (передаточной) прочности при подборе состава бетона необходимо производить определение прочности в проектном возрасте и проверку ее соответствия классу (марке) бетона.

При условии, если состав бетона, подобранный на заданную отпускную (передаточную) прочность, не обеспечивает требуемой прочности в проектном возрасте, за основной показатель при подборе состава бетона принимается требуемая прочность в проектном возрасте. При этом необходимо повысить средний уровень отпускной прочности.

2.11. Показатели прочности легкого бетона определяются в соответствии с ГОСТ 18105–86 с учетом среднего значения партионного коэффициента вариации $V_{\text{п}}$ по прочности на сжатие.

Если подбор состава бетона должен производиться на действующем производстве, например, при смене поставщика сырьевых материалов, то коэффициент вариации принимают с учетом имеющихся данных о фактической однородности бетона и планируемых мероприятий по ее повышению. Для случаев, когда данные об однородности бетона отсутствуют, например, вновь создаваемое производство, коэффициент вариации принимают равным 13,5 %.

2.12. Требуемое значение прочности на сжатие, $R_{\text{т}}$, МПа, для бетона данного класса или марки, указанных в проектной документации на конкретное изделие (конструкцию), определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 18105–86 с учетом коэффициента вариации по соотношению

$$R_{\text{т}} = K_{\text{т}} B_{\text{норм}} \text{ или } R_{\text{т}} = K_{\text{т}} M_{\text{норм}},$$

где $B_{\text{норм}}$ или $M_{\text{норм}}$ – нормируемое значение прочности бетона, МПа, для бетона данного класса или марки;

$K_{\text{т}}$ – коэффициент требуемой прочности, принимаемый в соответствии со средним коэффициентом вариации $V_{\text{п}}$ по табл. 1.

2.13. Средний уровень прочности, $R_у$ (среднее значение прочности бетона, устанавливаемое в соответствии с принятой однородностью бетона по прочности, на которое подбирается его состав и которое поддерживают в производстве) вычисляют по формуле

$$R_у = R_т K_{м\,п}, \qquad (1)$$

где $K_{м.п}$ – коэффициент, принимаемый по ГОСТ 18105–86 в зависимости от среднего за анализируемый период коэффициента вариации $V_п$ по табл. 1. Для вновь создаваемого производства значение $K_{м\,п}$ принимается равным 1,1.

Таблица 1

Партионный коэффициент вариации $V_п$	Значения $K_т$ при нормировании прочности бетона по		Значения $K_{м.п}$
	классам	маркам	
6 и менее	1,07	0,83	1,03
7	1,08	0,84	1,04
8	1,09	0,85	1,05
9	1,11	0,87	1,07
10	1,14	0,89	1,08
11	1,18	0,92	1,09
12	1,23	0,96	1,10
13	1,28	1,0	1,11
14	1,33	1,04	1,13
15	1,38	1,08	1,15
16	1,43	1,12	1,15

2.14. Фактическая плотность легкого бетона должна соответствовать требуемой, назначаемой по ГОСТ 27005–86 в зависимости от нормируемого значения плотности, указанной в проектной документации, и показателя однородности бетона по плотности.

Значение требуемой плотности вычисляют по формуле

$$\rho_т = K_т \rho_н, \qquad (2)$$

где $\rho_н$ – нормируемое значение плотности, кг/м^3,

$K_т$ – коэффициент требуемой плотности, принимаемый по ГОСТ 27005–86 в зависимости от вида бетона и среднего по партиям коэффициента вариации $V_п$ существующего производства.

Для случаев, когда данные об однородности отсутствуют, требуемое значение плотности принимают равным значению нормируемой плотности (марки по плотности).

2.15. Средний уровень плотности бетона $\rho_у$ (среднее значение плотности, на которое подбирается его состав) вычисляют по формуле

$$\rho_у = \rho_н K_т K_{м.п}, \quad (3)$$

где $K_{м.п}$ – коэффициент, принимаемый по ГОСТ 27005–86 в зависимости от фактического среднего коэффициента вариации по плотности (табл. 2).

Для случаев, когда данные об однородности по плотности отсутствуют, средний уровень плотности в соответствии с требованиями ГОСТ 27006–86 принимают равным марке бетона по плотности (требуемой плотности).

Таблица 2

Коэффициент вариации по плотности $V_п$, %	Значения произведения $K_т K_{м.п}$ для бетонов плотностью, кг/м³		Коэффициент вариации по плотности $V_п$, %	Значения произведения $K_т K_{м.п}$ для бетонов плотностью, кг/м³	
	700–1400	св. 1400		700–1400	св. 1400
2	1,0	0,98	6	0,93	0,92
3	0,985	0,965	7	0,92	0,90
4	0,97	0,95	8	0,90	–
5	0,95	0,94			

2.16. Легкий бетон в конструкциях и изделиях должен иметь однородную плотную или поризованную структуру с заполнением всех пустот между зернами заполнителя цементным раствором и объемом межзерновых пустот в уплотненной бетонной смеси и затвердевшем бетоне не более 3 %.

2.17. Допускается в обоснованных случаях, предусмотренных в стандартах, технических условиях или проектной документации на изделия или конструкции конкретных видов, применять легкие бетоны плотной структуры, приготовленные без добавок, регулирующих пористость бетонной смеси, с объемом межзерновых пустот не более 6 %.

2.18. Для конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов получение плотной структуры при минимальной плотности бетона и надлежащей формуемости бетонной смеси обеспечивается введением воздухововлекающих добавок, поризующих бетонную смесь и приводящих к получению плотной (слитной) структуры при ограниченном расходе мелкого заполнителя.

2.19. При применении относительно тяжелых крупных пористых заполнителей, не позволяющих получить требуемую плотность бетона (разд. 3), допускается применение беспесчаных, поризованных технической пеной легких бетонов, отличающихся повышенным расходом цемента.

2.20. Для конструкционных легких бетонов заданной плотности получение плотной структуры обеспечивается применением плотного или пористого песка или их смеси при оптимальной объемной концентрации крупного пористого заполнителя и удобоукладываемости смеси, отвечающей принятым условиям формования.

2.21. Коэффициент теплопроводности (в сухом состоянии) конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов, предназначенных для изготовления наружных стеновых панелей жилых и общественных зданий, должен отвечать требованиям СНиП II-3-79**.

2.22. Фактическое значение коэффициента теплопроводности легкого бетона подобранного номинального состава не должно более чем на 10 % превышать значений, установленных проектной документацией, или требований соответствующих стандартов.

2.23. Влажность (по объему) легкого бетона (кроме бетона на вспученном перлитовом песке или золе), предназначенного для наружных стеновых панелей и крупных блоков, при отпуске его потребителю, не должна превышать, %.

13 – для жилых, общественных и вспомогательных зданий и сооружений;

15 – для производственных зданий.

2.24. Отпускная влажность легкого бетона на вспученном перлитовом песке или золе не должна превышать,%:

15 – для жилых, общественных и вспомогательных зданий и сооружений;

18 – для производственных зданий.

2.25. Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости должны соответствовать установленным проектной документацией в зависимости от режима эксплуатации конструкций и климатических условий района строительства согласно СНиП 2.03.01-84*.

Помимо перечисленных, к легким бетонам можно предъявлять дополнительные требования, которые указывают в проектной документации на изделия.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЛЕГКОБЕТОННЫМ СМЕСЯМ

2.26. Смеси для изготовления легких бетонов должны соответствовать требованиям ГОСТ 7473–85, а также стандартам предприятия или технологическим картам, разработанным с учетом эксплуатируемого на производстве технологического оборудования и конкретных условий производства и утвержденным в установленном порядке.

2.27. Бетонные смеси, применяемые для изготовления однослойных ограждающих конструкций, формуемых на виброплощадках или вибронасадками, должны в соответствии со СНиП 3.09.01-85 иметь удобоукладываемость 5–10 с (марка Ж1). Для формования многослойных стеновых панелей применяют смеси с удобоукладываемостью 1–4 см (марка П1).

2.28. Для формования монолитных ограждающих конструкций рекомендуется применение смесей марок П1 или П2. Выбор марок смесей для формования несущих сборных конструкций производится по рекомендациям СНиП 3.09.01-85, а для монолитных конструкций – в соответствии с действующими рекомендациями по возведению отдельных зданий и сооружений. Смеси марок П2 и П3 необходимо приготавливать с пластифицирующими добавками. Подвижность бетонных смесей, предназначенных для перекачивания по трубам, должна быть не менее 6 см.

2.29. Заданная удобоукладываемость бетонной смеси должна обеспечиваться в течение времени, необходимого от момента приготовления до формования (не более 30 мин).

2.30. Объем вовлеченного воздуха в бетонных смесях, предназначенных для изготовления однослойных ограждающих конструкций, не должен превышать, %:

12 – для бетонов, содержащих мелкий заполнитель;

20 – для беспесчаных поризованных бетонов.

Возможно приготовление смесей с большими значениями $V_в$ при условии обеспечения требуемых по проекту характеристик бетона и защиты стальной арматуры от коррозии.

2.31. Объем вовлеченного воздуха в бетонных смесях, предназначенных для изготовления многослойных стеновых панелей несущих конструкций из бетонов повышенной морозостойкости, не должен превышать 5-8 % и должен обеспечивать получение заданной прочности бетона без увеличения расхода цемента.

2.32. Поризованные бетонные смеси, применяемые для формования однослойных ограждающих конструкций, должны обладать высокой воздухоудерживающей способностью, что обеспечивается мелкопористой структурой, достаточным количеством (не менее 220–250 кг/м^3) дисперсных частиц (цемента, золы, пылевидных фракций песка или других микронаполнителей) в составе бетонной смеси, избыточным содержанием воздухововлекающей добавки. Потеря вовлеченного воздуха после 30-минутного выдерживания бетонной смеси не должна превышать 25 % первоначального его объема.

2.33. Показатель расслаиваемости подвижных, высокоподвижных и литых бетонных смесей марок П2 – П4, определяемый по ГОСТ 10181.4–81, должен быть не более 6 %.

2.34. Минимальный расход цемента в бетонных смесях, предназначенных для армированных конструкций, должен быть не менее 200 кг/м^3, а при применении зол ТЭС или других микронаполнителей – 180 кг/м^3. При использовании зол ТЭС с удельной поверхностью более 4000 см^2/г и содержанием п.п.п более 15 % минимальный расход цемента для армированных конструкций должен быть не менее 220 кг/м^3.

Для неармированных изделий минимальный расход цемента не ограничивается при условии обеспечения требуемых по технологии свойств бетонной смеси и проектных характеристик затвердевшего бетона.

2.35. Для пластифицированных высокоподвижных смесей и смесей, перекачиваемых бетононасосами, расход цемента должен быть не менее 300 кг/м^3, а суммарный расход цемента и пылевидных фракций песка (или золы) – не менее 400 кг/м^3.

2.36. Для приготовления конструкционных бетонов повышенной водонепроницаемости, применяемых в агрессивных средах, расходы цемента должны быть не менее указанных в табл. 3.

Таблица 3

Марка по водонепроницаемости	Минимальные расходы цемента, кг/м^3, для смесей марки		
	Ж1	П1	П2
W4	290	310	400
W6	330	380	430
W8	380	430	480

2.37. Расход крупного заполнителя по насыпному объему, л/м^3, не должен превышать:

600 – в смесях, предназначенных для внутренних стеновых панелей с повышенной звукоизолирующей способностью;

700 – в смесях, предназначенных для перекачивания по трубопроводам;

850 – в смесях для бетонов с повышенной водонепроницаемостью и в нерасслаиваемых высокоподвижных смесях.

При этом минимальный расход крупного заполнителя по насыпному объему должен быть не менее 400 л/м^3.

ЗАДАНИЕ НА ПОДБОР СОСТАВА БЕТОНА

2.38. Задание на подбор состава легкого бетона должно быть составлено для конструкций конкретной номенклатуры, изготавливаемых из бетона одного вида и качества по определенной технологии.

Если по одной технологии изготавливают конструкции (изделия) из бетонов разных (близких) классов по прочности или марок по плотности, то для них можно составлять одно общее задание.

2.39. Задание на подбор состава разрабатывает техническая служба предприятия-изготовителя совместно с лабораторией на основе проектной документации, действующих нормативных документов и конкретных условий производства на предприятии или стройплощадке.

2.40. Задание должно содержать:

нормируемые показатели качества бетона в соответствии с проектной документацией, требованиями стандартов и технических условий: класс бетона по прочности на сжатие, величину отпускной или передаточной прочности, марку бетона по плотности, коэффициент теплопроводности (для бетонов, к которым предъявляются требования по теплопроводности), марку по морозостойкости, марку по водонепроницаемости (для бетонов, к которым предъявляются требования по водонепроницаемости) и др.;

технологические требования к бетону, устанавливаемые с учетом конкретных условий технологии изготовления конструкции: показатели однородности (средние партионные коэффициенты вариации) по прочности на сжатие и по плотности, средние уровни прочности и плотности;

технологические требования к бетонным смесям: подвижность или жесткость, жизнеспособность (время выдерживания), температура, показатель расслаиваемости (для смесей марки П2 – П4) и др;

характер структуры бетона, допустимые значения объема межзерновых пустот и объема вовлеченного воздуха;

виды, марки и характеристики сырьевых материалов: вид, завод-поставщик и марка цемента; вид, завод (карьер)-поставщик, марки по насыпной плотности и фракции пористого заполнителя, возможные к применению виды и поставщики мелких заполнителей и химических добавок;

ограничения по составу бетона и применению материалов для его приготовления в соответствии с видом и условиями эксплуатации конструкций;

способ и режим приготовления бетонной смеси;

способ и режим транспортирования бетонной смеси;

способ и режим уплотнения смеси и формования изделий (конструкций);

способ, длительность и температурный режим твердения бетона, условия и длительность выдерживания изделий до отправки потребителю;

особенности изготовления конструкций (немедленная распалубка, отсутствие или наличие отделочно-облицовочных слоев и т. п.).

2.41. Задание следует составлять в произвольной форме.

В качестве примера в табл. 4 приведено задание на подбор состава конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона для изготовления наружных стеновых панелей.

Таблица 4

Показатель	Величина	Примечание
Требования к бетону:		
по прочности на сжатие		
класс	B3,5	
отпускная прочность, %	80	
коэффициент вариации $V_{П}$, %	12	
средний уровень отпускной прочности $R_{у}$, МПа	3,8	Расчет по ГОСТ 18105–86: $R_{т} = 3,5 \cdot \frac{80}{100} \cdot 1,23 = 3,4$; $R_{у} = 3,4 \cdot 1,1 = 3,8$
по плотности		
марка	D900	
коэффициент вариации $V_{П}$, %	5	
средний уровень $\rho_{у}$, кг/м^3	850	Расчет по ГОСТ 27005–86: $\rho_{т} = 900 \cdot 0,98 = 880$; $\rho_{у} = 880 \cdot 0,97 = 855$
коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/(м · ° С)	0,24	
марка по морозостойкости	F50	
структура плотная, объем межзерновых пустот $V_{м.п}$, %	Менее 3	
Сырьевые материалы:		
портландцемент Ульяновского завода, марка	400	
керамзитовый гравий Лианозовского завода, марка по насыпной плотности	350–450	
фракции, мм	10–20 и 5–10	
зола Ново-Рязанской ГРЭС	–	
добавка СДО	–	
Ограничение по составу бетона:		
расход цемента Ц, кг/м^3	Не менее 180	
Требования к бетонной смеси:		
жесткость Ж, с	5–10	
жизнеспособность, мин	30	
объем вовлеченного воздуха $V_{в}$, %	До 12	

Продолжение табл 4

Показатель	Величина	Примечание
Параметры технологии изготовления:		
перемешивание		В бетоносмесителе принудительного действия СБ-93
транспортирование		В бетоноразаточной тележке
формование		На конвейерной линии фасадом вниз с плиточной облицовкой
уплотнение		На виброплощадке с амплитудой 0,5 мм, частотой 2800 колебаний/мин
тепловлажностная обработка		Сухой прогрев по режиму 2+3+6+1 ч при температуре изотермической выдержки 90 °С

3. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОНА

3.1. В качестве вяжущего для легких бетонов следует применять, согласно СНиП 3.09.01-85 и ГОСТ 25820–83: портландцемент, шлакопортландцемент и их разновидности, соответствующие требованиям ГОСТ 10178–85.

Марки цемента для бетона различных классов должны соответствовать требованиям табл. 5.

Таблица 5

Класс бетона	Марки цемента для легких бетонов		Класс бетона	Марки цемента для легких бетонов	
	рекомендуемые	допускаемые		рекомендуемые	допускаемые
В 3,5–В 7,5	400	300	В 30	500	550
В 10–В 15	400	300, 500	В 35	550	500
В 20	400	500, 550	В 40	550	500
В 25	500	400, 550			

3.2. Вид цемента следует принимать в соответствии с назначением конструкций и условиями их эксплуатации на основании указаний стандартов или технических условий на изделия и конструкции. При производстве сборных железобетонных и бетонных изделий и конструкций, подвергаемых тепловой обработке, следует использовать цементы I и II группы эффективности при пропаривании по ГОСТ 22236–85. Применение цемента марки

300 допускается при условии, если вызываемое увеличение расхода вяжущего не приводит к превышению плотности легкого бетона проектным требованиям.

Для приготовления конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов следует, при прочих условиях (длительная высокотемпературная тепловая обработка, близкие значения активности и др.), использовать шлакопортландцемент марки 400, позволяющий получать бетоны с пониженной теплопроводностью.

3.3. Крупные и мелкие пористые заполнители для изготовления легкого бетона должны соответствовать требованиям ГОСТ 9757–83, а также следующим стандартам на отдельные виды заполнителей: ГОСТ 9759–83 (керамзитовые гравий и песок), ГОСТ 19345–83 (шунгизитовый гравий), ГОСТ 11991–83 (аглопоритовый щебень и песок), ГОСТ 22263–76 (пористые щебень и песок из горных пород), ГОСТ 10832–83 (вспученный перлитовый песок и щебень), ГОСТ 9760–86 [(пористые щебень и песок из металлургического шлака (шлаковая пемза)]. Допускается применение других видов пористых заполнителей, указанных в отраслевых стандартах или технических условиях.

3.4. Крупные пористые заполнители должны применяться в виде отдельных фракций размером зерен от 5 до 10 мм, св. 10 до 20 мм. Допускается применение смеси фракций 5–20 мм преимущественно для конструкционных бетонов на щебнеподобных заполнителях. Наибольший размер зерен крупного пористого заполнителя должен быть не более 3/4 расстояния между арматурными стержнями, 1/3 толщины изделия и конструкции.

Применение фракции 20–40 мм допускается для конструкционно-теплоизоляционных бетонов крупнопористой структуры и в ограниченном количестве для бетонов плотной и поризованной структуры, особенно на щебневидных заполнителях из пористых горных пород.

3.5. Выбор той или иной фракции крупного пористого заполнителя и их соотношения производят при подборе состава бетона с учетом требований ГОСТ 25820–83 к крупному заполнителю по насыпной плотности и прочности.

3.6. При дозировании фракций 5–10 и 10–20 мм содержание фракции 5–10 мм должно быть от 25 до 50 % объема. При использовании фракции 20–40 мм ее содержание должно быть от 10 до 30 % объема. Для высокоподвижных пластифицированных нерасслаиваемых бетонных смесей содержание фракции 5–10 мм должно отвечать требованиям табл. 23.

Для поризованных беспесчаных бетонов допускается применение одной фракции 10–20 мм.

3.7. Выбор крупных пористых заполнителей по насыпной плотности производят в зависимости от требований к прочности и средней плотности бетона, вида и свойств применяемого мелкого заполнителя, формы крупного заполнителя (гравий, щебень) в соответствии с рекомендациями табл. 6–8.

Таблица 6

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка бетона по средней плотности	Максимальная марка гравиеподобного крупного заполнителя по насыпной плотности в зависимости от вида песка				
		дробленый из гравия или зола ТЭС	природный пористый или гранулированный шлак	вспученный перлитовый марок 200, 250 по насыпной плотности	без песка (поризованный)	плотный
В3,5	D 700	–	–	400	350	–
	D 800	350	–	500	450	–
	D 900	500	350	550	550	300
	D1000	600	550	600	600	500
	D1100	–	600	–	–	600
В5	D 800	300	–	400	350	–
	D 900	450	300	500	500	–
	D1000	550	500	600	600	450
	D1100	600	600	–	–	550
	D1200	–	–	–	–	600
В7,5	D 800	–	–	350	–	–
	D 900	400	–	450	400	–
	D1000	500	350	550	500	–
	D1100	550	500	600	600	450
	D1200	600	600	–	–	550
	D1300	–	–	–	–	600

Таблица 7

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка бетона по средней плотности	Максимальная марка крупного щебневидного заполнителя по насыпной плотности в зависимости от вида песка		
		дробленый из щебня (кроме перлитового)	вспученный перлитовый марок 200, 350 по насыпной плотности	золе ТЭС, гранулированный шлак
В3,5	D 800	–	400	–
	D 900	–	500	400
	D1000	400	600	500
	D1100	500	700	600
	D1200	600	800	700
	D1300	700	900	800
	D1400	800	–	900
	D1500	900	–	–
В5	D 900	–	400	–
	D1000	–	500	400
	D1100	400	600	500
	D1200	500	700	600
	D1300	600	800	700
	D1400	700	900	800
	D1500	800	–	900
	D1600	900	–	–
В7,5	D1000	–	400	–
	D1100	–	500	400
	D1200	400	600	500
	D1300	500	700	600
	D1400	600	800	700
	D1500	700	900	800
	D1600	800	–	900
	D1700	900	–	–

Примечание к табл 6, 7 Данные таблицы соответствуют бетонам, приготовленным с воздухововлекающими добавками При приготовлении бетонных смесей без воздухововлекающих добавок значения насыпной плотности крупного пористого заполнителя уменьшаются для бетонов на песке того же вида и золе ТЭС на 100 кг/м^3, для бетонов на вспученном перлитовом песке – на 50 кг/м^3.

Таблица 8

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка бетона по средней плотности	Максимальная марка крупного заполнителя по насыпной плотности			
		гравия		щебня	
		песок плотный	песок пористый	песок плотный	песок пористый
В10–В20	D1200	–	500	–	–
	D1300	–	600	–	400
	D1400	500	700	–	500
	D1500	600	800	400	600
	D1600	700	–	500	700
	D1700	800	–	600	800
	D1800	900	–	700	900
В25–В40	D1400	–	600	–	–
	D1500	–	700	–	–
	D1600	600	800	–	–
	D1700	700	–	–	700
	D1800	800	–	600	800
	D1900	900	–	700	900
	D2000	–	–	800	1000

Примечания: 1. Для бетонов классов В25 - В40 рекомендуется применение пористого песка совместно с плотным.

2. В случаях применения зол ТЭС или воздухововлекающих добавок насыпная плотность крупного заполнителя может быть повышена на 50–100 кг/м^3, а в случаях применения пластифицирующих добавок должна быть понижена на 50–100 кг/м^3

3.8. Марка крупного пористого заполнителя по прочности в зависимости от класса легкого бетона должна быть не ниже значения, приведенного в табл. 9.

Таблица 9

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка заполнителя по прочности	Класс бетона по прочности на сжатие	Марка заполнителя по прочности
В3,5	П 25	В20	П 150
В5	П 35	В22,5	П 200
В7,5	П 50	В25	П 250
В10	П 75	В30	П 300
В12,5	П 100	В35	П 350
В15	П 125	В40	П 400

Продолжение табл. 9

Примечания: 1. Крупный заполнитель относят к той или иной марке по прочности по результатам испытаний в цилиндре по ГОСТ 9758–86, в соответствии с требованиями ГОСТ 9757–83 или непосредственным испытаниям в бетоне по методике ГОСТ 9758–86. При использовании пористого заполнителя нескольких фракций учитывают его средневзвешенную прочность, определяемую по формуле:

$$R^{ц}_{к} = \frac{X_1 R^{ц}_{X_1} + X_2 R^{ц}_{X_2} + X_3 R^{ц}_{X_3}}{100}, \qquad (4)$$

где $R^{ц}_{X_1}$ $R^{ц}_{X_2}$, $R^{ц}_{X_3}$ – прочность в цилиндре отдельных фракций, МПа,

X_1, X_2, X_3 – содержание отдельных фракций, % по объему.

2. Применение заполнителей меньшей прочности, в частности, для бетонов на шлаковой пемзе, допускается при условии, что расход цемента не будет превышать указанного в СНиП 5.01.23-83.

Если средневзвешенная прочность крупного пористого заполнителя не удовлетворяет требованиям табл. 9, целесообразно уменьшить или исключить содержание крупных (наиболее легких и наименее прочных) фракций или использовать для получения бетона требуемой прочности заполнитель одной наименьшей фракции 5–10 мм, имеющий наибольшую прочность.

3.9. В качестве мелких заполнителей для приготовления легких бетонов следует использовать:

конструкционно-теплоизоляционных – пористые пески, золы и золошлаковые смеси ТЭС;

конструкционных – пористые или плотные пески или их сочетание с введением зол или золошлаковых смесей ТЭС.

Применение плотного песка для конструкционно-теплоизоляционных бетонов допускается в случаях, установленных в стандартах или технических условиях на конкретные виды изделий и конструкций при соответствующем технико-экономическом обосновании и обеспечении требуемых по проекту теплотехнических характеристик (плотности и теплопроводности) бетона.

3.10. Применяемые для приготовления легких бетонов плотные пески должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8736–85 и ГОСТ 10268–80.

3.11. Выбор того или иного вида мелкого заполнителя или их сочетания проводят в зависимости от заданных требований к бетону по прочности и средней плотности, вида и марки по насыпной плотности крупного пористого заполнителя в соответствии с рекомендациями табл. 6–8, а также фактического зернового состава возможных к применению мелких заполнителей с учетом требований п. 3.12.

При этом в первую очередь используют местные и недефицитные мелкие заполнители, преимущественно из промышленных отходов, обеспечивающие требуемые качественные показатели бетонов при наименьшем расходе цемента.

3.12. Зерновой состав пористых песков должен отвечать требованиям ГОСТ 9757–83.

Требуемый зерновой состав мелкого заполнителя можно обеспечивать применением:

рядового пористого песка (обжигового или дробленого);

двух видов пористых песков – крупного и мелкого (например, керамзитового с перлитовым);

пористого песка в сочетании с золой или золошлаковой смесью ТЭС или другими микронаполнителями.

3.13. Насыпная плотность пористых песков для конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов должна находиться в пределах 200–1000 кг/м^3 и быть по возможности наименьшей для получения бетонов с минимальной плотностью. Для конструкционных бетонов насыпная плотность пористых песков должна быть не менее 600 кг/м^3 для бетонов классов В12,5–В20 и не менее 800 кг/м^3 для бетонов классов В25 и выше. При этом прочность при сдавливании в цилиндре по ГОСТ 9758–86 должна быть не менее значений, приведенных в табл. 10. При использовании пористых песков в сочетании с плотными, золой ТЭС или другими микронаполнителями значение минимальной прочности пористых песков, указанное в табл. 10, может быть уменьшено на 20–40 %.

Вспученный перлитовый песок, применяемый для приготовления легких бетонов классов В3,5–В7,5, должен иметь марку по насыпной плотности 200–400, а классов В10–В20 – марку по насыпной плотности не ниже 400. При применении вспученного перлитового песка в сочетании с другими мелкими заполнителями, когда расход не превышает 0,25 м^3/м^3, марка по насыпной плотности может быть снижена до 150.

Таблица 10

Класс бетона по прочности на сжатие	Прочность песка при сдавливании в цилиндре, МПа, не менее			
	керамзитового (обожженного)	керамзитового и шунгизитового (дробленых) и перлитового	шлако-пемзового	аглопоритового
В15	2,5	1,2	1,0	0,8
В25	4,5	2,2	1,2	1,0
В30	6,5	3,3	1,4	1,2
В40	8,0	4,0	1,8	1,4

3.14. При приготовлении легких бетонов следует, по возможности, использовать в качестве мелкого заполнителя промышленные отходы, в первую очередь золы и золошлаковые смеси ТЭС, которые должны отвечать требованиям соответственно ГОСТ 25818–83 и ГОСТ 25592–83.

Для приготовления конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона классов В3,5–В7,5 рекомендуется использовать преимущественно золу и золошлаковую смесь с удельной поверхностью 2000–4000 $см^2/г$, заменяя ею полностью или частично мелкий заполнитель.

Для приготовления конструкционного легкого бетона классов В10–В15 рекомендуется использовать золу или золошлаковую смесь с удельной поверхностью 3000–4000 $см^2/г$ для частичной замены мелкого заполнителя и экономии цемента.

При приготовлении конструкционного легкого бетона классов В25–В30 рекомендуется использовать золу с удельной поверхностью не менее 3000 $см^2/г$, вводимую в количестве 100–150 $кг/м^3$ взамен части мелкого заполнителя с целью экономии цемента.

При изготовлении шлакопемзобетона вместо золы рекомендуется использовать добавку тонкомолотых шлаков с удельной поверхностью 2000–2500 $см^2/г$ для конструкционно-теплоизоляционного бетона и 2500–3000 $см^2/г$ для конструкционного бетона.

3.15. Отдельные или комплексные химические добавки, применяемые для снижения средней плотности, влажности и улучшения структуры конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона, повышения подвижности бетонной смеси, снижения расхода цемента, улучшения строительно-технических свойств конструкционных легких бетонов, должны отвечать требованиям ГОСТ 24211–80, стандартам и техническим условиям на конкретные добавки.

3.16. Выбор добавок следует производить в соответствии с рекомендациями СНиП 3.09.01-85 и Пособия по применению химических добавок при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий (М.: Стройиздат, 1989).

При этом конструкционно-теплоизоляционные бетоны, предназначенные для наружных стеновых панелей и крупных блоков, должны обязательно приготовляться с применением структурообразующих добавок – воздухововлекающих или порообразующих; высокоподвижные (П3) и литые бетоны (П4) – с применением суперпластификаторов или эффективных пластификаторов; конструкционные бетоны повышенной морозостойкости (марки F200 и более) – с применением воздухововлекающих, пластифицирующе воздухововлекающих или газообразующих добавок.

3.17. В качестве воздухововлекающих добавок для конструкционно-теплоизоляционных бетонов рекомендуется использовать: смолу древесную омыленную (СДО) по ТУ 13-05-02–83, смолу нейтрализованную воздухо-

вовлекающую (СНВ) по ТУ 81-05-75–74, хлорный сульфанол (С) по ТУ 6-01-1001–77.

Допускается применение других воздухововлекающих добавок, обеспечивающих необходимую степень воздухововлечения и воздухоудерживающей способности в соответствии с требованиями ГОСТ 24211–80.

3.18. В качестве пенообразующих добавок рекомендуются универсальный синтетический пенообразователь (УСП) на основе пасты алкилсульфатов первичных спиртов по ТУ 38-10755–80, клееканифольный пенообразователь на основе костного клея по ГОСТ 2067–80, канифоли по ГОСТ 19113–84 и едкого натра по ГОСТ 2263–79, пенообразователь на основе смолы древесной омыленной (СДО) по ТУ 13-05-02–83 и стабилизатора извести по ГОСТ 9179–77, приготовляемый по Рекомендациям по изготовлению изделий из керамзитобетона, поризованного вязкой пеной (М.: НИИЖБ, 1984). Допускается применение других пенообразующих добавок, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 24211–80.

3.19. В качестве пластифицирующих добавок рекомендуются суперпластификаторы С-3 по ТУ 6-14-625–80**, 40-03 по ТУ 38-40258–87, эффективный пластификатор ЛСТМ-2 по ОСТ 13-287–85 и другие эффективные пластификаторы на основе модифицированных технических лигносульфонатов.

4. ПОДБОР НОМИНАЛЬНОГО СОСТАВА ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

4.1. Подбор номинального состава конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона

4.1.1. Подбор номинального состава конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона с целью получения бетона требуемой прочности при минимальных плотности и расходе цемента производят расчетно-экспериментальным способом по следующим основным этапам:

определение характеристик исходных материалов;

расчет начального состава с требуемым уровнем прочности и плотности;

расчет дополнительных составов с целью назначения состава бетона с требуемым уровнем прочности при минимальной плотности;

проведение пробных замесов начального и дополнительных составов в лабораторных условиях с уточнением расходов структурообразующих добавок и воды, необходимых для получения заданной удобоукладываемости, слитной структуры и расчетного выхода бетонной смеси;

обработка полученных результатов с построением зависимости "прочность – плотность" – $R_б = f(\rho_б)$, по которой устанавливается значение плотности бетона, соответствующее заданному уровню его прочности;

пересчет состава бетона на найденное значение плотности и расчет дополнительных составов с целью минимизации расхода цемента;

проведение в лабораторных условиях пробных замесов бетона с целью минимизации расхода цемента;

проверка найденного по результатам лабораторных замесов состава бетона требуемой прочности с минимальными плотностью и расходом цемента в производственных условиях;

назначение по результатам лабораторных и производственных испытаний номинального состава легкого бетона, обеспечивающего получение бетонной смеси и бетона требуемого качества при минимальном расходе цемента.

Примечание. В случае отсутствия лабораторного смесителя производят опытные замесы начального состава непосредственно в производственных условиях, повторяя их в течение нескольких дней (смен) с последующей корректировкой по плотности и расходу цемента по данным статистической обработки полученных результатов.

4.1.2. Выбор марки и определение характеристик исходных материалов, фракционного состава крупного пористого заполнителя и вида мелкого заполнителя производится в соответствии с рекомендациями разд. 3 с учетом реальных показателей качества поставляемых или намеченных к поставке заполнителей.

При этом расчеты и опытные замесы рекомендуется проводить с применением нескольких (как правило, трех) характерных проб крупного пористого заполнителя данного поставщика с различной насыпной плотностью и прочностью – максимальной, средней и минимальной - в целях получения номинальных составов бетона и построения базовых зависимостей для последующей корректировки рабочих составов с учетом вариации качества пористого заполнителя.

4.1.3. Объем проб отобранных материалов пористых заполнителей и цемента должен быть достаточен для проведения всех необходимых экспериментов при подборе состава легкого бетона с заданными требованиями и составлять, как правило, не менее 50 л для крупного пористого заполнителя данной насыпной плотности, 25 л – для мелкого заполнителя, 15 кг – для цемента.

Отобранные пробы заполнителя высушивают до постоянной массы и просеивают с разделением крупного заполнителя на фракции 5–10, 10–20 и 20–40 мм и отсевом зерен размером менее 5 мм, а также отсевом от мелкого заполнителя зерен крупнее 5 мм. Определяют процентное содержание отдельных фракций и отсева в крупном и мелком заполнителе и далее учитывают найденный фактический зерновой состав во всех определениях, расчетах и навесках.

4.1.4. Для отобранных и подготовленных проб заполнителя проводят определение по ГОСТ 9758–86 следующих характеристик:

для крупного пористого заполнителя – насыпную плотность, плотность зерен в цементном тесте, прочность в цилиндре, водопоглощение;

для мелкого заполнителя – насыпную плотность, плотность зерен в цементном тесте, водопотребность.

РАСЧЕТ НАЧАЛЬНОГО И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СОСТАВОВ БЕТОНА

4.1.5. При расчете составов конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона исходят из условия максимального насыщения его крупным пористым заполнителем. Расход крупного пористого заполнителя для начального и дополнительных составов принимают по табл. 11 в зависимости от его зернового состава и прочности, а также вида мелкого заполнителя, и уточняют по результатам лабораторных и производственных замесов с учетом степени дробления и разрушения зерен в процессе перемешивания.

Таблица 11

Фракция заполнителя, мм	Расход крупного заполнителя, $м^3/м^3$, в зависимости от его марки по прочности и вида мелкого заполнителя			
	П 75 и менее		более П 75	
	песок пористый	зола ТЭС или плотный песок	песок пористый	зола ТЭС или плотный песок
5–10 и 10–20	1,05–1,1	1,1–1,2	1,0–1,05	1,05–1,15
5–20	1–1,05	1,05–1,15	0,95–1,0	1,0–1,10

Примечания: 1. Приведенные в табл. 11 значения предусматривают применение при приготовлении бетонной смеси воздухововлекающих добавок. При отсутствии добавок для получения плотной структуры бетона расход крупного заполнителя уменьшают на 5–10 %. Для поризованных беспесчаных бетонов расход крупного заполнителя принимают таким же, как в бетонах на золе ТЭС или плотном песке.

2. При использовании двух фракций крупного заполнителя приведенные в таблице значения характеризуют сумму их пофракционных объемов. Соотношения фракций принимают в соответствии с рекомендациями п. 3.6.

3. Назначение расхода заполнителя в пределах указанного в таблице диапазона производят с учетом того, что расход крупного заполнителя повышается с увеличением жесткости смеси и уменьшается с увеличением крупности применяемого мелкого заполнителя. Как правило, при расчете начального состава бетона принимают среднее значение в указанном диапазоне.

4.1.6. Расход цемента для расчета начального и дополнительных составов бетона принимают по табл. 12 (для гравиеподобных заполнителей) и табл. 13 (для щебнеподобных заполнителей) в зависимости от класса бетона по прочности, марки крупного и вида мелкого заполнителя.

Таблица 12

Класс бетона	Марка заполнителя по насыпной плотности	Расход цемента марки 400, кг/м³, в зависимости от мелкого заполнителя				
		того же вида, что и крупный заполнитель	вспученный перлитовый марки 300	зола и золошлаковая смесь	плотный	без песка (поризованный бетон)
В3,5	300	230	250	210	240	–
	350–400	220	230	200	230	260
	450–500	210	220	200	220	245
	550–600	200	210	200	210	230
В5	300	240	270	230	250	–
	350–400	230	250	220	240	280
	450–500	220	230	210	230	260
	550–600	210	220	200	220	250
В7,5	350–400	250	300	230	270	–
	450–500	240	270	220	250	–
	550–600	230	250	210	230	–

Таблица 13

Класс бетона	Марка заполнителя по насыпной плотности	Расход цемента марки 400, кг/м³, в зависимости от мелкого заполнителя		
		того же вида, что и крупный заполнитель	вспученный перлитовый	зола и золошлаковая смесь
В3,5	400	260	280	240
	500	240	260	230
	600	235	250	220
	700	225	240	210
	800	215	230	200
	900	205	220	200
В5	400	280	320	255
	500	265	290	240
	600	255	270	230
	700	245	260	220
	800	235	250	210
	900	225	240	200

Продолжение табл. 13

Класс бетона	Марка заполнителя по насыпной плотности	Расход цемента марки 400, кг/м³, в зависимости от мелкого заполнителя		
		того же вида, что и крупный заполнитель	вспученный перлитовый	зола и золошлаковая смесь
В7,5	400	340	390	300
	500	310	360	280
	600	290	240	260
	700	270	210	240
	800	260	300	230
	900	250	290	220

Примечания к табл. 12,13: 1. При использовании цемента марки 300 его расход повышается на 5 % для бетона класса В3,5; на 7 % – для бетона класса В5 и на 10 % – для бетона класса В7,5.

2 Данные таблицы справедливы при виброформовании панелей в горизонтальном положении (марка по удобоукладываемости Ж1). При вертикально-кассетном способе (марка по удобоукладываемости П2) расход цемента повышается на 10 %.

3. При использовании вспученного перлитового песка марки 200 расход цемента повышается на 10 %, марки 400 – снижается на 15 %.

4.1.7. Расход мелкого заполнителя в начальном и дополнительных составах бетона рассчитывают по формуле

$$П = \rho_б - 1{,}15Ц - К, \qquad (5)$$

где $П$ – расход мелкого заполнителя, кг/м³;

$\rho_б$ – заданный средний уровень плотности бетона в сухом состоянии, кг/м³, принимаемый для начального состава равным среднему уровню, установленному в задании на подбор состава бетона, а для дополнительных составов на 5–10 % (50–75 кг/м³) меньше или больше среднего уровня;

$Ц$ – расход цемента, кг/м³ (по табл. 12–13);

$К$ – расход крупного заполнителя, кг/м³, определяемый по формулам:

при дозировании одной фракции (5–20 или 10–20 мм)

$$К = V_к \rho_к^н; \qquad (6)$$

при дозировании двух фракций (5–10, 10–20 мм)

$$К = \frac{V_к}{100}(X_1 \rho_{к_1}^н + X_2 \rho_{к_2}^н), \qquad (7)$$

где $V_к$ – объем крупного заполнителя, $м^3/м^3$ (по табл. 11);

X_1, X_2 – содержание отдельных фракций, % по объему;

$\rho_к^н, \rho_{к_1}^н, \rho_{к_2}^н$ – насыпная плотность крупного заполнителя смеси или отдельных фракций, $кг/м^3$.

4.1.8. При применении двух видов мелкого заполнителя (например, пористого песка и золы ТЭС, пористого и плотного песков и др.) их суммарный расход по массе рассчитывают по формуле (5), а соотношение принимают исходя из достижения оптимального зернового состава песка (п. 3.12). При этом расход золы ТЭС должен находиться в пределах 80–150 $кг/м^3$, расход плотного песка 0,05–0,10 $м^3/м^3$, расход вспученного перлитового песка 0,1–0,2 $м^3/м^3$.

4.1.9. При подборе составов бетонов двух соседних классов по прочности и марок по плотности (например, В3,5 D900 и В5 D1000), приготовляемых на одних и тех же материалах и по одинаковым режимам, рассчитывают два начальных состава и два дополнительных со значением $\rho_б$ на 5–10 % (50–75 $кг/м^3$) больше и меньше соответственно наибольшего и наименьшего значений среднего уровня по плотности.

4.1.10. При подборе составов беспесчаных поризованных бетонов дополнительные составы рассчитывают при варьировании расхода цемента в пределах ±(10–20)% от принятого в начальном составе.

4.1.11. Ориентировочный расчетный расход воды устанавливается по формуле (8) в зависимости от удобоукладываемости бетонной смеси, вида, крупности и водопоглощения крупного заполнителя и водопотребности и количества мелкого заполнителя. Расчетный расход воды уточняется в процессе проведения лабораторных и в дальнейшем производственных замесов в целях обеспечения требуемой удобоукладываемости бетонной смеси, степени воздухововлечения, условий формования изделий

$$B = B_0 + B_1 + B_2, \qquad (8)$$

где B – расчетный расход, $л/м^3$;

B_0 – начальный расход воды по табл.14, $л/м^3$;

B_1 – поправка на водопотребность мелкого заполнителя, $л/м^3$.

$$B_1 = 0{,}025 \frac{П}{\rho_п} (B_п - 7), \qquad (9)$$

где $П$ – расход мелкого заполнителя, $кг/м^3$, по формуле (5);

$\rho_п$ – средняя плотность зерен мелкого заполнителя в цементном тесте, $кг/дм^3$;

(для плотного песка – плотность, определяемая по ГОСТ 8736–85 или принимаемая равной 2,65, для золы – плотность зерен, принимаемая равной 2,0 $кг/дм^3$);

$B_{\text{п}}$ – водопотребность мелкого заполнителя, %;

B_2 – поправка на водопоглощение крупного заполнителя, л/м³:

$$B_2 = \frac{m_1 m_2 \ (B_0 + B_1)}{Ц} \cdot \frac{(W_{\text{к}} - 15)}{100} K, \qquad (10)$$

где B_0, B_1, – см. формулы (5) и (8);

$Ц$ и K

$W_{\text{к}}$ – водопоглощение крупного пористого заполнителя, %;

15 – „стандартное" водопоглощение крупного заполнителя, учтенное в табл. 14;

m_1 – коэффициент, учитывающий форму зерен крупного заполнителя, равный 1,0 для гравия и 0,65 для щебня;

m_2 – коэффициент, учитывающий наличие вовлеченного воздуха в растворной составляющей, равный в среднем 0,75.

4.1.12. При использовании для приготовления легкого бетона двух видов мелкого заполнителя значение B_1 рассчитывается для каждого из них.

Таблица 14

Удобоукладываемость бетонной смеси при показателях		Начальный расход B_0, л/м³, при использовании	
подвижности *ОК*, см	жесткости *Ж*, с	гравия	щебня
1–4	–	160	190
–	5–10	150	175

Примечания: 1. Приведенные в таблице значения справедливы для бетонных смесей с воздухововлекающими и пенообразующими добавками на заполнителе предельной крупности 20 мм. Для бетонных смесей, приготовляемых без добавок, расход воды повышается на 20 л/м³, а при использовании пористого щебня крупностью до 40 мм расход воды снижается на 10 л/м³.

2. Указанные расходы учитывают воду, входящую в состав воздухововлекающей добавки рабочей концентрации и технической пены.

4.1.13. При отсутствии данных по значениям $B_{\text{п}}$, $\rho_{\text{п}}$, $W_{\text{к}}$ поправка на B_2 принимается равной 0, а значение B_1 можно принять ориентировочно по данным табл. 15, предварительно определив расход мелкого заполнителя по насыпному объему по формуле

$$V_{\text{п}} = \frac{П}{\rho_{\text{п}}^{\text{н}}}, \qquad (11)$$

где $\rho_{\text{п}}^{\text{н}}$ – насыпная плотность пористого песка, кг/м³.

Таблица 15

Песок	Насыпная плотность, кг/м³	Ориентировочные значения B, л/м³, при расходе песка, м³/м³				
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Строительный						
$M_К$ = 2–2,5	1500	0	0	0	–	–
$M_К$ = 1,5–2	1400	5	10	15	–	–
Керамзитовый дробленый	500–600	10	20	30	40	70
	700–800	7	15	20	30	–
Керамзитовый обжиговый	500–700	5	10	15	–	–
Вспученный перлитовый	150–200	15	30	50	60	80
	250–400	12	25	35	50	65
Аглопоритовый	800–1000	15	30	45	60	80
Шлакопемзовый и граншлак	800–1200	10	20	30	40	50
Зола ТЭС	700–800	20	40	60	80	–
	900–1100	15	30	50	70	–
Природный пористый	600–800	20	40	60	80	100
	900–1200	10	20	30	40	–

4.1.14. Для того чтобы убедиться, что рассчитанные составы позволяют получить плотную или поризованную структуру бетона и определить расчетное содержание вовлеченного воздуха, %, производят проверку по принципу абсолютных объемов, $V_{абс}$, по формулам

$$\Sigma V_{абс} = \frac{Ц}{\rho_ц} + \frac{К}{n\rho_к} + \frac{П}{\rho_п} + B; \qquad (12)$$

$$V_в = 0{,}1\ (1000 - \Sigma V_{абс}), \qquad (13)$$

где $Ц, К, П, B, \rho_п$ – см. формулы (5) – (9);

$\rho_ц$ – плотность цемента, кг/дм³, принимаемая равной 3,1 и определяемая по ГОСТ 310.2–76;

$\rho_к$ – плотность зерен крупного заполнителя в цементном тесте, кг/дм³;

n – коэффициент, учитывающий увеличение плотности зерен крупного заполнителя за счет дробления при перемешивании бетонной смеси, определяют экспериментально или принимают равным 1,1–1,15 для заполнителя марки по прочности П75 и менее и 1,05–1,1 для заполнителя марки по прочности более П75.

4.1.15. Определенное по формуле (13) расчетное значение объема вовлеченного воздуха не должно превышать 12 % для бетонов, содержащих мелкий заполнитель и приготовляемых с воздухововлекающими добавками, и 20 % для беспесчаных поризованных бетонов. При отсутствии воздухововлекающих добавок рассчитанное по формуле (12) значение $\Sigma V_{абс}$ должно находиться в пределах 950–1050 л/м^3. Если найденные значения $V_в$ или $\Sigma V_{абс}$ выходят за указанные пределы, необходимо повторить расчет, изменив расход крупного заполнителя по табл. 11 или (и) отклонение величины $\rho_б$ от принятого среднего уровня в дополнительных замесах. Если желаемый результат не достигнут, то это значит, что на принятых заполнителях невозможно получить легкий бетон плотной структуры с заданным уровнем средней плотности. Необходимо применять более легкие крупные или мелкие заполнители. Возможно также изменение структуры бетона в соответствии с рекомендациями разд. 3.

Правильность расчета состава бетона (при отсутствии данных $\rho_к$, $\rho_п$ и $B_п$ или для ориентировочных расчетов) может быть установлена по расходу мелкого заполнителя, который для бетонов с воздухововлекающими добавками должен находиться в пределах, указанных в табл. 16.

Таблица 16

Класс бетона	Расход мелкого заполнителя, м^3/м^3			
	пористого того же вида, что и крупный заполнитель	вспученного перлитового	золы и золошлаковых смесей	плотного
	На гравии			
В3,5	0,2 –0,3	0,25–0,35	0,1 –0,15	0,12–0,15
В5	0,23–0,33	0,3 –0,4	0,15–0,2	0,15–0,2
В7,5	0,28–0,35	0,35–0,45	0,2 –0,25	0,18–0,25
	На щебне			
В3,5	0,3 –0,45	0,35–0,45	0,2 –0,3	–
В5	0,33–0,45	0,4 –0,5	0,25–0,35	–
В7,5	0,35–0,5	0,45–0,55	0,3 –0,40	–

Примечание. Нижний предел указан из условий обеспечения устойчивого воздухововлечения бетонной смеси при минимальном расходе цемента, верхний – из условий наименьшей плотности бетона.

4.1.16. Ориентировочные расходы воздухововлекающих добавок и пенообразователей, используемых для опытных замесов, принимают в соответствии с рекомендациями табл. 17 и 18 в зависимости от необходимого

объема вовлеченного воздуха и вида мелкого заполнителя. Они уточняются в ходе опытных замесов в целях получения слитной (плотной или поризованной) структуры бетона при заданном выходе бетонной смеси с учетом особенностей смесителя, условий транспортирования и укладки смеси.

Таблица 17

Добавка	Объем вовлеченного воздуха, %	Расход добавки, % от массы цемента, при мелком заполнителе			
		того же вида, что и крупный заполнитель	зола и золошлаковая смесь	вспученный перлитовый	плотный
СДО	5–10	0,1 –0,2	0,2 –0,3	0,8 –0,15	0,15–0,25
	10–15	0,15–0,25	0,25–0,4	0,12–0,2	0,2 –0,3
СНВ	5–10	0,02–0,1	0,10–0,20	0,05–0,12	0,08–0,15
	10–15	0,05–0,15	0,15–0,25	0,08–0,15	0,1 –0,2
С	5–10	0,08–0,15	0,2 –0,3	0,1 –0,15	0,12–0,2
	10–15	0,12–0,2	0,15–0,35	0,12–0,2	0,15–0,25

Примечания: 1. Расходы добавок приведены по сухому товарному продукту.

2. Расходы даны применительно к бетонам на пористом гравии. Для бетонов на пористом щебне расход добавок увеличивают в 1,2–1,5 раза в зависимости от формы его зерен и водопоглощения.

3. Указанные расходы приведены для бетонных смесей жесткостью 5–10 с (марки Ж1). Для бетонных смесей марки П1 расход добавки уменьшают на 15–30 %.

4. Расходы добавок даны для бетонных смесей на золе (ЗШС), исходя из условия применения зол с удельной поверхностью $S_{уд}$ = 1500–2500 см²/г и п.п.п 5 %. При использовании каменноугольных и антрацитовых зол с $S_{уд}$ до 4000 см²/г и п.п.п соответственно до 7 и 15 % расход добавки увеличивают примерно в 1,5 раза. Работа на более дисперсных золах с более высокими потерями при прокаливании увеличивает потребность в воздухововлекающей добавке, расход которой должен устанавливаться опытным путем.

Таблица 18

Пенообразователь	Объем вовлеченного воздуха, %	Расход пенообразователя рабочей концентрации, л, при содержании песчаных фракций в крупном заполнителе, % по объему			
		0	5	10	15
УСП	10–15	50–60	40–50	30–40	25–35
	15–20	70–80	60–70	50–60	40–50
Клееканифольный	10–15	30–35	25–30	20–25	20–25
	15–20	40–50	35–45	30–40	30–35

Продолжение табл. 18

Пенообразователь	Объем вовлеченного воздуха, %	Расход пенообразователя рабочей концентрации, л, при содержании песчаных фракций в крупном заполнителе, % по объему			
		0	5	10	15
СДО с известковым стабилизатором	10–15	23–28	20–25	18–22	15–19
	15–20	33–38	30–35	24–29	20–23

Примечания: 1. УСП имеет рабочую концентрацию 1 : 40, клееканифольный пенообразователь 1 . 20, а третий пенообразователь готовится на основе СДО 10 %-ной концентрации и известкового молока с $\rho = 1{,}055–1{,}057$ кг/дм³ в соотношении 1 : 1 (по объему)

2 Расходы даны применительно к бетонам на пористом гравии. Для бетона на пористом щебне расход пенообразователей увеличивают в 1,2–1,5 раза.

3. Указанные расходы приведены для бетонных смесей с $ОК = 1–4$ см. Для бетонных смесей с $ОК = 5–9$ см расход добавки уменьшают на 15–30 %.

4.1.17. По полученным значениям расхода отдельных компонентов рассчитывают величину ожидаемой средней плотности легкобетонной смеси в уплотненном состоянии для начального и дополнительных составов бетона по формуле

$$\rho_б^{см} = Ц + К + П + В. \qquad (14)$$

ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТНЫХ ЗАМЕСОВ

4.1.18. Опытные замесы начального и дополнительных составов бетона производят в лабораторных условиях с перемешиванием бетонной смеси в растворосмесителях или бетоносмесителях принудительного действия вместимостью 15–80 л. Объем каждого опытного замеса должен не менее чем на 10 % превышать суммарный объем изготовляемых из него образцов и проб, используемых для контроля свойств бетонной смеси и быть 40–70 % номинального объема смесителя, но не менее 10 л.

Ручное перемешивание легкобетонных смесей со структурообразующими добавками не допускается. При отсутствии лабораторных смесителей опытные замесы выполняют непосредственно в производственных условиях в соответствии с рекомендациями, изложенными ниже.

4.1.19. Дозировку материалов на каждый опытный замес рассчитывают по формуле

$$g_м = V_з M, \qquad (15)$$

где $g_м$ – масса данного компонента на замес, кг;

$V_з$ – объем опытного замеса, м^3;

M – расчетный расход данного компонента, кг/м^3.

При расчете дозировки воды учитывают ее объем, содержащийся в растворе структурообразующей добавки, который готовят, как правило, 10 %-ной концентрации.

4.1.20. Перед началом проведения опытных замесов смачивают внутреннюю поверхность лабораторного растворо- или бетоносмесителя, а также емкости и рабочие инструменты, с которыми может соприкасаться бетонная смесь.

Взвешивают формы для изготовления контрольных образцов. Изготовление начального и дополнительных замесов производят, как правило, в течение одной смены с минимальными интервалами так, чтобы время от момента приготовления первого и последнего замеса не превышало 1,5 ч. Это необходимо для исключения различия в длительности и условиях выдерживания отформованных бетонных образцов до начала их тепловой обработки. Для уменьшения данного периода рекомендуется заранее делать навески для всех опытных замесов.

4.1.21. Дозирование всех материалов производят по массе с погрешностью не более 1 %. При неоднородном, недостаточном усредненном крупном пористом заполнителе (с колебаниями по насыпной плотности более 2 %) его рекомендуется дозировать по насыпному объему со взвешиванием общего объема отдозированного материала. Если при этом величина навески отличается более чем на 3 % от предварительно рассчитанной, следует внести соответствующую поправку в ожидаемую величину средней плотности бетонной смеси по формуле (14). Воду и раствор структурообразующей добавки дозируют по массе или объему с погрешностью не более 1 %.

Вода и все материалы должны иметь температуру 15–25° С, если условиями задания не предусмотрено использование подогретых материалов или приготовление предварительно разогретой бетонной смеси.

4.1.22. Сухие отдозированные материалы загружают в смеситель и перемешивают первоначально в течение 15–30 с. Затем постепенно добавляют в замес 80–90 % назначенного расчетного объема воды, равномерно распределяя ее по всему объему смесителя и добиваясь получения полностью увлажненной смеси без признаков водоотделения. Далее постепенно заливают в работающий смеситель раствор воздухововлекающей добавки (или техническую пену, приготовленную в пеногенераторе) и визуально наблюдают за процессом воздухововлечения, которое интенсивно начинается через 30–60 с и сопровождается повышением пластичности бетонной смеси и появлением в ней избыточного количества растворной части. При недостаточном воздухововлечении вводят оставшийся объем воды, а в случае, если увеличение ее расхода не приводит к увеличению содержания воздуха в смеси, – дополнительное количество раствора воздухововле-

кающей добавки или технической пены, добиваясь получения слитной бетонной смеси с небольшим избытком растворной составляющей. Общее время перемешивания должно быть 3–5 мин.

4.1.23. Для того чтобы убедиться, что приготовленная бетонная смесь имеет требуемые показатели, из остановленного смесителя отбирают в 2–5-литровый цилиндр пробу смеси для определения плотности. Плотность бетонной смеси должна быть на 30–50 кг/м^3 ниже значения, установленного для данного состава бетона по п. 4.1.17. При достижении таких показателей отобранные пробы выгружаются в смеситель, смесь перемешивается еще 10–15 с и после этого полностью выгружается на противень.

Если плотность бетонной смеси оказалась более высокой или смесь визуально имеет неплотную структуру, то отобранную пробу выгружают в смеситель и всю смесь перемешивают еще 1–2 мин с дополнительно отдозированной водой и раствором воздухововлекающей добавки или технической пеной до получения требуемых характеристик бетонной смеси. Затем всю приготовленную смесь выгружают на противень.

Если плотность и жесткость смеси оказались более низкими, чем требуется, т. е. смесь "перепоризована", отобранную пробу выгружают в смеситель и дополнительно перемешивают смесь с введенными в нее сухими материалами в принятом для данного состава соотношении в количестве 5–10 % первоначальной навески.

4.1.24. Выгруженную на противень приготовленную бетонную смесь с требуемыми характеристиками выдерживают в течение 15 мин, после чего изготовляют в соответствии с ГОСТ 10180–89 из нее одну или две серии образцов (два или три образца в серии) размером 15Х15Х15 см. Формы очищают от лишнего бетона, взвешивают и определяют ориентировочную (из-за незнания фактических размеров образца) плотность приготовленной смеси в уплотненном состоянии. Замес признается удовлетворительным, если бетон имеет слитную структуру, а фактическая плотность отличается от расчетной не более чем на ±3 %.

Если эти условия не соблюдены, а также если в процессе проведения опытов требуемые показатели были достигнуты лишь в результате неоднократных корректировок расхода воды, добавки или твердых материалов при увеличенной продолжительности перемешивания, рекомендуется проведение повторного замеса с заранее уменьшенными или увеличенными расходами воды и структурообразующей добавки.

4.1.25. Отформованные образцы подвергают тепловой обработке по заданному режиму в лабораторной или производственной камере. При этом продолжительность выдерживания до начала тепловой обработки определяют от момента окончания формования последней серии образцов. Через 4 ч распалубленные образцы взвешивают, измеряют и испытывают на сжатие по ГОСТ 10180–90.

4.1.26. По результатам измерений образцов определяют величину плотности бетонной смеси в уплотненном состоянии, а также фактический расход материалов на 1 м³ по формулам:

$$\rho_{б}^{см} = \frac{m_{б} - m_{ф}}{V_{о}}; \quad (16)$$

$$\overline{\rho}_{б}^{см} = \frac{\Sigma \rho_{б}^{см}}{n}; \quad (17)$$

$$Ц = \frac{\overline{\rho}_{б}^{см}}{\Sigma g} g_{ц}; \quad (18)$$

$$П = \frac{\overline{\rho}_{б}^{см}}{\Sigma g} g_{п}; \quad (19)$$

$$К = \frac{\overline{\rho}_{б}^{см}}{\Sigma g} g_{к}; \quad (20)$$

$$В = \frac{\overline{\rho}_{б}^{см}}{\Sigma g} g_{в}; \quad (21)$$

$$Д = \frac{\overline{\rho}_{б}^{см}}{\Sigma g} g_{д}; \quad (22)$$

где $\rho_{б}^{см}$ и $\overline{\rho}_{б}^{см}$ – единичное и среднее значения плотности бетонной смеси, кг/м³;

$m_{б}, m_{ф}$ – масса формы с уплотненной свежеуложенной бетонной смесью и без нее, г;

n – число образцов;

$V_{о}$ – фактический объем образца по данным его обмера, дм³;

$Ц, П, К, В$ и $Д$ – фактические расходы цемента, мелкого и крупного заполнителя, воды и добавки в опытном замесе, кг/м³;

$g_{ц}, g_{п}, g_{к}, g_{в}, g_{д}$ – масса соответственно цемента, мелкого заполнителя, крупного заполнителя, воды и добавки в замесе, кг;

Σg – суммарная масса всех материалов (и воды) в замесе, кг.

4.1.27. Расчет плотности бетона в сухом состоянии производят по формуле

$$\rho_{б}^{сух} = 1{,}15Ц + П + К. \quad (23)$$

Для самоконтроля рекомендуется устанавливать значение плотности в сухом состоянии по ГОСТ 12730.1–78 определением средней влажности

испытанных образцов высушиванием при температуре 100–105°С до постоянной массы отобранной после испытания на сжатие пробы массой 1 кг по формулам:

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100\%; \qquad (24)$$

$$\rho_б^{сух} = \rho_б^{исп} \frac{100}{100 + W}, \qquad (25)$$

где W — влажность бетона в момент испытания, %;

m_2, m_1 — масса пробы разрушенного бетона до и после высушивания, г;

$\rho_б^{исп}$ — средняя плотность бетона в серии образцов в момент испытания, кг/м^3.

При тщательном проведении экспериментов значения $\rho_б^{сух}$ и $\rho_б^{исп}$, рассчитанные по формулам (23) и (25), должны совпадать или отличаться не более чем на 10–20 кг/м^3. При несовпадении за истинное значение $\rho_б$ принимается определенное по ГОСТ 12730.1–78.

4.1.28. По полученным для каждого испытанного состава бетона значениям прочности $R_б$ и плотности в сухом состоянии $\rho_б^{сух}$ строят линейную зависимость $R_б = f \cdot (\rho_б^{сух})$, по которой устанавливают значение среднего уровня плотности бетона $\rho_б^{у}$, соответствующего заданному значению среднего уровня прочности. Найденная величина не должна превышать установленную в задании на подбор состава бетона.

Если найденное по зависимости $R_б = f \cdot (\rho_б^{сух})$ значение $\rho_б^{у}$ окажется больше установленного заданием, проводят новые подборы составов, используя более легкие крупные заполнители в соответствии с рекомендациями разд. 3 или режимы ТВО с большей температурой и длительностью.

4.1.29. Состав бетона с найденной величиной плотности $\rho_б^{у}$ рассчитывают, вычисляя расходы цемента, крупного заполнителя, воды и добавки интерполяцией установленных фактических расходов по формулам (18)–(22) для опытных замесов с плотностью, большей и меньшей, чем $\rho_б^{у}$. Для вычисления используют формулу

$$M = M_1 + \frac{(\rho_б^{у} - \rho_{б_1})\ (M_2 - M_1)}{\rho_{б_2} - \rho_{б_1}}, \qquad (26)$$

где M, M_1 и M_2 —расходы материалов в искомом составе бетона и составах с плотностью бетона, большей $\rho_{б_2}$ или меньшей $\rho_{б_1}$ искомой.

Расход мелкого заполнителя рассчитывают по формуле (5) при $\rho_б = \rho_б^{у}$ и значениях $Ц$ и $К$, установленных по формуле (26).

4.1.30. Рассчитывают два дополнительных состава легкого бетона с установленной минимальной плотностью ρ_6^y и расходами цемента, отличными от принятого в первой серии $Ц_1$. Один состав рассчитывают с расходом цемента $Ц_2$, минимально допустимым для конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона в соответствии с рекомендациями разд. 2, второй–с расходом цемента $Ц_3$, равным 1/2 $(Ц_1 + Ц_2)$. Расчет указанных составов проводят аналогично расчетам в первой серии. При этом расходы воды и добавки устанавливают с учетом различий в расчетных и фактических значениях, выявленных в результате проведения опытных замесов первой серии. Если в результате первой серии не была достигнута заданная плотность бетона при требуемой прочности, рассчитываются дополнительные составы бетона требуемой плотности с расходами цемента на 10–20 % больше и меньше, чем в первой серии.

В случае, если расход цемента в первой серии равен минимально допустимому, дополнительные составы во второй серии не рассчитывают и не испытывают.

4.1.31. Для каждого из трех составов второй серии проводят опытные замесы в соответствии с рекомендациями пп. 4.1.18–4.1.25 и с изготовлением контрольных образцов для испытаний после тепловой обработки и в 28-суточном возрасте и определением удобоукладываемости бетонной смеси, объема вовлеченного воздуха и межзерновых пустот по ГОСТ 10181.1–81 ГОСТ 10181.3–81 и ГОСТ 12730.4–78.

4.1.32. Результаты опытных замесов обрабатывают в соответствии с рекомендациями пп. 4.1.26, 4.1.27 и по полученным данным находят наименьший расход цемента, который при установленной минимальной плотности обеспечивает получение наибольшей прочности бетона – не ниже заданного среднего уровня.

При найденном расходе цемента, в соответствии с рекомендациями п. 4.1.29, рассчитывают расходы остальных компонентов.

4.1.33. Повторяя расчеты и опытные замесы на различных по качеству (в первую очередь, по насыпной плотности) пробах крупного пористого заполнителя, устанавливают составы бетона с требуемым уровнем прочности и минимальными значениями плотности и расхода цемента в зависимости от характеристик пористого заполнителя. По полученным данным строят зависимости расходов мелкого заполнителя, воды и добавки от насыпной плотности крупного пористого заполнителя, которые являются основой для последующих корректировок рабочих составов бетона и составления таблиц и алгоритмов объемно-весового дозирования.

ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТНЫХ ЗАМЕСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

4.1.34. Перед проведением опытных замесов в производственных условиях должно быть проверено соблюдение на данном предприятии установленных технологических параметров производства конструкций и их соответствие рекомендациям СНиП 3.09.01-85.

4.1.35. Выявленные в результате расчетов и опытных лабораторных замесов составы легкого бетона проверяют непосредственно в производственных условиях в течение 2–3 дней (смен) с учетом всех технологических особенностей работы предприятия (дозировочное, смесительное, транспортное, формовочное оборудование, агрегаты для тепловой обработки).

4.1.36. Расходы цемента, крупного и мелкого заполнителя принимаются по данным подбора состава применительно к конкретным характеристикам крупного пористого заполнителя (в первую очередь, его насыпной плотности) в расходном бункере. Расход крупного заполнителя определяется по формулам (6), (7), расход мелкого – по формуле (5) при значении $\rho_б^у$, принятом по данным лабораторных подборов для заполнителя с аналогичными характеристиками. Если замесы в производственных условиях выполняют без предварительных экспериментов в лабораторных условиях (см. примечание к п. 4.1.1), то расходы цемента, крупного и мелкого заполнителя рассчитывают по рекомендациям пп. 4.1.5–4.1.8 для начального состава бетона. Если фактическая прочность или плотность окажутся не соответствующими требуемым значениям, опытные замесы дополнительных составов бетона проводят в этом случае по результатам испытаний бетона начального состава.

4.1.37. При проведении опытных замесов в производственных условиях учитывают влажность заполнителей, их фактический зерновой состав – наличие фракции менее 5 мм в крупном заполнителе и более 5 мм в мелком, с пересчетом рабочих дозировок в соответствии с рекомендациями разд. 5.

4.1.38. Расходы воды и рабочего раствора воздухововлекающей добавки и пенообразователя с учетом ее фактической концентрации устанавливают ориентировочно по данным лабораторных замесов или рекомендаций пп. 4.1.11–4.1.16 и уточняют непосредственно при приготовлении бетонной смеси по визуальному контролю за ее удобоукладываемостью и воздухововлечением. При корректировке расходов воды и добавки следует учитывать, что процесс воздухововлечения обычно начинается не ранее чем через 1–2 мин после окончания дозирования воды и добавки и что увеличение расхода воды способствует повышению воздухововлечения при данном расходе добавки.

4.1.39. Для контроля за качеством приготовленной бетонной смеси рекомендуется до выгрузки из смесителя проверять ее плотность. Для этого из остановленного после 3–4-минутного перемешивания смесителя отби-

рают пробу бетонной смеси и определяют ее плотность в 5-литровом сосуде, уплотняя встряхиванием и постукиванием о стенки сосуда. Плотность бетонной смеси при слитной ее структуре, в зависимости от числа перегрузок смесителя до укладки ее в формы, должна на 50—150 кг/м^3 быть ниже расчетной, определенной по формуле (14).

4.1.40. Приготовленную бетонную смесь выгружают из смесителя в транспортные средства и формуют из нее опытные изделия с оценкой условий укладки и распределения смеси, ее уплотнения и последующего заглаживания верхнего фактурного слоя. Из выгруженной в форму смеси отбирают пробы для определения удобоукладываемости и объема вовлеченного воздуха и изготовления контрольных образцов на прочность и плотность, а также теплопроводность и морозостойкость. Среднюю плотность бетонной смеси и расход материалов на 1 м^3 определяют по рекомендациям п. 4.1.26, по данным испытаний образцов размером 15Х15Х15 см, отформованных из пробы смеси, отобранной на формовочном посту.

Примечание. Образцы для определения теплопроводности и морозостойкости изготовляются из лабораторных замесов второй серии или на 2-й и 3-й день опытных производственных замесов после отработки состава и получения требуемых значений прочности и средней плотности бетона.

4.1.41. Отформованные опытные изделия и образцы подвергают тепловой обработке или другим условиям твердения по производственному режиму и после распалубки осматривают с оценкой слитности, плотности и однородности структуры бетона в изделии (конструкции) и образцах, проверкой массы изделия, отпускной влажности бетона (для сборных конструкций). Определяют прочность приготовленных образцов по ГОСТ 10180—90, их плотность в сухом состоянии по ГОСТ 12730.1—78.

НАЗНАЧЕНИЕ НОМИНАЛЬНОГО СОСТАВА

4.1.42. Выявленный и откорректированный в результате производственных замесов и формования изделий состав бетона признают удовлетворительным и принимают за номинальный, если при обеспечении необходимых технологических требований бетон в изделиях имеет слитную однородную структуру, масса изделий не превышает заданную, прочность бетона после тепловой обработки (и в дальнейшем в проектном возрасте) не ниже требуемой и не превышает верхнюю предупредительную границу по ГОСТ 18105—86, плотность легкого бетона в сухом состоянии не превышает требуемое значение по ГОСТ 27005—86, отпускная влажность, теплопроводность, объем межзерновых пустот и объем вовлеченного воздуха не превышают требуемые величины, указанные в разд. 2 и в задании на подбор состава бетона.

4. 2. Подбор номинального состава конструкционного легкого бетона.

4.2.1. Подбор номинального состава конструкционного легкого бетона производят в соответствии с заданием с целью получения бетона требуемой прочности и плотности при минимальном расходе цемента.

Основой подбора номинального состава конструкционного легкого бетона является построение зависимости прочности бетона от расхода цемента при заданных постоянных, отвечающих заданию удобоукладываемости бетонной смеси и плотности бетона в сухом состоянии.

4.2.2. Расчетно-экспериментальный способ, рекомендуемый для подбора номинального состава конструкционного легкого бетона, включает в себя следующие основные этапы.

определение характеристик исходных материалов;

расчет начального состава с требуемыми уровнями отпускной (передаточной) прочности и плотности;

расчет дополнительных составов с целью получения бетона с требуемыми уровнями отпускной (передаточной) прочности и плотности при минимальном расходе цемента;

проведение пробных замесов начального и дополнительных составов в лабораторных условиях с уточнением расхода воды для получения бетона заданной удобоукладываемости;

обработка полученных данных с построением зависимости "прочность – расход цемента" $R_б = f \cdot (Ц)$, по которой устанавливается минимальный расход цемента, обеспечивающий получение заданного среднего уровня отпускной (передаточной) прочности, пересчет состава бетона на найденное значение расхода цемента;

проведение в производственных условиях пробных замесов бетона установленного состава, определение отпускной (передаточной) прочности и прочности в проектном возрасте;

назначение по результатам лабораторных и производственных испытаний номинального состава легкого конструкционного бетона, обеспечивающего получение бетонной смеси заданной удобоукладываемости и бетона требуемого качества при минимальном расходе цемента.

4.2.3. Выбор и определение характеристик исходных материалов производят в соответствии с рекомендациями пп. 4.1.2–4.1.4. При этом, учитывая возможность изготовления при подборе составов конструкционных легких бетонов образцов размером 10Х10Х10 см, объем пробы крупного заполнителя может быть уменьшен до 30 л, мелкого – до 15 л. При испытании крупного пористого заполнителя дополнительно определяют его межзерновую пустотность по ГОСТ 9758–86.

РАСЧЕТ НАЧАЛЬНОГО И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СОСТАВОВ БЕТОНА

4.2.4. Расчет начального состава легкого конструкционного бетона на плотном песке производится в следующем порядке·

4.2.4.1. По графикам (черт. 1–8) в соответствии с заданным средним уровнем прочности бетона на сжатие (отпускной, в проектном возрасте) определяют расход цемента $Ц$, кг/м^3, в зависимости от его марки, а также вида (гравий, щебень) и марки по прочности крупного заполнителя.

4.2.4.2. Корректируют найденный расход цемента умножением на поправочные коэффициенты, учитывающие удобоукладываемость бетонной смеси, наибольшую крупность заполнителя данной прочности, модуль крупности (водопотребность) плотного песка, группу цемента по эффективности при пропаривании (для бетонов, подвергаемых тепловой обработке).

Значение поправочных коэффициентов принимают·

для смесей П1 – 1,06;
„ „ П2 – 1,15;
„ „ П3 – 1,2 ;
„ „ Ж2 – 0,93;

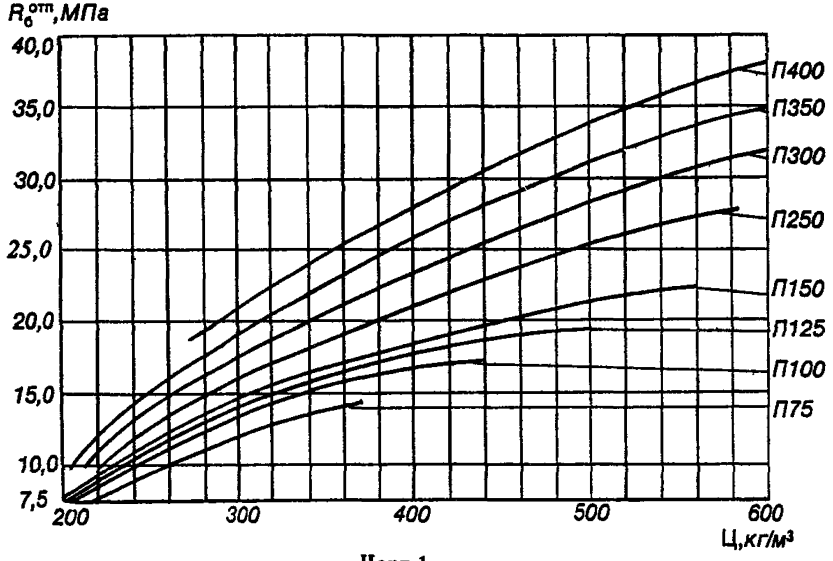
для заполнителя с наибольшей крупностью 10 мм – 1,07;
для песка с $М_к$ 1,5–2 ($В_п$ = 8–10 %) – 1,05;
„ „ „ 1–1,5 ($В_п$ > 10 %) – 1,1;
для цемента I группы – 0,93;
„ „ III „ – 1,07.

4.2.4.3. Начальный расход воды $В_0$ для приготовления бетонной смеси на плотном песке в зависимости от заданной удобоукладываемости смеси, наибольшей крупности и вида крупного заполнителя определяют по табл. 19.

4.2.4.4. Объемную концентрацию крупного заполнителя φ в зависимости от заданного среднего уровня плотности бетона, плотности зерен крупного заполнителя, а также найденных по пп. 4.2.4.1 – 4.2.4.3 расходов цемента и воды определяют по табл. 20.

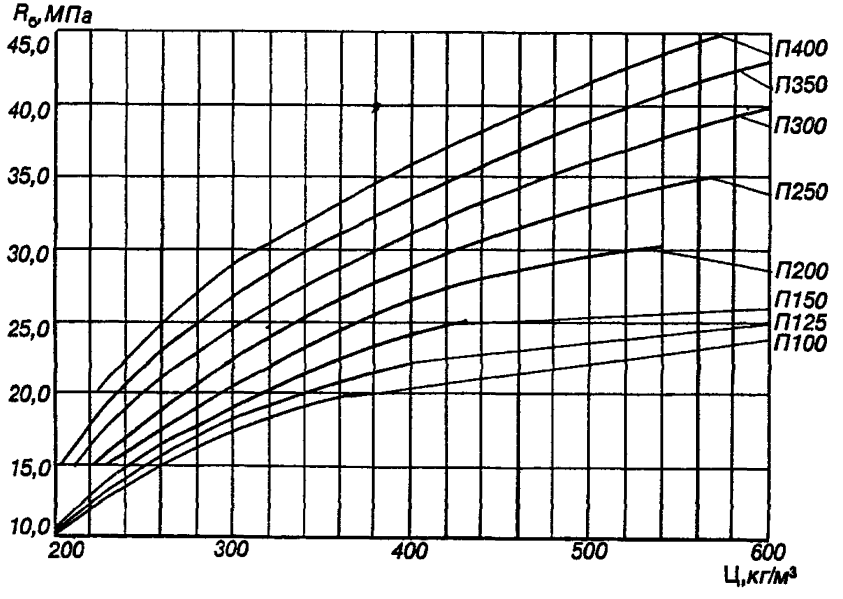
При этом значение φ не должно превышать более чем на 0,05 оптимальную величину, устанавливаемую по табл. 21 в зависимости от межзерновой пустотности крупного заполнителя и удобоукладываемости бетонной смеси. Если это условие не обеспечивается, следует часть плотного песка заменить пористым, золошлаковой смесью или золой и проводить расчет состава в соответствии с рекомендациями п. 4.2.5. Для конструкционного бетона классов В10–В15 можно рекомендовать при использовании плотного песка введение воздухововлекающих добавок, вовлекающих 3–6 % воздуха и снижающих значение φ на 0,03–0,06.

Отпускная прочность легкого бетона в зависимости от расхода цемента марки 400



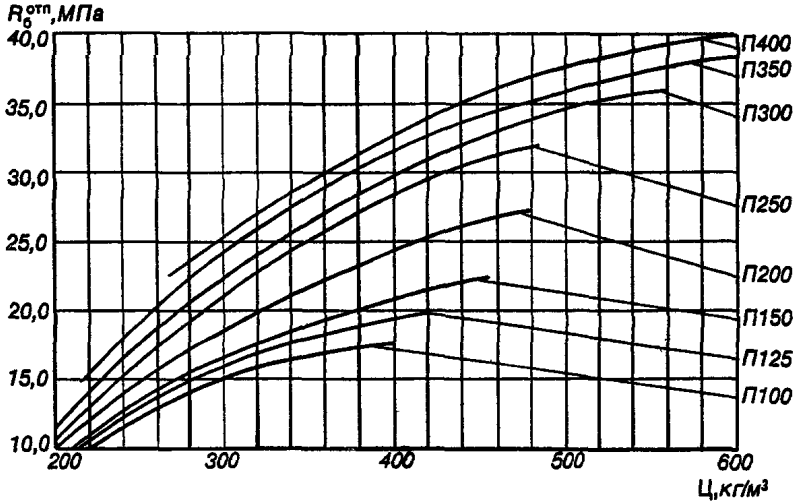
Черт.1

Прочность легкого бетона в 28-суточном возрасте в зависимости от расхода цемента марки 400



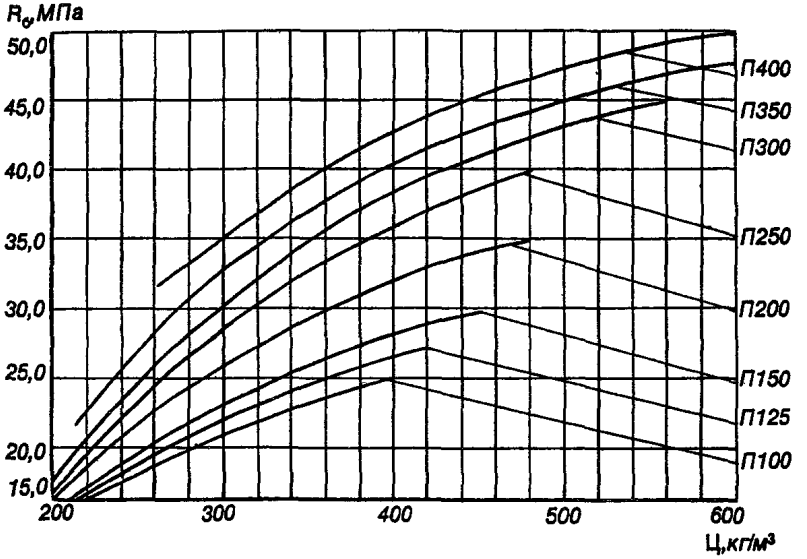
Черт. 2

Отпускная прочность легкого бетона в зависимости от расхода цемента марки 500



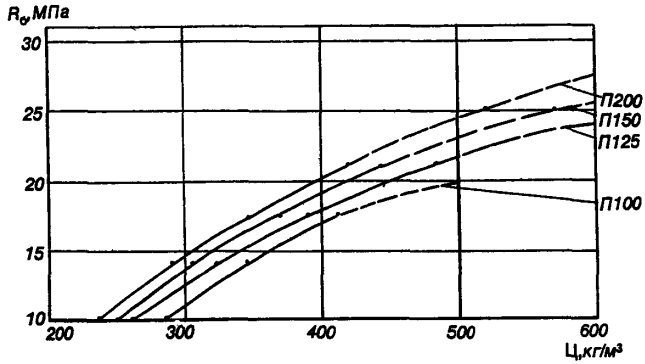
Черт. 3

Прочность легкого бетона в 28-суточном возрасте в зависимости от расхода цемента марки 500



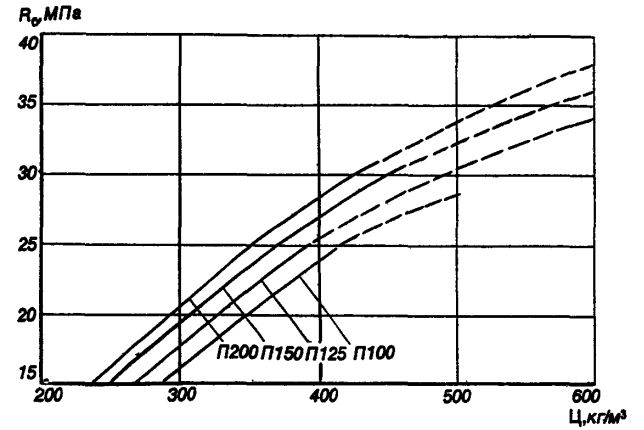
Черт. 4

Отпускная прочность шлакопемзобетона в зависимости от расхода цемента марки 400



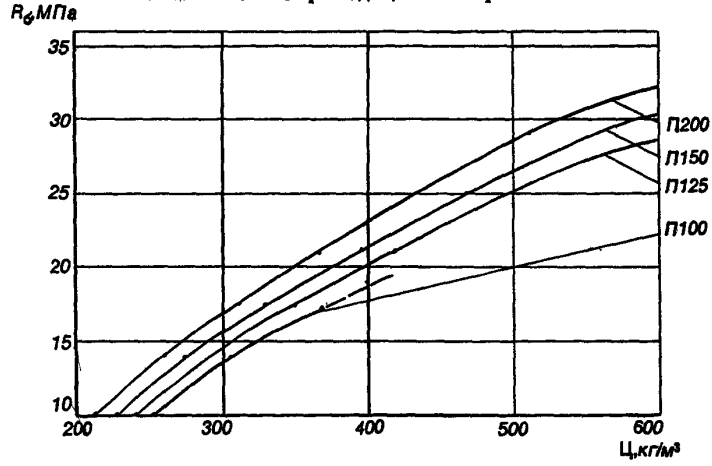
Черт. 5

Прочность шлакопемзобетона в 28-суточном возрасте при различном расходе цемента марки 400



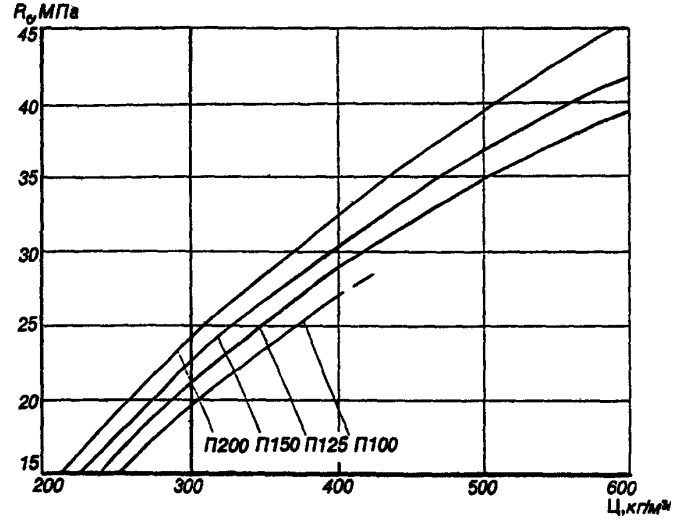
Черт. 6

Отпускная прочность шлакопемзобетона в зависимости от расхода цемента марки 500



Черт. 7

Прочность шлакопемзобетона в 28-суточном возрасте при различном расходе цемента марки 500



Черт. 8

Таблица 19

Марка бетонной смеси по удобоукладываемости по ГОСТ 7473–85	Осадка конуса, см	Жесткость, с	Расход воды B_0, л/м³, при использовании в качестве заполнителя				
			пористого гравия с предельной крупностью зерен, мм		пористого щебня с предельной крупностью, мм		
			10	20	10	20	40
Ж3	–	21–30	185	170	200	185	175
Ж2	–	11–20	195	180	215	195	185
Ж1	–	5–10	205	190	225	210	195
П1	1–4	1–4	215	210	240	225	210
П2	5–9	–	230	225	250	240	230

Примечания: 1. Начальные расходы воды приведены для бетонов с расходом цемента 450 кг/м³ и менее в случае использования плотного песка с $B_П$ = 7 % при объемной концентрации крупного заполнителя φ = 0,37 и водопоглощении по ГОСТ 9758–86 – 15 %.

2. При иных характеристиках крупного или мелкого заполнителя или составах бетона общий расход воды устанавливается в соответствии с рекомендациями пп. 4.2.4.8 и 4.2.5.7.

3. Бетонные смеси марок П3 и П4 приготавливают только с пластифицирующими добавками, и начальные расходы воды для них принимают в соответствии с рекомендациями п. 4.2.6.

Таблица 20

Средняя плотность бетона в сухом состоянии, кг/м³	Объемная концентрация заполнителя φ плотностью зерен в цементном тесте, кг/л						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
1300	0,47	0,51	0,54	–	–	–	–
1400	0,43	0,47	0,51	0,54	–	–	–
1500	0,39	0,43	0,47	0,51	–	–	–
1600	0,33	0,37	0,42	0,46	0,51	–	–
1700	–	0,29	0,36	0,41	0,46	0,51	–
1800	–	–	–	0,32	0,4	0,46	0,51
1900	–	–	–	–	0,3	0,38	0,46
2000	–	–	–	–	–	–	0,37

Примечания: 1. Приведенные значения справедливы для бетонов с расходом цемента, Ц=400 кг/м³, начальным водосодержанием B_0 = 200 л/м³, водопотребностью песка $B_П$ = 8 %.

Продолжение табл. 20

2. При изменении расхода цемента на ±100 кг/м³ φ соответственно изменяется в ту же сторону на 0,01–0,02, а при изменении $Ц$ на ±200 кг/м³ – на 0,03–0,05.

3. При увеличении $В_О$ на каждые 20 л/м³ φ уменьшается на 0,02, при уменьшении $В_О$ на каждые 20 л/м³ φ увеличивается на 0,02.

4. При уменьшении или увеличении $В_П$ на 2 % φ соответственно увеличивается или уменьшается на 0,01.

5. При промежуточных значениях плотности бетона или зерен пористого заполнителя значения φ устанавливают интерполяцией.

Таблица 21

Межзерновая пустотность заполнителя	Объемная концентрация крупного заполнителя для бетонных смесей марок		
	Ж1 и Ж2	П1	П2 и более
0,36	0,52	0,49	0,47
0,38	0,50	0,47	0,45
0,4	0,48	0,45	0,43
0,42	0,46	0,43	0,41
0,44	0,44	0,41	0,39
0,46	0,42	0,39	0,37
0,48	0,40	0,37	0,35
0,5	0,38	0,35	0,33
0,52	0,36	0,33	0,31
0,54	0,34	0,31	0,29

4.2.4.5. Расход крупного пористого заполнителя, кг/м³, по массе и насыпному объему определяют по формулам:

$$К = 1000\varphi \cdot \rho_К; \qquad (27)$$

$$V_К = \frac{К}{\rho^Н_К}. \qquad (28)$$

Сопоставляют найденное значение $V_К$ с рекомендуемыми ограничениями для отдельных видов легких бетонов, исходя из технологических требований (разд. 2), и в случаях несовпадения принимают решение об использовании смеси плотного и пористого песков, изменении фракционного состава крупного пористого заполнителя, использовании золы или золошлаковой смеси и других технологических приемов, способствующих снижению φ и $V_К$ при данной плотности бетона.

4.2.4.6. Расход плотного песка, кг/м^3, рассчитывают в зависимости от расхода цемента $Ц$, крупного заполнителя $К$ и воды $В$ по формуле

$$П = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_ц} + \frac{К}{n\rho_к} + B_0 + B_3 + B_4\right)\right] \frac{1}{C_в^{пл}}, \qquad (29)$$

где $\rho_ц$, $\rho_к$, n – см. формулу (13);

B_0 – начальный расход воды, принятый по табл. 19;

B_3 – поправка на объемную концентрацию крупного заполнителя φ, определяемая по формуле

$$B_3 = 2000\ (\varphi - 0{,}37)^2; \qquad (30)$$

B_4 – поправка на расход цемента, рассчитываемая при $Ц > 450$ по формуле

$$B_4 = 0{,}15\ (Ц - 450); \qquad (31)$$

при $Ц \leqslant 450$ $B_4 = 0$;

$C_в^{пл}$ – поправка на плотность зерен и водопотребность плотного песка, рассчитываемая по формуле

$$C_в^{пл} = \frac{1 + 0{,}025\ (B_п^{пл} - 7)}{\rho_п^{пл}}, \qquad (32)$$

где $B_п^{пл}$ – водопотребность плотного песка, %, определяемая по ГОСТ 9758–86.

4.2.4.7. Соответствие полученного расчетного значения плотности бетона требуемому по заданию проверяют, используя для этого формулу (23).

Расчет признается удовлетворительным, если значение $\rho_б^{сух}$ по формуле (23) отличается от требуемого по заданию не более чем на ±20 кг/м^3. При несовпадении значений $\rho_б^{сух}$ повторяют расчет, варьируя значение φ с учетом рекомендаций п. 4.2.4.4.

4.2.4.8. Общий расход воды $В$, л/м^3, рассчитывают с учетом поправок на расходы и водопоглощение крупного пористого заполнителя и водопотребность песка:

$$В = B_0 + B_1 + B_2 + B_3 + B_4, \qquad (33)$$

B_1 – поправка на водопотребность плотного песка, рассчитываемая по формуле (9);

B_2 – поправка на водопоглощение в бетонной смеси крупного пористого заполнителя:

$$B_2 = m_1 \frac{B_0 + B_1 + B_3 + B_4}{Ц} \cdot \frac{(W_к - 15)}{100} K, \qquad (34)$$

$W_к$ – водопоглощение крупного пористого заполнителя по ГОСТ 9758–86, %;

m_1 – коэффициент, учитывающий форму зерен крупного заполнителя, равный 1 для гравия и 0,65 для щебня.

B_3 и B_4 – см. формулы (30) и (31).

4.2.5. Расчет начального состава легких бетонов на пористом или смешанном (пористом и плотном) песке производится в следующем порядке:

4.2.5.1. По графикам (см. черт. 1–8) в соответствии с заданным средним уровнем прочности бетона на сжатие (отпускной или в проектном возрасте) определяют расход цемента $Ц$, кг/м^3, в зависимости от его марки, а также вида (гравий, щебень) и марки по прочности крупного заполнителя.

4.2.5.2. Найденный расход цемента корректируют умножением на поправочные коэффициенты в соответствии с рекомендациями п. 4.2.4.2.

4.2.5.3. Начальный расход воды B_0 в зависимости от заданной удобоукладываемости бетонной смеси, наибольшей крупности и вида крупного заполнителя определяют по табл. 19.

4.2.5.4. Объемную концентрацию крупного заполнителя φ в зависимости от его межзерновой пустотности и удобоукладываемости бетонной смеси определяют по табл. 21 и по формулам (27) и (28) рассчитывают расход крупного заполнителя по массе и насыпному объему.

Для бетонных смесей, где расход крупного заполнителя ограничен технологическими требованиями (см. разд. 2), в случае несовпадения найденных и рекомендуемых значений $V_к$ принимают для расчетов рекомендуемые значения. Величину φ в этом случае рассчитывают по формулам (27) и (28).

4.2.5.5. По формуле (35) рассчитывают расход пористого песка $П_{пор}$, кг/м^3, обеспечивающий получение заданной плотности бетона в сухом состоянии $\rho_б^{сух}$ в зависимости от расхода цемента и воды $(B_0 + B_3 + B_4)$, объемной концентрации крупного заполнителя φ, водопотребности пористого $B_п^{пор}$ и плотного $B_п^{пл}$ песков, %, плотности цемента $\rho_ц$ и зерен пористого песка в цементном тесте $\rho_п^{пор}$, кг/л:

$$П_{пор} = \frac{A - \Sigma П C_в^{пл}}{C_в^{пор} - C_в^{пл}}, \qquad (35)$$

где

$$A = 1000\,(1 - \varphi) - \frac{Ц}{\rho_ц} - (B_0 + B_3 + B_4); \qquad (36)$$

$$\Sigma П = \rho_б - 1{,}15Ц - К; \tag{37}$$

$$С_в^{пор} = \frac{1 + 0{,}025\ (В_п^{пор} - 7)}{\rho_п^{пор}}, \tag{38}$$

где $К$, $В_3$ и $В_4$ – см. соответственно формулы (27), (30) и (31);

$С_в^{пл}$ – см. формулу (32).

4.2.5.6. Расход плотного песка $П_{пл}$, кг/м^3, в смешанном песке рассчитывают по формуле

$$П_{пл} = \Sigma П - П_{пор}. \tag{39}$$

Примечания: 1. Если при расчете по формуле (35) величина $П_{пор}$ окажется меньше 20 кг/м^3, то бетон следует готовить только на плотном песке и расчет состава вести в соответствии с п. 4.2.4 настоящих Рекомендаций.

2. Если при расчете по формуле (39) величина $П_{пл}$ окажется в пределах ±20 кг/м^3, то бетон следует готовить только на пористом песке.

3. Если при расчете по формуле (39) величина $П_{пл}$ окажется меньше 20 кг/м^3, то следует повторить расчет с объемной концентрацией крупного заполнителя, увеличенной на 0,05 против оптимальной, указанной в табл. 21. Для легкого конструкционного бетона классов В10–В15 рекомендуется использовать воздухововлекающие добавки в соответствии с п. 4.2.4.4.

4.2.5.7. Общий расход воды рассчитывают по формуле

$$В = В_0 + В_1^{пл} + В_1^{пор} + В_2 + В_3 + В_4, \tag{40}$$

где $В_1^{пл}$, $В_2$, $В_3$, $В_4$ рассчитывают по формулам (9), (30), (31), (34);

$В_1^{пор}$ – поправка на водопотребность пористого песка, определяемая по формуле

$$В_1^{пор} = 0{,}025 \frac{П_{пор}}{\rho_п^{пор}} (В_п^{пор} - 7). \tag{41}$$

4.2.6. Расчет начального и дополнительных составов легких конструкционных бетонов, приготовляемых с применением пластификаторов и су-

перпластификаторов, проводят по методике пп. 4.2.4 или 4.2.5 настоящих Рекомендаций со следующими дополнениями и изменениями:

4.2.6.1. Дозировку конкретных добавок и условия их применения принимают в соответствии с Пособием по применению химических добавок при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий (М.: Стройиздат, 1989), Рекомендациями по применению добавок суперпластификаторов в производстве сборного и монолитного железобетона (М.: НИИЖБ и ЦНИИОМТП Госстроя СССР, 1987), Рекомендациями по применению эффективного пластификатора ЛСТМ-2 в производстве сборного железобетона (М.: ВНИИжелезобетон, 1987) и другой технической документацией по применению химических добавок.

Для наиболее массовых добавок рекомендуются следующие дозировки, % от массы цемента:

С-3 . . . . . 0,4 –0,8;
40-03 . . . . . 0,3 –0,6;
ЛСТМ-2 . . . . 0,15–0,25.

При этом для бетонов на пористом щебне дозировку добавок принимают несколько больше, чем для бетонов на гравии.

4.2.6.2. Для выявления эффективности применения добавок в целях снижения водопотребности бетонных смесей и расхода цемента для конкретного вида цемента рекомендуется предварительно установить коэффициент редукции применяемой пластифицирующей добавки $K_р$ испытанием в растворе в соответствии с методикой, описанной в приложении 3.

4.2.6.3. Расход цемента для начального состава бетона определяют, используя графики на черт. 1–8 и поправочные коэффициенты по п. 4.2.4.2 и вводя дополнительный коэффициент на применение пластификатора по формуле

$$K_р^б = K_р \cdot \gamma, \qquad (42)$$

где γ – поправка на удобоукладываемость бетонной смеси и на расход цемента, устанавливаемая по табл. 22.

Таблица 22

Расход цемента, кг/м³	Значение γ при марке по удобоукладываемости смеси			
	Ж1 и Ж2	П1	П2	П3
400 и менее	1,0	1,0	0,98	0,97
Более 400	0,95	0,94	0,92	0,9

При отсутствии данных по $K_р$ его величина может быть принята ориентировочно 0,88 для добавок С-3 и 40-03 (возможный диапазон колебаний от

0,84 до 0,92) и 0,95 для добавок ЛСТМ-2, ЛТМ, НИЛ-20, ЛСТ (возможный диапазон колебаний от 0,92 до 0,98).

Минимальный расход цемента должен при этом удовлетворять требованиям, приведенным в разд. 2.

При подборе состава литых пластифицированных бетонных смесей (группа П4) расход цемента принимают на 5 % больше рассчитанного для группы П3.

4.2.6.4. Начальные расходы воды по табл. 19 корректируют умножением на $K_{р}^{б}$ по формуле (42) и табл. 22. Для смесей групп П3 и П4 начальные расходы воды принимают соответственно на 5 и на 10 % больше, чем для группы П2.

4.2.6.5. По откорректированным значениям $Ц$ и $В_0$ находят по табл. 20 (при приготовлении бетонных смесей на плотном песке) или по табл. 21 (при приготовлении бетонных смесей на пористых или смешанных песках) объемную концентрацию крупного заполнителя φ с учетом всех положений, изложенных соответственно в пп. 4.2.4 и 4.2.5.

4.2.6.6. Для получения нерасслаиваемых бетонных смесей групп П3 и П4 рекомендуется ввести в состав бетона вместо части песка 150–200 кг/м^3 золы или золошлаковой смеси в соответствии с рекомендациями п. 4.2.7 и увеличивать содержание фракции 5–10 мм в крупном заполнителе в соответствии с табл. 23.

Таблица 23

Расход цемента, кг/м^3	Минимальное содержание фракции 5–10 мм, %, при общем расходе крупного заполнителя, л/м^3	
	650–750	760–850
300	60	80
400	45	60
500	30	40

4.2.6.7. По методике, изложенной в пп. 4.2.4 и 4.2.5, устанавливают расходы мелкого заполнителя и общие расходы воды, при найденных по пп. 4.2.6.3–4.2.6.5 значениях $Ц$, $В_0$ и φ.

4.2.7. Расчет начального и дополнительных составов легкого конструкционного бетона с применением золы или золошлаковой смеси ТЭС производят по методике пп. 4.2.4 или 4.2.5 настоящих Рекомендаций со следующими дополнениями и изменениями:

4.2.7.1. При приготовлении с золой подвижных смесей (группы П2 и более) учитывают, что при данной осадке конуса смеси с золой обладают лучшей формуемостью. Поэтому при расчете составов и приготовлении

опытных замесов исходят из условий получения бетонных смесей с подвижностью на одну группу ниже, чем для смесей без золы.

4.2.7.2. Найденный по графикам (рис. 1–8) расход цемента дополнительно корректируют на поправочный коэффициент 0,85.

4.2.7.3. Расход золы или золошлаковой смеси на 1 м^3 принимают равным 150 кг; при возможности проводят опыты по установлению оптимального расхода золы, обеспечивающего наименьший расход цемента, варьируя его в пределах 100–300 кг/м^3 для бетонов классов В10–В15 и 100–200 кг/м^3 для бетонов классов В20–В30.

4.2.7.4. Корректируют расход воды, B_0, найденный по табл. 19, с учетом водопотребности применяемой золы по формуле

$$B_0' = B_0 + 0{,}025 \frac{З}{\rho_з} (B_з - 7), \qquad (43)$$

где B_0 – начальный расход воды по табл. 19, л/м^3;

$З$ – расход золы, кг/м^3;

$\rho_з$ – плотность зерен золы в цементном тесте, кг/дм^3, определяемая по ГОСТ 9758–86 или принимаемая равной 2 кг/дм^3;

$B_{зол}$ – водопотребность золы (золошлаковой смеси), %, определяемая по ГОСТ 9758–86.

Значения водопотребности зол и золошлаковых смесей в зависимости от дисперсности и формы зерен и вида золы могут колебаться от 20 до 40 %.

4.2.7.5. По табл. 20 при откорректированном значении B_0 находят объемную концентрацию крупного пористого заполнителя для бетона заданной плотности. Для обеспечения строго заданного значения плотности найденную величину уменьшают на 0,03–0,05. В противном случае плотность бетона с золой будет ниже требуемой из-за меньшей плотности зерен золы, заменяющей плотный песок. Для более точного учета этого фактора рекомендуется определять расход крупного заполнителя по формуле

$$К = \frac{\rho_к}{\rho_п - \rho_к} \left[\rho_п \left(1000 - \frac{Ц}{\rho_ц} - \frac{З}{\rho_з} - B_0' \right) - (\rho_б - 1{,}15Ц - З) \right]. \qquad (44)$$

4.2.7.6. Расход плотного песка рассчитывается по формуле

$$П = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_ц} + \frac{К}{n \cdot \rho_к} + \frac{З}{\rho_з} + B_0' + B_з \right) \right] \frac{1}{С_в^{шп}}. \qquad (45)$$

4.2.7.7. Общий расход воды определяют по формуле (33) при значении B_0', указанном в формуле (43).

4.2.7.8. При применении золы в сочетании с пористым песком расчет составов проводят по методике п. 4.2.5, заменяя в формулах показатели для плотного песка на показатели для золы. При этом для бетонов классов В10–В15 возможно полное исключение пористого песка из состава бетона в соответствии с примечанием 1 п. 4.2.5.6.

4.2.8. В случаях, когда для приготовления легкого бетона используют крупный и мелкий пористые заполнители одного вида (в первую очередь, природные пористые щебень и песок) и в задании на подбор состава в соответствии с нормативными документами указывают только верхний предел плотности бетона, расход отдельных фракций заполнителей для приготовления бетона можно устанавливать по табл. 24 в зависимости от удобоукладываемости бетонной смеси, принятых расходов цемента и наибольшей крупности заполнителей.

Таблица 24

Марка бетонной смеси по удобоукладываемости	Наибольшая крупность заполнителя, мм	Расход цемента, кг/м³	Суммарный расход мелкого и крупного заполнителя на 1 м³ бетона, л	В том числе	
				песка, л	щебня, л
П2–П3	10	250	1210	780	430
		350	1150	725	430
		450	1100	675	430
		550	1060	630	430
	20	250	1290	710	580
		350	1230	660	580
		450	1180	600	580
		550	1140	560	580
	40	250	1370	620	750
		350	1310	560	750
		450	1260	510	750
		550	1220	470	750
П1	10	250	1240	710	530
		350	1180	650	530
		450	1130	600	530
		550	1090	560	530
	20	250	1360	630	720
		350	1300	580	720
		450	1250	530	720
		550	1210	490	720

Продолжение табл. 24

Марка бетонной смеси по удобоукладываемости	Наибольшая крупность заполнителя, мм	Расход цемента, кг/м³	Суммарный расход мелкого и крупного заполнителя на 1 м³ бетона, л	В том числе	
				песка, л	щебня, л
П1	40	250	1390	558	840
		350	1330	490	840
		450	1280	440	840
		550	1240	400	840
Ж1 и Ж2	10	250	1290	640	650
		350	1230	580	650
		450	1180	530	650
		550	1140	490	650
	20	250	1320	570	750
		350	1260	510	750
		450	1210	460	750
		550	1170	420	750
	40	250	1340	480	860
		350	1280	420	860
		450	1230	370	860
		550	1190	330	860

Далее расчетом определяют ожидаемую плотность бетона в сухом состоянии $\rho_б^{сух}$, кг/м³, по формуле

$$\rho_б^{сух} = 1{,}15Ц + V_п\,\rho_п^н + V_к\,\rho_к^н. \qquad (46)$$

Если расчетная плотность превышает требуемое значение, следует повторить расчет состава бетона в соответствии с рекомендациями п. 4.2.5, принимая в формуле (35) $С_в^{пл} = 0$.

Если при расчете по этой методике расчетная плотность бетона окажется выше требуемой, для приготовления бетона необходимо применять более легкие пористые заполнители.

4.2.9. Помимо начального состава для опытных замесов рассчитывают по методикам, описанным соответственно в пп. 4.2.4 –4.2.8, два дополнительных состава с расходом цемента, отличающимся от принятого в начальном составе на ±(15–30)% с учетом рекомендаций разд. 2.

4.2.10. При подборе составов бетонов двух или трех соседних классов по прочности при одинаковой марке по плотности и одной и той же удобоукла-

дываемости, приготавливаемых на одних и тех же материалах и изготавливаемых по одинаковым режимам, рассчитывают два или три начальных состава и два дополнительных состава с расходами цемента на 10–20 % больше и меньше соответственно принятых для бетонов наибольшего и наименьшего класса.

4.2.11. Если на принятых материалах нельзя получить заданную плотность бетона при допустимых значениях φ, то диапазон варьирования расхода цемента по пп. 4.2.9, 4.2.10 следует уменьшить для выполнения условия в пределах, указанных в п. 4.2.9, или применить технологические приемы, обеспечивающие получение заданной плотности бетона (например, введение воздухововлекающих добавок), или принять другие заполнители.

4.2.12. При подборе составов конструкционных бетонов на пористых или смешанных песках помимо дополнительных составов, отличающихся расходами цемента, рекомендуется также проводить испытания дополнительных составов, отличающихся значениями φ в пределах ±0,05 от значения, принятого при расчете начального состава. Расчет этих дополнительных составов производят по методике п. 4.2.5 при расходе цемента такой же, как и в начальном составе.

ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТНЫХ ЗАМЕСОВ

4.2.13. Опытные замесы начального и дополнительных составов бетона производят в лабораторных условиях с перемешиванием бетонной смеси в растворосмесителях или бетоносмесителях принудительного действия. Допускается ручное перемешивание легкобетонных смесей. Объем каждого опытного замеса должен не менее чем на 10 % превышать суммарный объем изготавливаемых из него образцов и проб, используемых для контроля свойств бетонной смеси.

4.2.14. Дозировку материалов на каждый опытный замес рассчитывают по формуле (15).

4.2.15. Дозирование всех материалов производят по массе с погрешностью не более 1 %. Неоднородный, плохо усредненный, крупный пористый заполнитель рекомендуется дозировать по насыпному объему с последующим определением массы общего объема отдозированного материала.

4.2.16. Сухие отдозированные материалы перемешивают первоначально в течение 15–30 с. Затем постепенно добавляют в замес 80–90 % расчетного количества воды. После перемешивания в течение 1–2 мин визуально определяют соответствие консистенции смеси требуемой удобоукладываемости. При необходимости добавляют дополнительное количество воды. Общее время перемешивания должно быть 3–5 мин.

4.2.17. Для того чтобы убедиться, что приготовленная смесь имеет требуемые показатели, отбирают пробу смеси и определяют ее удобоуклады-

ваемость (жесткость или подвижность). Для высокоподвижных смесей определяют показатель расслаиваемости.

Если удобоукладываемость оказалась ниже требуемой, в смесь добавляют еще некоторое количество воды и дополнительно перемешивают в течение 20–30 с.

Если подвижность смеси оказалась выше требуемой, добавляют сухие материалы в принятом для данного состава соотношении в количестве 5–10 % первоначальной навески. Смесь перемешивают в течение 1–1,5 мин с повторным контролем удобоукладываемости.

4.2.18. Приготовленную бетонную смесь с требуемыми характеристиками выдерживают в течение 15 мин, после чего изготавливают из нее в соответствии с ГОСТ 10180–*90* одну или две серии образцов размером 10Х10Х Х10 или 15Х15Х15 см. Формы очищают от излишнего бетона, взвешивают и определяют ориентировочную плотность приготовленной смеси в уплотненном состоянии. Замес признается удовлетворительным, если фактическая удобоукладываемость отвечает заданной, а плотность отличается от расчетной не более чем на ±3 %.

Если эти условия не соблюдены, а также если в процессе проведения опытов требуемые показатели были достигнуты лишь в процессе неоднократных корректировок расхода воды или твердых материалов при увеличенной продолжительности перемешивания, рекомендуется проведение повторного замеса с заранее уменьшенными или увеличенными расходами воды.

4.2.19. Отформованные образцы подвергают тепловой обработке по заданному режиму в лабораторной или производственной камере или оставляют на нормальное твердение. При этом продолжительность выдерживания до тепловой обработки определяют с момента окончания формования последней серии образцов. Распалубленные образцы через 4 ч взвешивают, измеряют и испытывают на сжатие по ГОСТ 10180–*90* в сроки, указанные в задании на подбор состава.

ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

4.2.20. По результатам измерения массы уплотненной смеси и размеров образцов вычисляют величину плотности бетонной смеси в уплотненном состоянии, а также фактический расход материалов на 1 м^3 по формулам (16) – (22).

4.2.21. По полученным по п. 4.2.20 расходам материалов рассчитывают плотность бетона в сухом состоянии по формуле (23).

По полученным значениям прочности $R_б$ и расхода цемента для каждого испытанного состава бетона строят зависимость $R_б = f(Ц)$, каждая точка которой соответствует бетону постоянной (заданной) плотности и бетонной

смеси заданной удобоукладываемости. По этой зависимости определяют значение расхода цемента, обеспечивающего получение бетона с заданным средним уровнем прочности. При подборе состава бетона, подвергаемого тепловой обработке, проверяют по зависимости для $R_б^{28} = f(Ц)$ обеспеченность требуемой прочности в проектном возрасте при расходе цемента, найденном из условия получения заданной отпускной прочности. В случае, когда указанный в задании средний уровень прочности в проектном возрасте при найденном расходе цемента не достигается, для расчета номинального состава принимают значение расхода цемента по зависимости $R_б^{28} = f(Ц)$.

4.2.22. Состав бетона с найденной величиной расхода цемента рассчитывают, вычисляя расходы песка, крупного заполнителя и воды интерполяцией установленных фактических расходов по формулам (16) – (22) для опытных замесов с прочностью, большей и меньшей $R_б^у$. При расчете используют формулу

$$M = M_1 + \frac{(Ц_0 - Ц_1)(M_2 - M_1)}{Ц_2 - Ц_1}, \qquad (47)$$

где M_1, M_2 – фактические расходы материалов в тех же опытных замесах, кг/м^3;

$Ц_1$ и $Ц_2$ – фактические расходы цемента в опытных замесах, между которыми находится установленный расход цемента $Ц_0$, кг/м^3.

4.2.23. Повторяя расчеты расхода материалов и опытные замесы на различных по качеству (в первую очередь по прочности и насыпной плотности) пробах крупного пористого заполнителя, устанавливают составы бетона с требуемыми уровнями прочности и плотности и минимальным значением расхода цемента в зависимости от характеристик пористого заполнителя.

4.2.24. По полученным данным строят зависимости расходов цемента, мелкого заполнителя и воды от насыпной плотности крупного пористого заполнителя, которые являются основой последующих корректировок рабочих составов бетона и составления таблиц и алгоритмов объемно-весового дозирования.

4.2.25. Составы легкого бетона, выявленные в результате расчетов и лабораторных опытов, проверяют непосредственно в производственных условиях в течение 2–3 дней (смен) с учетом всех технологических особенностей работы предприятия (дозировочное, смесительное, транспортное, формовочное оборудование, агрегаты для тепловой обработки).

Расходы цемента, крупного и мелкого заполнителей принимают по данным подбора состава применительно к конкретным характеристикам крупного пористого заполнителя в расходном бункере.

4.2.26. При проведении опытных замесов в производственных условиях учитываются влажность заполнителей и их фактический зерновой состав (наличие фракции менее 5 мм в крупном заполнителе и более 5 мм – в мелком) с пересчетом рабочих дозировок в соответствии с рекомендациями разд. 5.

4.2.27. Для контроля качества приготовленной бетонной смеси рекомендуется до выгрузки из смесителя проверить ее удобоукладываемость. Для этого из остановленного после 3–4 - минутного перемешивания смесителя отбирают пробу бетонной смеси и определяют ее подвижность по ГОСТ 10181.1–81, а при необходимости и показатель расслаиваемости по ГОСТ 10181.4–81.

4.2.28. Приготовленную бетонную смесь выгружают из смесителя в транспортные средства и формуют из нее опытные изделия с оценкой условий и качества укладки, распределения смеси, ее уплотнения. При приготовлении бетонных смесей с пластифицирующими добавками и золой ТЭС обращают внимание на формуемость смесей и правильность назначения показателя удобоукладываемости. Из выгруженной в форму смеси отбирают пробы для определения удобоукладываемости (для подвижных смесей – расслаиваемости) и изготовления контрольных образцов в количестве, обеспечивающем контроль всех указанных в задании параметров бетона (прочность, плотность, морозостойкость и др.). Средняя плотность бетонной смеси и расход материалов на 1 $м^3$ определяют по рекомендациям п. 4.2.20, по данным испытаний образцов, отформованных из пробы смеси, отобранной на формовочном посту.

4.2.29. Отформованные изделия и образцы подвергают тепловой обработке по производственному режиму и после распалубки осматривают с оценкой однородности структуры бетона. Прочность изготовленных образцов определяют, учитывая заданные сроки по ГОСТ 10180–89 и их среднюю плотность в сухом состоянии – по ГОСТ 12730.1–78.

4.2.30. Составы бетона, выявленные и откорректированные в результате производственных замесов и формования изделий, признают за номинальные, если при соответствии бетонной смеси технологическим требованиям бетон в изделии имеет плотную однородную структуру, прочность бетона после тепловой обработки и в проектном возрасте не ниже требуемой и не превышает верхнюю предупредительную границу по ГОСТ 18105–86, средняя плотность в сухом состоянии не превышает требуемого значения по ГОСТ 27005–86, все другие контролируемые параметры соответствуют требованиям, указанным в задании на подбор состава бетона.

5. НАЗНАЧЕНИЕ И КОРРЕКТИРОВКА РАБОЧИХ СОСТАВОВ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

НАЗНАЧЕНИЕ РАБОЧИХ СОСТАВОВ

5.1. Рабочие составы легкого бетона назначают по данным подбора номинальных составов применительно к конкретным показателям качества материалов для приготовления бетона и используемым методам их дозирования.

5.2. Расход цемента и сухой золы устанавливают по массе. Расход крупного пористого заполнителя во всех случаях пересчитывают на насыпной объем, расход мелкого заполнителя устанавливают по массе или насыпному объему в зависимости от способа его дозирования. Расход плотного песка, золы или золошлаковой смеси – по массе. При этом учитывают их среднюю влажность W и пересчитывают расход по формуле

$$П_{вл} = П_{сух}\ (1 + \frac{W}{100})\ . \qquad (48)$$

Естественную влажность крупного пористого заполнителя в дозировке по насыпному объему во внимание не принимают, а учитывают в дальнейшем при разработке таблиц объемно-весового дозирования и установлении дозировки воды.

5.3. Расход раствора воздухововлекающей или пластифицирующей добавки $В_д$ устанавливается исходя из принятой на производстве рабочей концентрации по формуле

$$В_д = \frac{Ц \cdot X}{r}, \qquad (49)$$

где X – дозировка добавки от массы цемента, %;

$Ц$ – расход цемента в рабочем составе, кг/м^3;

r – концентрация рабочего раствора добавки, %.

5.4. Расход воды в рабочем составе устанавливают по формуле

$$В = В^0 - \Sigma З_i^0\ \frac{W_i}{100} - В_д, \qquad (50)$$

где $В^0$ – общий расход воды по номинальному составу, л/м^3;

$З_i$ – расход по номинальному составу отдельных фракций сухого крупного и мелкого заполнителя (плотного песка или золошлаковой смеси), кг/м^3;

W_i – средняя влажность по массе отдельных фракций заполнителя, %;

$В_д$ – расход рабочего раствора добавки по формуле (49), л/м^3.

5.5. При использовании в бетоне мелких и крупных заполнителей одного вида рабочие составы назначают с учетом среднего содержания песка в крупном заполнителе и крупного заполнителя в песке по формулам:

$$\bar{П} = \rho_{п} \frac{П/\rho_{п}\,(1 - П_{к}/\rho_{п}) - К/\rho_{к} \cdot П_{к}/\rho_{п}}{1 - П_{к}/\rho_{п} - К_{п}/\rho_{к}} \quad ; \qquad (51)$$

$$\bar{К} = \rho_{к} \frac{К/\rho_{к}\,(1 - К_{п}/\rho_{к}) - П/\rho_{п} \cdot К_{п}/\rho_{к}}{1 - П_{к}/\rho_{п} - К_{п}/\rho_{к}} \quad , \qquad (52)$$

где $\bar{П}, \bar{К}$ – расходы песка и крупного заполнителя в рабочем составе, кг/м^3;

$\rho_{п}, \rho_{к}$ – средняя плотность зерен песка и крупного заполнителя, кг/м^3;.

$П, К$ – нескорректированные (исходные) расходы песка и крупного заполнителя в номинальном составе, кг/м^3;

$К_{п}, П_{к}$ – содержание крупного заполнителя в песке и песка в крупном заполнителе, доли массы.

5.6. В случаях применения плотного песка и наличия в нем гравийных фракций в допускаемых по ГОСТ 8736–85 пределах расход крупного пористого заполнителя по формуле (52) не пересчитывают. При наличии в крупном пористом заполнителе песчаных фракций расход крупного заполнителя по насыпному объему оставляют неизменным.

5.7. Рабочие составы легкого бетона, установленные для средних характеристик применяемых цемента и заполнителей, являются основой для составления производственно-технических норм расхода материалов на планируемый период.

5.8. Рабочие составы легкого бетона, установленные для конкретных характеристик крупного пористого заполнителя, являются основой для составления таблиц объемно-весового дозирования, позволяющих варьировать состав бетона при изменении насыпной плотности крупного пористого заполнителя по данным его взвешивания в объемно-весовом дозаторе.

5.9. При приготовлении конструкционно-теплоизоляционного бетона таблицы объемно-весового дозирования составляют исходя из следующих принципов:

5.9.1. Расход крупного пористого заполнителя оставляют постоянным, принятым по номинальному составу независимо от его насыпной плотности.

5.9.2. Расход цемента принимают постоянным или изменяющимся по мере изменения насыпной плотности (прочности) крупного пористого за-

полнителя в соответствии с результатами подбора номинальных составов на заполнителях с различными характеристиками (разд. 4) или по рекомендациям табл. 12 и 13. При этом расход цемента должен быть не ниже значений, указанных в разд. 2.

5.9.3. Расход мелкого заполнителя определяют по формуле (5) при значениях $\rho_{\text{б}}^{\text{ц}}$ и $Ц$, установленных в результате подбора номинальных составов на крупных пористых заполнителях различной насыпной плотности и значении $К$, вычисленных по формуле (6) или (7). При этом расход мелкого заполнителя должен находиться в пределах, указанных в табл. 16.

5.9.4. Расход воды $В$ принимают по данным подбора номинальных составов с учетом водопотребности и расхода мелкого заполнителя по формуле (8) и условий обеспечения устойчивого воздухововлечения бетонной смеси, выявленных в ходе лабораторных и производственных замесов. Как правило, расход воды по мере увеличения насыпной плотности крупного пористого заполнителя незначительно понижается.

5.9.5. Расход воздухововлекающей добавки или пенообразователя принимают по данным подбора номинальных составов в лабораторных и производственных условиях на конкретных пробах (партиях) крупного пористого заполнителя. При этом расход воздухововлекающей добавки или пенообразователя по мере увеличения насыпной плотности крупного пористого заполнителя для обеспечения необходимого объема вовлеченного воздуха повышается.

5.9.6. Пример рабочих составов конструкционно-теплоизоляционного легкого бетона и таблицы объемно-весового дозирования приведены в приложении 4.

5.10. При приготовлении конструкционного легкого бетона таблицы объемно-весового дозирования составляют исходя из следующих принципов:

5.10.1. Расход крупного пористого заполнителя по насыпному объему при колебаниях его насыпной плотности в пределах ±50 кг/м^3 оставляют неизменным, при колебаниях в бо́льших пределах – изменяют в соответствии с результатами подбора номинальных составов. При использовании смеси плотного и пористого песков в последнем случае расход крупного заполнителя также оставляют неизменным, а варьируют в таблицах соотношение между пористым и плотным песком.

5.10.2. Расход цемента изменяют по данным подбора номинальных составов на пробах заполнителя с различной насыпной плотностью (прочностью). При отсутствии таких данных допускается оценивать величину изменения расхода цемента по черт. 1–8, предварительно установив значения прочности пористого заполнителя различной насыпной плотности.

Расход цемента устанавливают для получения среднего уровня прочности в соответствии с заданным на подбор состава.

5.10.3. Расходы мелкого заполнителя устанавливают по методике и формулам п. 4.2 настоящих Рекомендаций, проверяя соответствие расчетной плотности бетона среднему уровню по заданию (допускаемое отклонение ±2 %). При использовании в составе мелкого заполнителя золы или золошлаковой смеси ТЭС ее расход оставляют неизменным.

5.10.4. Расход воды устанавливают по данным подбора номинальных составов с учетом влажности заполнителя.

5.10.5. Примеры подбора рабочих составов конструкционного легкого бетона и таблицы объемно-весового дозирования приведены в приложении 2.

КОРРЕКТИРОВКА РАБОЧЕГО СОСТАВА

5.11. Корректировку рабочего состава бетона и таблиц объемно-весового дозирования проводят в случае:

существенного изменения качества материалов;

устойчивого (неслучайного) отклонения удобоукладываемости бетонной смеси от заданного интервала;

устойчивого неслучайного отклонения прочности или плотности бетона от среднего уровня.

5.12. Существенным изменением качества материалов является изменение:

активности цемента на 2,5 МПа и более;

нормальной густоты цемента на 1,5 % и более;

содержания илистых, глинистых и пылевидных частиц в плотном песке на 1,5 абс. % и более;

содержания песка в крупном заполнителе и крупного заполнителя в песке на 2 % и более;

водопотребности мелкого заполнителя на 2 % и более;

насыпной плотности пористых заполнителей на 50 кг/м^3 и более;

осадки конуса или жесткости бетонной смеси соответственно на 2 см или 5 с и более;

плотности уплотненной бетонной смеси на 5 % и более.

5.13. Отклонение удобоукладываемости бетонной смеси, прочности и плотности бетона считают устойчивыми, если выполняется хотя бы одно из требований, указанных в табл. 25.

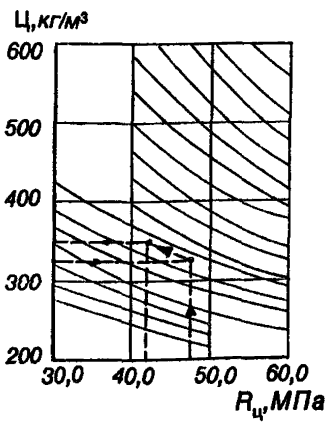
Таблица 25

Число последовательных партий	Среднее значение (в партии)		
	прочности бетона	плотности бетона	удобоукладываемости бетонной смеси
2	Ниже требуемой по ГОСТ 18105–86	Выше требуемой по ГОСТ 27005–86	Выше (ниже) верхней (нижней) границы для марки по ГОСТ 7473–85
3	Выше верхней предупредительной границы по ГОСТ 18105–86	Ниже нижней предупредительной границы по ГОСТ 27005–86	
10	Выше (ниже) среднего уровня прочности по ГОСТ 18105–86	Выше (ниже) среднего уровня плотности по ГОСТ 27005–86	Выше (ниже) среднего значения границ для марки по ГОСТ 7473–85

5.14. Корректировку расхода цемента при изменении активности цемента рекомендуется проводить:

для конструкционных бетонов по номограмме на черт. 9;

Номограмма корректировки расхода цемента в зависимости от его активности



Черт. 9

для конструкционно-теплоизоляционных бетонов классов В3,5; В5 и В7,5 (марок М50, М75 и М100) на 1,25; 2,0 и 2,5 % соответственно на каждые 2,5 МПа изменения активности.

При пользовании номограммой (черт. 9) на нее наносят точку, соответствующую активности и расходу цемента в исходном номинальном (рабочем) составе. Затем проводят линию, параллельную кривым номограммы до пересечения с вертикальной прямой, проведенной от точки нового значения активности цемента, и, снося ее на ось ординат, находят скорректированный расход цемента.

5.15. Корректировку расхода цемента при изменении средней насыпной плотности пористого заполнителя следует производить по таблицам или графикам объемно-весовой дозировки в соответствии с рекомендациями п. 5.9.2 и 5.10.2.

5.16. Корректировку расхода воды при изменении качества материалов и удобоукладываемости бетонной смеси рекомендуется производить при изменении:

нормальной густоты цементного теста по формуле:

$$\Delta B = 0{,}01Ц/\Delta p,$$

где $Ц$ – расход цемента, кг/м^3;

Δp – изменение нормальной густоты цемента, %;

содержания илистых, глинистых и пылевидных частиц в плотном мелком заполнителе – на 1,5 % каждый процент изменения содержания этих частиц;

влажности заполнителей – по формуле (50);

водопотребности мелких заполнителей – по формуле (9);

удобоукладываемости бетонной смеси по формуле

$$\Delta B = к \cdot \Delta У,$$

где ΔB – корректировка расхода воды, л/м^3;

$к$ – коэффициент по удобоукладываемости, принимаемый по табл. 26;

$\Delta У$ – изменение удобоукладываемости, осадки конуса, см, или жесткости, с.

Таблица 26

Показатель	Значение коэффициента при марке по удобоукладываемости					
	П3	П2	П1	Ж1	Ж2	Ж3
$к$, л/(м^3 · с)	–	–	–6,0	–4,0	–1,8	–1,2
$к$, л/(м^3 · см)	–	2,0	4,0	6,0	–	–

5.17. Регулирование удобоукладываемости и плотности бетонных смесей для конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов следует проводить изменением расхода воздухововлекающей добавки и воды до получения требуемой плотности в соответствии с рекомендациями подразд. 4.1.

5.18. Регулирование удобоукладываемости бетонной смеси при ее устойчивом отклонении для конструкционных легких бетонов следует, как правило, проводить корректировкой расхода воды по базовой зависимости „удобоукладываемость – расход воды" или по п. 5.16 настоящих Рекомендаций. Допускается регулировать удобоукладываемость корректировкой расхода пластифицирующих добавок или одновременной корректировкой расхода воды и добавок.

5.19. Регулирование прочности конструкционного легкого бетона при ее устойчивом отклонении следует, как правило, проводить корректировкой расхода цемента по базовой зависимости „прочность – расход цемента" независимо от регулирования его плотности. Регулирование прочности конструкционно-теплоизоляционных бетонов проводят с учетом его плотности и с использованием базовой зависимости „прочность – плотность".

5.20. При устойчивом превышении среднего уровня прочности конструкционно-теплоизоляционного бетона следует по базовой зависимости „прочность бетона –плотность бетона" рассчитать плотность, соответствующую среднему уровню прочности и скорректировать расход песка по формуле:

$$П = \rho_б^{нов} - 1{,}15Ц - К, \qquad (53)$$

где $\rho_б^{нов}$ – скорректированное значение плотности бетона;

$Ц$ и $К$ – расход цемента и крупного заполнителя, кг/м^3.

Одновременно при этом корректируют расход воды и добавки в соответствии с рекомендациями пп. 5.9.4, 5.9.5.

5.21. При устойчивом снижении прочности конструкционно-теплоизоляционного бетона по сравнению со средним уровнем следует увеличить средний уровень плотности бетона в соответствии с базовой зависимостью „прочность бетона – плотность бетона" и пересчитать расход песка по формуле (53). При этом плотность бетона не должна превышать средний уровень по ГОСТ 27005–86.

В случаях, когда плотность бетона близка среднему уровню, повышение прочности бетона следует осуществлять за счет увеличения расхода цемента.

5.22. Регулирование плотности конструкционно-теплоизоляционного бетона при ее устойчивом отклонении следует производить корректировкой расхода песка по формуле (53) и соответствующей корректировкой расхода воздухововлекающей добавки и воды.

5.23. Корректировку состава при устойчивом отклонении плотности, прочности и удобоукладываемости следует проводить исходя из среднего

арифметического значения показателей числа партий, приведенных в табл. 25.

5.24. При корректировке расхода воды в случае приготовления конструкционных бетонов следует пропорционально скорректировать расход цемента для сохранения заданного отношения $B/Ц$, кроме случаев изменения влажности заполнителей.

5.25. При корректировке расхода воды до 10 л/м^3 или расхода цемента — до 30 кг/м^3 допускается не корректировать расход заполнителей. При корректировке расходов воды и цемента в больших пределах следует скорректировать расход песка на величину

$$\Delta П = \rho_{п} \left(\Delta B + \frac{\Delta Ц}{\rho_{ц}}\right), \qquad (54)$$

где $\Delta П$, ΔB и $\Delta Ц$ — изменение расходов песка, воды и цемента при корректировке;

$\rho_{п}$ и $\rho_{ц}$ — плотность зерен песка и цемента, кг/м^3.

5.26. Корректировку состава конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов следует осуществлять также при отклонениях плотности свежеприготовленного бетона от величины, установленной для применяющегося рабочего состава более чем на ±50 кг/м^3. В этом случае выясняют фактическую дозировку и насыпную плотность крупного пористого заполнителя и проверяют соответствие расчетной и фактической дозировки полученной плотности бетонной смеси. При отличии более чем на ±3 % проводят корректировку состава, регулируя расход песка, добавки и воды в соответствии с рекомендациями п. 5.22.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ СОСТАВЫ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ВИДОВ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

1. Ориентировочные составы конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона для однослойных панелей

1.1. На золах или золошлаковых смесях ТЭС

Таблица 27

Класс бетона	Марка керамзита по насыпной плотности	Средняя плотность бетона в сухом состоянии	Расход материалов на 1 м³ бетона			
			цемента, кг	керамзита, м³	золы, м³	добавки СДО, кг
В3,5	300	750	210	1,10–1,20	0,1 – 0,15	0,4 – 0,7
	400	800	200	1,05–1,15	0,1 – 0,15	0,4 – 0,7
	500	900	200	1,03–1,10	0,1 – 0,15	0,4 – 0,7
	600	1000	200	1,02–1,05	0,1 – 0,15	0,4 – 0,7
В5	300	800	230	1,10–1,22	0,15–0,2	0,40–0,6
	400	850	220	1,05–1,15	0,15–0,2	0,35–0,6
	500	950	210	1,03–1,1	0,15–0,2	0,35–0,6
	600	1050	200	1,01–1,05	0,15–0,2	0,35–0,6
В7,5	400	950	230	1,05–1,15	0,2 – 0,25	0,3 – 0,5
	500	1000	220	1,0 –1,1	0,2 – 0,25	0,3 – 0,5
	600	1100	210	0,95–1,05	0,2 – 0,25	0,3 – 0,5

1.2. На дробленом керамзитовом песке

Таблица 28

Класс бетона	Марка керамзита по насыпной плотности	Средняя плотность бетона в сухом состоянии	Расход материалов на 1 м³ бетона			
			цемента, кг	керамзита, м³	песка дробленого, м³	добавки СДО, кг
В3,5	300	750	230	1,00–1,1	0,25–0,35	0,35–0,5
	400	800	220	1,00–1,05	0,25–0,35	0,35–0,5
	500	900	210	1,00–1,05	0,25–0,35	0,35–0,5
	600	1000	200	1,00–1,05	0,25–0,35	0,35–0,5
В5	300	800	240	1,00–1,10	0,3 – 0,4	0,3 – 0,45
	400	850	230	1,00–1,05	0,3 – 0,4	0,3 – 0,45
	500	950	220	1,00–1,05	0,3 – 0,4	0,3 – 0,45
	600	1000	210	1,00–1,05	0,3 – 0,4	0,3 – 0,45
В7,5	400	950	250	1,00–1,10	0,35–0,45	0,25–0,35
	500	1000	240	1,00–1,05	0,35–0,45	0,25–0,35
	600	1100	230	0,95–1,00	0,35–0,45	0,25–0,35

1.3. На плотном песке

Таблица 29

Класс бетона	Марка керамзита по насыпной плотности	Средняя плотность бетона в сухом состоянии	Расход материалов на 1 м³ бетона			
			цемента, кг	керамзита, м³	кварцевого песка, м³	добавки СДО, кг
В3,5	300	900	240	1,10–1,20	0,15–0,2	0,4 – 0,6
	400	1000	230	1,05–1,15	0,15–0,2	0,4 – 0,6
	500	1100	210	1,03–1,10	0,15–0,2	0,4 – 0,6
	600	1200	200	1,00–1,05	0,15–0,2	0,4 – 0,6
В5	300	1000	250	1,10–1,20	0,17–0,22	0,35–0,5
	400	1100	240	1,05–1,15	0,17–0,22	0,35–0,5
	500	1250	230	1,03–1,10	0,17–0,22	0,35–0,5
	600	1350	220	1,00–1,05	0,17–0,22	0,35–0,5
В7,5	400	1100	270	1,05–1,15	0,18–0,23	0,25–0,35
	500	1200	250	1,00–1,10	0,18–0,23	0,25–0,35
	600	1300	230	0,95–1,05	0,18–0,23	0,25–0,35

Продолжение табл. 29

Примечания 1: Расходы СДО для составов на золах даны для зол, отвечающих требованиям ГОСТ 25592–83 и ГОСТ 25818–83.

2. В составах принято, что дробленый керамзитовый песок отвечает требованиям ГОСТ 9759–83.

3. Составы с применением плотного песка рекомендуются преимущественно для панелей промышленных зданий, а также цокольных и парапетных панелей.

4. Марка цемента – 400, марка по удобоукладываемости – П1, отпускная прочность – 80 %.

2. Ориентировочные составы керамзитобетона для изготовления трехслойных панелей

Таблица 30

Класс бетона по прочности	Марка керамзита	Расход материалов на 1 м³ при марке бетона по средней плотности								
		D1200			D1300			D1400		
		Ц, кг	К, м³	П, кг	Ц, кг	К, м³	П, кг	Ц, кг	К, м³	П, кг
В10	400	295	0,73	400	265	0,60	560	–	–	–
	450	240	0,78	370	230	0,64	545	–	–	–
	500	230	0,83	320	225	0,74	470	225	0,57	660
	550	–	–	–	200	0,85	400	220	0,64	595
	600	–	–	–	200	0,94	350	200	0,73	530
В12,5	450	330	0,87	230	315	0,68	435	310	0,52	610
	500	295	0,90	210	290	0,77	380	280	0,58	590
	550	–	–	–	250	0,85	345	255	0,65	550
	600	–	–	–	210	0,94	295	240	0,74	480
В15	500	–	–	–	360	0,80	285	325	0,59	530
	550	–	–	–	305	0,88	265	290	0,65	505
	600	–	–	–	245	0,95	245	275	0,75	430

Примечания: 1. Во всех составах дополнительно вводят золу или золошлаковую смесь ТЭС в количестве 200 кг/м³ или дробленый керамзитовый песок в количестве 0,25–0,35 м³/м³.

2. Марка по подвижности бетонных смесей П1 без пластифицирующих добавок и П3 или П4 – при введении соответственно эффективных пластификаторов и суперпластификаторов.

3. Цемент марки 400, отпускная прочность – 70 %.

4. При применении эффективных пластификаторов расход цемента уменьшают на 5–10 %.

3. Ориентировочные составы керамзитобетона на плотном песке для несущих конструкций

Таблица 31

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка керамзита по		Расход на 1 м³ при марке бетона по средней плотности								
			D1500			D1600			D1700		
	насыпной плотности	прочности	*Ц*, кг	*К*, м³	*П*, кг	*Ц*, кг	*К*, м³	*П*, кг	*Ц*, кг	*К*, м³	*П*, кг
B12,5	450	П100	–	–	–	300	0,54	1010	280	0,45	1080
	500	П125	300	0,65	830	270	0,57	1000	260	0,46	1070
	600	П150	265	0,73	760	255	0,60	940	250	0,50	1000
B15	550	П125	–	–	–	340	0,60	860	330	0,50	1040
	600	П150	340	0,75	640	320	0,63	850	310	0,52	1030
B20	600	П150	–	–	–	430	0,68	680	410	0,56	880
	700	П200	430	0,80	420	400	0,72	640	380	0,62	830

Примечания: 1. Цемент марки 400, марка удобоукладываемости бетонной смеси-П1, *отпускная* прочность – 70 %.

2. Составы бетонов даны без пластификаторов. При использовании пластификаторов расход цемента уменьшают на 5–10 %.

4. Ориентировочные составы конструкционно-теплоизоляционного шлакопемзобетона

Таблица 32

Класс бетона по прочности	Марка бетона по плотности	Расход материалов на 1 м³ бетонной смеси					
		цемента марки 400, кг	ТМД, кг	шлакопемзового щебня, л, фракций, мм		шлакопемзового песка или доменного граншлака, л, фракции 0–5 мм	СДО, % от *Ц*
				5–10	10–20		
B3,5	D1400	220	–	400–450	600–650	400–500	0,17–0,22
		200	80–120	400–450	600–650	300–400	0,2 –0,25

Продолжение табл. 32

Класс бетона по прочности	Марка бетона по плотности	Расход материалов на 1 м³ бетонной смеси					
		цемента марки 400, кг	ТМД, кг	шлакопемзового щебня, л, фракций, мм		шлакопемзового песка или доменного граншлака, л, фракции 0–5 мм	СДО, % от *Ц*
				5–10	10–20		
B5	D1500	230	–	400–450	600–650	420–520	0,15–0,20
		220	80–100	400–450	600–650	350–450	0,17–0,22
B7,5	D1600	260	–	400–450	600–650	500–600	0,10–0,15
		240	60–80	400–450	600–650	450–550	0,12–0,17

Примечания: 1. Шлакопемзовый щебень марки по насыпной плотности 700, марки по прочности П125.

2. ТМД – тонкомолотый доменный граншлак с удельной поверхностью 2000–2500 см²/г.

5. Ориентировочные составы конструкционного шлакопемзобетона

Таблица 33

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка по плотности	Расход материалов на 1 м³ бетонной смеси			
		цемента марки 400, кг	шлакопемзового щебня, л, фракций, мм		плотного песка, кг
			5–10	10–20	
B12,5	D1800	240	360	540	840
B15	D1900	290	360	540	810
B20	D1900	350	360	540	780

Примечания: 1. Шлакопемзовый щебень марки по насыпной плотности 800, марки по прочности П150.

2. Марка по удобоукладываемости бетонной смеси – Ж1.

3. Составы бетона даны без пластификаторов. При использовании последних расход цемента снижается на 5–10 %.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА И ПОДБОРА НОМИНАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Пример 1. Подбор номинального состава конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона для изготовления наружных стеновых панелей.

Задание на подбор состава дано в табл. 4.

Для подбора состава отбираем керамзитовый гравий трех партий с минимальной, по данным поставок, насыпной плотностью, средней и максимальной,и проводим его испытания (табл. 34).

Таблица 34

Керамзитовый гравий	Плотность, кг/м³		Прочность в цилиндре, МПа	Водопоглощение $W = 1$ ч
	насыпная	в цементном тесте		
Фракция 5–10 мм:				
1-я партия	390	720	1,4	22,0
2-я „	440	760	1,6	21,6
3-я „	490	830	1,9	20,4
Фракция 10–20 мм:				
1-я партия	350	670	1,2	19,8
2-я „	400	710	1,5	20,1
3-я „	440	800	1,7	18,4

Проверка фактических характеристик имеющихся в наличии материалов показала, что керамзитобетон класса В3,5 с маркой по средней плотности D900 может быть получен в случае использования в качестве мелкого заполнителя дробленого керамзитового песка или золы ТЭС на керамзите любой из отобранных партий (см. табл. 6).

Дальнейшие работы по подбору составов выполняем с применением в качестве мелкого заполнителя золы ТЭС, т.к. это позволяет существенно снизить стоимость бетона и уменьшить расход цемента. Определяем водопотребность, насыпную плотность и плотность зерен золы в цементном тесте, которые соответственно равны 18 %, 830 кг/м³ и 1,83кг/дм³. В качестве воздухововлекающей добавки используем СДО.

В соответствии с п. 4.1.3 отбираем пробы керамзитового гравия, цемента и золы ТЭС для проведения всех экспериментов по подбору составов в количестве соответственно 50 л, 15 и 15 кг.

РАСЧЕТ НАЧАЛЬНОГО И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СОСТАВОВ

Расход крупного заполнителя исходя из условия максимального им насыщения бетона (п. 4.1.5) принимаем по табл. 11 равным 1,1 м^3 (30 % объема фракции 5–10 мм и 70 % фракции 10–20 мм в соответствии с рекомендациями п. 3.6).

На первой стадии подбора начального и дополнительного составов используем керамзитовый гравий фракций 5–10 и 10–20 мм со средней насыпной плотностью соответственно 440 и 400 кг/м^3 (2-я партия). По формуле (7) рассчитываем расход крупного заполнителя по массе:

$$K = \frac{1,1}{100}\ (70 \cdot 400 + 30 \cdot 440) = 450 \text{ кг/м}^3.$$

Расход цемента марки 400 для начального и дополнительных составов в соответствии с табл. 12 принимаем равным 200 кг/м^3.

Расход золы ТЭС в начальном и дополнительном составах рассчитываем по формуле (5), принимая в дополнительных составах уровень плотности на 50 кг/м^3 больше и меньше, указанного в задании (850 кг/м^3), т.е. 800 и 900 кг/м^3.

Начальный состав

$$П = 850 - 1,15 \cdot 200 - \frac{1,1\ (30 \cdot 440 + 70 \cdot 400)}{100} = 167 \approx 170 \text{ кг}.$$

Аналогично рассчитывают расход золы в дополнительных составах – соответственно 120 и 220 кг. Ориентировочный расчетный расход воды определяем по формуле (8).

Начальный расход воды B_0 принимается по табл. 14 равным 150 л, а поправки на водопотребность мелкого заполнителя B_1 и на водопоглощение крупного B_2 подсчитывают соответственно по формулам (9) и (10).

Начальный состав:

$$B_1 = 0,025 \cdot \frac{170}{1,8\ 3} \cdot (18 - 7) = 25 \text{ л};$$

$$B_2 = \frac{1 \cdot 0,75\ (150 + 25)}{200} \cdot \frac{(20,6 - 15)}{100} \cdot 450 = 16 \text{ л};$$

$$B = 150 + 25 + 16 = 191 \text{ л}.$$

Аналогично рассчитывают расход воды в дополнительных составах.

Принятые и рассчитанные по вышеуказанным таблицам и формулам расход керамзитового гравия, цемента, золы и воды для начального и дополнительных составов приведены в табл. 35.

Таблица 35

Материалы	Расходы материалов на 1 м³ керамзитобетона состава								
	начального			1-го дополнительного			2-го дополнительного		
	на керамзите партии								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Керамзитовый гравий фракции 5–20 мм (30 % объема фракции 5–10 мм, 70 % фракции 10–20 мм), кг	395	450	505	395	450	505	395	450	505
Портландцемент М400, кг	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Зола - унос, кг	220	170	120	170	120	70	270	220	170
Вода, л	200	190	187	190	185	175	207	200	190
СДО (сухой продукции), кг	0,45	0,5	0,6	0,5	0,6	0,8	0,4	0,4	0,5

Определяем для рассчитанных составов по формулам (12) и (13) объем вовлеченного воздуха, необходимого для получения керамзитобетона слитной структуры.

Для начального состава:

$$\Sigma V_{абс} = \frac{200}{3,1} + \frac{145}{1,1 \cdot 0,76} + \frac{308}{1,1 \cdot 0,71} + \frac{170}{1,83} + 190 = 913 \text{ л};$$

$$V_в = 0,1 \cdot (1000 - 913) = 8,7 \%.$$

Аналогично рассчитываем $V_{абс}$ и $V_в$ для дополнительных составов (табл. 36).

Таблица 36

Показатель	Составы								
	начальный			1-й дополнительный			2-й дополнительный		
	на керамзите партии								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\Sigma V_{абс}$, л	946	915	886	908	883	849	981	953	916
$V_в$, %	5,4	8,7	11,4	9,2	11,9	15,1	2,9	4,9	8,4
$\rho_{см}^{ож}$, кг/м³	1020	1010	1010	960	960	950	1080	1070	1060

В соответствии с установленными значениями $V_в$ ориентировочно принимаем по табл. 17 расход СДО в начальном составе на керамзите 2-й партии равным 0,25 % массы цемента. Для остальных замесов – от 0,2 до 0,4 % (см. табл. 35).

Рассчитываем по формуле (14) на основании установленных расходов компонентов величины ожидаемой средней плотности свежеуложенного керамзитобетона.

Для начального состава:

$$\rho_{см}^{ож} = 200 + 453 + 170 + 190 = 1013 \approx 1010 \text{ кг/м}^3.$$

Аналогично рассчитываем $\rho_{см}^{ож}$ и для дополнительных составов (см. табл. 36).

ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТНЫХ ЗАМЕСОВ

Приготовление керамзитобетонной смеси начального и дополнительного составов в соответствии с рекомендациями п. 4.1.18 производим в лабораторной растворомешалке емкостью 40 л. Объем замеса, из которого необходимо заформовать три куба размером 15×15×15 см ($V \approx 10{,}5$ л) принимают равным 12 л.

Расчет материалов на каждый опытный замес производят по формуле (15). Результаты приведены в табл. 37.

Начальный состав:

$$Ц = 200 \cdot 0{,}12 = 2{,}4 \text{ кг};$$

$$К_{5-10} = 145 \cdot 0{,}012 = 1{,}73 \text{ кг};$$

$$К_{10-20} = 308 \cdot 0{,}012 = 3{,}70 \text{ л};$$

$$З = 170 \cdot 0{,}012 = 2{,}04 \text{ кг};$$

$$В = 190 \cdot 0{,}012 = 2{,}28 \text{ л};$$

СДО = 0,5 · 0,012 = 0,0060 кг (сухое вещество)
или 0,06 кг 10 %-ной концентрации.

Таблица 37

Характеристика бетона	Характеристики керамзитобетона состава								
	начального			1-го дополнительного			2-го дополнительного		
	на керамзитовом гравии партии								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Плотность свежеуложенного бетона, кг/м³	1040	1020	1030	970	960	960	1090	1100	1070
после тепловой обработки	990	980	980	900	910	920	1030	1040	1030
в сухом состоянии	850	840	870	780	790	810	890	910	910
Прочность после тепловой обработки, МПа	4,9	4,3	4,0	3,0	2,6	2,8	5,8	5,9	5,8

Аналогично рассчитывают расход материалов и для дополнительных составов.

Опытные замесы проводим в соответствии с рекомендациями пп. 4.1.20–4.1.25. В ходе замесов уточняем расход воды и воздухововлекающей добавки, обеспечивающих слитную структуру бетонной смеси и совпадение фактической плотности с расчетной (отклонение ±3 %) для каждого проверяемого состава. Отформованные образцы подвергаем тепловой обработке и испытываем на сжатие.

По результатам измерений образцов определяем плотность керамзитобетонной смеси, а также фактические расходы материалов на 1 м³ по формулам (16)–(22) и рассчитываем величины плотности бетона в сухом состоянии по формуле (23).

Начальный состав:

$$\overline{\rho}_{\text{см}} = \frac{1010 + 1020 + 1030}{3} = 1020 \text{ кг/м}^3;$$

$$Ц = \frac{1020}{12{,}42} \cdot 2{,}4 = 197 \text{ кг};$$

$$П = \frac{1020}{12{,}42} \cdot 2{,}04 = 168 \text{ кг};$$

$$К_{5-20} = \frac{1020}{12{,}42} \cdot 5{,}43 = 445 \text{ кг};$$

$$B = \frac{1020}{12{,}42} \cdot 2{,}44 = 202 \text{ л};$$

$$\text{СДО} = \frac{1020}{12{,}42} \cdot 0{,}0086 = 0{,}69 \text{ кг}.$$

В дополнительных составах расходы материалов рассчитывают по аналогии.

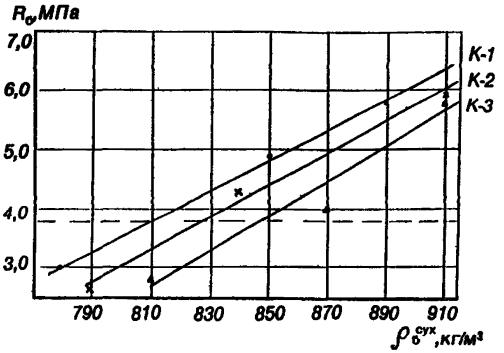
Результаты определений и расчетов приведены в табл. 37 и 38.

Таблица 38

Материалы	Фактические расходы материалов на 1 м³ керамзитобетона состава								
	начального			1-го дополнительного			2-го дополнительного		
	на керамзитовом гравии партии								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Керамзитовый гравий фракции 5–20 мм (30 % объема фракции 5–10 и 70 % фракции 10–20), л (кг)	1094 (403)	1085 (445)	1116 (517)	1093 (387)	1099 (444)	1114 (508)	1087 (395)	1106 (460)	1113 (511)
Портландцемент М400, кг	199	197	203	199	200	203	198	201	202
Зола-унос, кг	219	168	117	168	120	66	267	221	162
Вода, л	218	202	192	213	195	182	227	216	192
СДО (сухое вещество), кг	0,79	0,69	0,75	0,83	0,79	0,95	0,67	0,76	0,72

По полученным значениям прочности и плотности в сухом состоянии строим линейную зависимость $R_б = f(\rho_б^{сух})$ (см. черт. 10), по которой устанавливаем значение среднего уровня плотности $\rho_б^{у}$, соответствующее заданному значению среднего уровня прочности 3,8 МПа.

Зависимость прочности керамзитобетона от его плотности (к примеру 1)



Черт. 10

Подборы показали, что на керамзитовом гравии фракции 5–10 мм с $\rho_{нас}$ = =440 кг/м³ и фракции 10–20 мм с $\rho_{нас}$ = 400 кг/м³ при использовании золы Ново-Рязанской ГРЭС можно получать керамзитобетон с плотностью в сухом состоянии 830 кг/м³ (т. е. ниже заданного уровня) при требуемом уровне отпускной прочности.

По аналогу с изложенным рассчитываем состав керамзитобетона с плотностью 830 кг/м³.

Расходы цемента и керамзита оставляем равными соответственно 200 кг/м³ и 1,1 м³/м³ (0,33 м³ фракции 5–10 мм и 0,77 м³ фракции 10–20 мм). Расход золы устанавливаем по формуле (5) равным 150 кг/м³, а расход воды и СДО определяем интерполяцией по формуле (26) соответственно равным 200 л/м³ и 0,71 кг/м³ в расчете на сухое вещество.

Аналогично проводим анализ построенной по результатам испытаний зависимости $R_б = f\left(\rho_б^{сух}\right)$ для керамзита 1-й и 3-й партий. В первом случае керамзитобетон с требуемым уровнем отпускной прочности получен при плотности в сухом состоянии 810 кг/м³, во втором – на более тяжелом 3-й партии – с плотностью 850 кг/м³.

Пересчитываем составы бетона на испытанных керамзитах на выявленный уровень плотности и в результате получаем следующие номинальные составы (табл. 39).

Таблица 39

Насыпная плотность керамзита, кг/м³	Расход материалов на 1 м³					
	цемента, кг	керамзита, м³, фракций, мм		золы ТЭС, кг	воды, л	СДО, кг
		5–10	10–20			
360	200	0,33	0,77	185	215	0,8
410	200	0,33	0,77	150	200	0,71
460	200	0,33	0,77	115	190	0,75

Пример 2. Подбор номинального состава конструкционного керамзитобетона.

Задание на подбор состава дано в табл. 40.

Таблица 40

Показатель	Величина	Примечание
Требования к бетону		
по прочности на сжатие:		
класс, МПа	B20	
коэффициент вариации, %	11	
средний уровень прочности в проектном возрасте R_y, МПа	26,0	Расчет по ГОСТ 18105–86: $R_т = 20{,}0 \cdot 1{,}18 = 23{,}6$ $R_y = 23{,}6 \cdot 1{,}09 = 25{,}8$
отпускная прочность, % проектной	70	
средний уровень, МПа	18	Расчет: $25{,}8 \cdot 0{,}7 = 18{,}1$
по плотности:		
марка	D 1700	
коэффициент вариации, %	4	
средний уровень, ρ_y, кг/м³	1620	Расчет по ГОСТ 27005–86: $\rho_т = 1700 \cdot 0{,}98 = 1670$ $\rho_y = 1670 \cdot 0{,}97 = 1616$
Требования к бетонной смеси		
подвижность ОК, см	1–4	Марка П1
жизнеспособность, мин	20	
Параметры технологии изготовления		
перемешивание	–	В бетоносмесителе принудительного действия
транспортирование		В бетоноразда точной тележке
формование		На поточно-агрегатной линии

Продолжение табл. 40

Показатель	Величина	Примечание
уплотнение		На виброплощадке с амплитудой 0,5 мм, частотой 2800 колебаний/мин
тепловлажностная обработка		Режим 2+3+6+1 ч при температуре изотермической выдержки 85° С
Сырьевые материалы.		
цемент М500, II группы эффективности при пропаривании	–	
гравий керамзитовый марки по плотности	600	
песок кварцевый, $M_к$	2,5	

ПОДБОР СОСТАВА БЕТОНА

Определение характеристик исходных материалов

Гравий керамзитовый. Определяем характеристики отдельных фракций (табл. 41). Принимаем соотношение фракций 5–10 и 10–20 мм (по массе) 40:60 и рассчитываем среднюю плотность зерен керамзита в цементном тесте:

$$\rho_к = \frac{100}{\frac{40}{1{,}06} + \frac{60}{1{,}0}} = 1{,}02 \text{ кг/л}.$$

По формуле (4) настоящих Рекомендаций рассчитываем среднюю прочность керамзита в цилиндре:

$$R_ц^к = 0{,}01\ (3{,}9 \cdot 40 + 3{,}1 \cdot 60) = 3{,}4 \text{ МПа}.$$

По ГОСТ 9757–83 этой величине соответствует марка керамзита по прочности П150. Смешивая их в соотношении 40:60, находим среднюю насыпную плотность смеси $\rho_{ок} = 580$ кг/м^3 и с учетом средней плотности зерен рассчитываем пустотность смеси $\alpha = 0{,}43$.

Таблица 41

Показатель	Обозначение	Фракции, мм		Смесь
		5–10	10–20	
Насыпная плотность, кг/м³	$\rho^{н}_{к}$	570	550	580
Плотность зерен в цементном тесте, кг/л	$\rho_{к}$	1,06	1,0	1,02
Прочность в цилиндре, МПа	$R^{к}_{ц}$	3,9	3,1	3,4
Межзерновая пустотность	α	0,46	0,45	0,43
Водопоглощение	W	–	–	12

Расчет начального состава

Определяем расход цемента для получения на керамзите марки по прочности П150 легкого бетона с заданным значением отпускной прочности (70 % проектной), равным 18 МПа. Для этого пользуемся графиком (см. черт. 3) для цемента М500. По графику расход цемента оказывается равным 330 кг/м³. В соответствии с п. 4.2.4.2 вводим поправочный коэффициент на применение смеси с маркой по удобоукладываемости П1, равный 1,06. В связи с тем, что цемент относится ко II группе по эффективности пропаривания, а песок имеет $M_к$ = 2,5, поправочные характеристики на эти параметры не вводим.

В итоге расход цемента составляет : $Ц = 330 \cdot 1{,}06 = 350$ кг/м³.

По табл. 19 находим начальный расход воды для пористого гравия с предельной крупностью 20 мм при марке бетонной смеси по удобоукладываемости П1 B_0 равен 210 л/м³.

По табл. 20 определяем объемную концентрацию крупного заполнителя φ при среднем уровне плотности бетона 1620 кг/м³, плотности зерен керамзитового гравия 1,02 кг/л, расходе воды B_0 = 210 кг/м³ и расходе цемента 350 кг/м³. По интерполяции табличных значений находим φ, равное 0,38, поправки на расход цемента и водопотребность песка не вводим, а поправку на расход воды принимаем равной 0,01. Окончательное значение φ получаем равным 0,38–0,01 = 0,37.

Эта величина меньше приведенной в табл. 21 для смеси марки по удобоукладываемости П1 при межзерновой пустотности заполнителя 0,43, следовательно, является допустимой. Расход керамзита рассчитывается по формуле (27)

$$К = 1000 \cdot 0{,}37 \cdot 1{,}02 = 377.$$

Определяем по формуле (29) расход, кг/м³, плотного песка в зависимости от расхода цемента, крупного заполнителя и воды. При этом поправ-

ки на объемную концентрацию крупного заполнителя и расход цемента при расчете расхода воды не вводим.

$C_{в}^{пл}$, поправку на плотность зерен и водопотребность плотного песка, рассчитываем по формуле (32) при $B_{п}^{пл} = 6{,}5$ и $\rho_{п}^{пл} = 2{,}62$:

$$C_{в}^{пл} = \frac{1 + 0{,}025\ (6{,}5 - 7)}{2{,}62} = 0{,}38.$$

С учетом поправки расчетный расход песка оказывается равным

$$П = 1000 - \left(\frac{350}{3{,}1} + \frac{377}{1{,}05 \cdot 1{,}02} + 210\right) \frac{1}{0{,}38} = 854 \text{ кг/м}^3.$$

Рассчитываем по формуле (23) плотность бетона при вычисленных значениях расходов материалов:

$$\rho_б = 1{,}15 \cdot 350 + 377 + 854 = 1634 \text{ кг/м}^3.$$

Поскольку расчетное значение плотности бетона превышает требуемое на 14 кг/м^3 (не более 20 кг/м^3), расчет признаем удовлетворительным.

Вычисляем общий расход воды с поправкой на водопоглощение в бетонной смеси крупного заполнителя B_2, равный $B_2 = \frac{(12 - 15)}{100} \cdot 377 =$

$= -11{,}3$. С учетом этой поправки общий расход воды составляет:
$210 - 11 = 199$ л/м^3.

Экспериментальная проверка и назначение номинального состава

В соответствии с п. 4.2.9 настоящих Рекомендаций для опытных замесов рассчитываем по аналогичной методике еще два состава с расходом цемента, отличающимся на ±20 %. Рассчитанные расходы материалов приведены в табл. 42. Объем замеса в соответствии с п. 4.2.13 Рекомендаций принимаем 7 л, изготавливаем из него образцы размером 10Х10Х10 см в количестве 6 шт.

В процессе приготовления бетонной смеси расход воды для получения заданной подвижности пришлось немного увеличить. Удобоукладываемость ОК проверяем через 20 мин после окончания перемешивания смеси и убеждаемся, что жизнеспособность смеси, указанная в задании на подбор состава, обеспечена.

После формования образцов определяем плотность бетонной смеси по ГОСТ 10181.2–81 и рассчитываем фактические расходы материалов. Образцы подвергаем тепловой обработке по заданному режиму и испытываем через 4 ч после пропаривания и после 28-суточного последующего твердения в нормальных условиях.

После испытания образцов на сжатие рекомендуется отобрать из них пробы и высушить для определения влажности и расчета плотности бетона в сухом состоянии. Все результаты испытаний заносим в табл. 42.

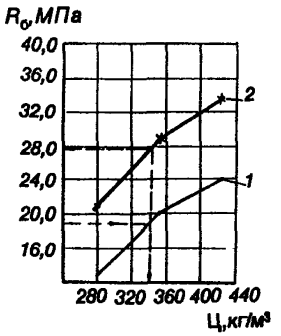
Таблица 42

Составы керамзитобетона и результаты испытаний

Показатели	Составы		
	1-й	2-й	3-й
Расчетные расходы материалов на 1 м³ бетонной смеси:			
цемент, кг	350	280	420
песок, кг	854	940	768
керамзит, кг	377	367	388
вода, л	200	199	201
Расходы материалов на 7-литровый замес:			
цемент, кг	2,45	1,96	2,94
песок, кг	6,0	6,6	5,38
керамзит, кг	2,64	2,57	2,72
вода, л	1,4	1,39	1,41
Сумма расходов материалов в замесе, кг	12,51	12,53	12,46
Плотность бетонной смеси, кг/м³	1790	1790	1780
Осадка конуса через 20 мин после приготовления, см	3	2	4
Фактический расход материалов на 1 м³ бетонной смеси:			
цемент, кг	351	280	420
песок, кг	859	943	769
керамзит, кг	378	367	389
вода, л	203	200	204
Прочность при сжатии, МПа :			
после тепловой обработки (отпускная)	20,3	13,0	24,2
в 28-суточном возрасте (проектная)	29,2	21,0	34,0
Плотность бетона после тепловой обработки, кг/м³	1728	1726	1729
Влажность бетона (по массе) , %	6	6	5,8
Плотность бетона в сухом состоянии, кг/м³	1630	1628	1635

В соответствии с п. 4.2.21 Рекомендаций строим графики прочности бетона после пропаривания и в 28-суточном возрасте в зависимости от расхода цемента (см. черт. 11)

Зависимость прочности керамзитобетона от расхода цемента (к примеру 2)



Черт. 11

1—после пропаривания; *2*—в 28-суточном возрасте

По условиям задания отпускная прочность должна быть 18 МПа. На кривой $R_б^{отп} = f(Ц)$ находим, что прочность 18 МПа соответствует расходу цемента 340 кг/м³. По кривой $R_б^{28} = f(Ц)$ убеждаемся, что прочность бетона в 28-суточном возрасте при этом расходе цемента соответствует заданной и равна 27,8 МПа. Найденный расход цемента находится между 280 и 351 кг/м³ (замесы 1 и 2).

Подставляя эти значения в формулу (47), находим:

$$П = 859 + \frac{(340-351)\ (943-859)}{280-351} = 862;$$

$$К = 378 + \frac{(340-351)\ (367-378)}{280-351} = 376;$$

$$В = 203 + \frac{(340-351)\ (200-203)}{280-351} = 202\ л.$$

Окончательный состав:

цемент – 340 кг; песок – 862 кг; керамзит – 376 кг; вода – 202 л.

Пример 3. Подбор номинального состава конструкционного шлакопемзобетона.

Задание на подбор дано в табл. 43.

Таблица 43

Показатель	Величина	Примечание
Требования к бетону:		
по прочности на сжатие		
класс, МПа	B15	
коэффициент вариации, %	9	
средний уровень прочности в проектном возрасте, МПа	18	Расчет по ГОСТ 18105–86: $R_т = 15 \cdot 1{,}11 = 16{,}7$; $R_у = 16{,}3 \cdot 1{,}07 = 17{,}5$
отпускная прочность, % проектной	70	
средний уровень, МПа	13	Расчет: $17{,}5 \cdot 0{,}7 = 12{,}25$
по плотности:		
марка	D1600	
коэффициент вариации, %	3	
средний уровень, кг/м^3	1550	Расчет по ГОСТ 27005–86: $\rho_т = 1600 \cdot 0{,}99 = 1584$; $\rho_у = 1584 \cdot 0{,}98 = 1552$
Требования к бетонной смеси:		
подвижность ОК, см	2–4	Марка П1
жизнеспособность, мин	30	
Параметры технологии изготовления:		
перемешивание	–	В бетоносмесителе принудительного действия
транспортирование		В бетонораздаточной тележке
формование		На поточно-агрегатной линии
уплотнение		На виброплощадке с амплитудой 0,5 мм, частотой 2800 колебаний/мин
тепловлажностная обработка		Режим 2+3+6+1 ч при температуре изотермического прогрева 90° С
Сырьевые материалы:		
цемент М400, II группы по эффективности при пропаривании	–	
щебень шлакопемзовый фракции 5–10 мм марки по плотности	800	
песок шлакопемзовый	–	
песок плотный	–	

ПОДБОР СОСТАВА БЕТОНА

Определение характеристик исходных материалов

Щебень шлакопемзовый. Определяем насыпную плотность, равную 780 кг/м^3, плотность зерен в цементном тесте, равную 1,75 кг/л, пустотность – 0,5, водопоглощение – 15 % и прочность в цилиндре – 2,5 МПа. По ГОСТ 9757–83 устанавливаем, что прочности в цилиндре, равной 2,5 МПа, соответствует марка по прочности П200.

Песок шлакопемзовый. Определяем плотность зерен в цементном тесте, равную 1,8 кг/л, водопотребность – 14 %.

Песок плотный. Определяем $M_к$ = 2, плотность – 2,65 кг/л, водопотребность – 8 %.

Цемент. Определяем нормальную густоту цементного теста, равную 25 %.

Расчет начального состава

По графику (см. черт. 5) находим расход цемента 265 кг/м^3. В соответствии с п. 4.2.4.2 настоящих Рекомендаций находим поправочные коэффициенты на подвижность смеси П1 – 1,06, наибольшую крупность зерен крупного заполнителя 10 мм – 1,07.

С учетом поправочных коэффициентов находим расход цемента, равный 316 кг/м^3.

По табл. 19 находим начальный расход воды для бетона на пористом щебне предельной крупностью 10 мм при марке бетонной смеси по удобоукладываемости П1 B_0 = 240 л/м^3.

По табл. 20 определяем объемную концентрацию крупного пористого заполнителя, равную 0,35, и рассчитываем расход K шлакопемзового щебня по массе 1000 · 0,35 · 1,75 = 613 кг и по объему $\frac{613}{780}$ = 0,785 м^3.

По формуле (35) рассчитываем расход пористого песка, обеспечивающий получение бетона заданной плотности 1550 кг/м^3 при расходе цемента 316 кг/м^3 и воды ($B_0 + B_3 + B_4$), объемной концентрации крупного заполнителя, равной 0,35, водопотребности пористого – 14 % и плотного – 8 % песков, плотности цемента 3,1 кг/л и плотного песка 2,65 кг/л и плотности зерен пористого песка в цементном тесте 1,75 кг/л.

$$B_3 = 2000\ (0{,}35 - 0{,}37)^2 = 0{,}8 \text{ л/м}^3;$$

$$B_4 = 0;$$

$$B_0 + B_3 + B_4 = 240 + 0{,}8 = 241 \text{ л/м}^3;$$

$$A = 1000(1 - 0{,}35) - \frac{316}{3{,}1} - 241 = 307;$$

$$C_{в}^{пор} = \frac{1 + 0{,}025\ (14-7)}{1{,}75} = 0{,}67;$$

$$C_{в}^{пл} = \frac{1 + 0{,}025\ (8-7)}{2{,}65} = 0{,}39;$$

$$\sum П = 1550 - 1{,}15 \cdot 316 - 613 = 574;$$

$$П_{пор} = \frac{307 - 574 \cdot 0{,}39}{0{,}67 - 0{,}39} = 297;$$

$$П_{пл} = 574 - 297 = 277.$$

Рассчитываем общий расход воды, прибавляя поправки на водопотребность пористого и плотного песков:

$$B_{з}^{пл} = \frac{0{,}025 \cdot 277(8-7)}{2{,}65} = 2{,}6;$$

$$B_{з}^{пор} = \frac{0{,}025 \cdot 297(14-7)}{1{,}75} = 29{,}7;$$

$$B = 241 + 2{,}6 + 29{,}7 = 273 \text{ л}.$$

Расход материалов на 1 м^3 бетона составил, кг:
цемент – 316; щебень шлакопемзовый – 613; песок шлакопемзовый – 297; песок плотный – 277; вода – 273.

В соответствии с указаниями п. 4.2.9 рассчитываем аналогичным образом еще два состава с расходами цемента, отличающимися на ±20 %. Дальнейший ход проведения опытных замесов и обработка опытных данных не отличаются от приведенных в примере 2.

Пример 4. Подбор номинального состава конструкционного керамзитобетона с пластифицирующей добавкой

Задание на подбор состава остается таким же, что и в примере 2 (см. табл. 40), вводится дополнительно условие – применение эффективного пластификатора ЛСТМ-2.

Определяем характеристики материалов (см. табл. 41) и дополнительно по методике, приведенной в приложении 3, устанавливаем величину коэффициента редукции $K_р$. Для данного цемента $K_р = 0{,}95$.

Расход цемента при применении добавки ЛСТМ-2 устанавливаем, как и в примере 2, при этом дополнительно вводим коэффициент на применение пластификатора $K_р^б$ по п. 4.2.6.3, равный

$$K_р^б = K_р \gamma,$$

где γ – принимается по табл. 22 равным 1,0.

Расход цемента равен $350 \cdot 0,95 = 333$ кг/м^3.

Расход пластификатора ЛСТМ-2 принимаем по п. 4.2.6.1 0,2 % сухого вещества от массы цемента.

Начальный расход воды принимаем так же, как и в примере 2, но с учетом коэффициента $K_р^б$ п. 4.2.6.4. $B_0 = 210 \cdot 0,95 = 200$ л/м^3.

По табл. 20 определяем объемную концентрацию крупного заполнителя, которая в данном случае равна 0,38, что на 0,01 больше, чем в бетоне без пластификатора. Расход керамзитового гравия по массе $K = 0,38 \cdot 1,02 = 388$ кг/м^3.

По формуле (29) определяем расход плотного песка при $C_в^{пл} = 0,38$:

$$П = \left[1000 - \left(\frac{333}{3,1} + \frac{388}{1,05 \cdot 1,02} + 200 \right) \right] \cdot \frac{1}{0,38} = 869 \text{ кг/м}^3.$$

Рассчитываем плотность бетона в сухом состоянии по формуле (23), которая в данном случае будет равна 1639 кг/м^3.

Расчетное значение не отличается от требуемого более чем на 20 кг/м^3, поэтому расчет признается удовлетворительным.

Определяем общий расход воды с учетом водопоглощения в бетонной смеси крупного заполнителя B_2, равный

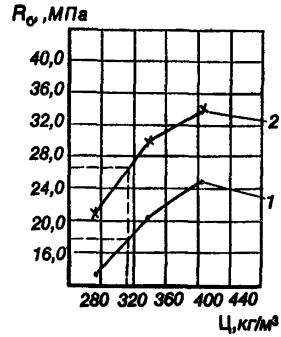
$$B_2 = \frac{(12 - 15)}{100} \cdot 388 = -11,6 \text{ л} \approx -12 \text{ л}.$$

Общий расход воды составляет $200 - 12 = 188$ л/м^3.

Аналогично рассчитываем дополнительные составы с расходом цемента 270 и 400 кг/м^3. Экспериментальную проверку проводим так же, как в примере 2.

Построив в соответствии с п. 4.2.21 зависимость "прочность–расход цемента" (см. черт. 12), получаем, что средний уровень отпускной прочности 18 МПа соответствует расходу цемента 310 кг/м^3. При этом расходе цемента прочность бетона в 28-суточном возрасте выше заданной и равна 27,0 МПа.

Зависимость прочности керамзитобетона
от расхода цемента (к примеру 4)



Черт. 12

1 – после пропаривания; *2* – в 28-суточном возрасте

Далее, как и в примере 2, рассчитываем расход остальных материалов на 1 м^3.

Полученный расход цемента на 9 % ниже, чем в примере 2, где бетон приготовлялся без пластификатора.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДУЦИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Методика предназначена для оценки сокращения водопотребности бетонной смеси и расхода цемента при подборе состава бетона с пластифицирующими добавками.

Редуцирующий эффект характеризуется коэффициентом редукции $K_{р}$, представляющим собой отношение водосодержания бетонных смесей без добавки и с добавкой для равноподвижных (или равножестких) смесей при сохранении величины водоцементного отношения.

Оценка величины коэффициента редукции применительно к конкретному цементу производится испытанием пластифицирующей добавки в стан-

дартных цементно-песчаных (растворных) смесях. В результате испытаний получают величину коэффициента редукции растворной смеси $K_р$.

При данной добавке $K_р$ зависит от характеристик применяемого цемента и состава бетонной смеси. При данном цементе $K_р$ уменьшается с увеличением объема цементного теста – повышением расхода цемента – вещественного и минералогического состава и дисперсности цемента; значения $K_р$ могут колебаться при данной добавке на ±(5–7)%.

Для определения $K_р$ подбирают составы растворной смеси на плотном песке без добавки и с оптимальной дозировкой данной добавки при одинаковой консистенции и постоянном отношении $Ц/В$ смеси.

При приготовлении растворной смеси и определении ее консистенции используют:

чашу и лопатку по ГОСТ 310.3–76;

встряхивающий столик, форму-конус, насадку и штыковку по ГОСТ 310.4–81.

Для приготовления растворных смесей применяют усредненные пробы песка фракции 0,14–2,5 мм и испытываемого цемента и водные растворы добавок.

Для приготовления растворных смесей с отношением $Ц/В = 2{,}0$ отвешивают 150 г воды, 300 г цемента и 700 г песка.

Растворные смеси перемешивают вручную в течение 3 мин. Через 15 мин после затворения дополнительно перемешивают смеси в течение 30 с, после чего производят определение расплыва конуса по ГОСТ 310.4–81. Раствор встряхивают на столике 30 раз при частоте одно встряхивание в секунду, после чего штангенциркулем измеряют диаметр конуса по нижнему основанию в двух перпендикулярных направлениях и берут среднее значение.

В ходе испытаний подбирают два состава раствора без добавки: расплыв конуса РК = 150–200 мм и один состав раствора с добавкой РК = 180–200. Регулировку консистенции смеси производят изменением содержания песка в замесе при сохранении содержания воды и цемента. Исходя из полученного содержания материалов в замесах вычисляют фактическое водосодержание растворных смесей с добавками и без добавок при равной величине РК по формуле

$$B_ф = \frac{1000\,\frac{B}{\rho_в}}{\frac{П}{\rho_п} + \frac{Ц}{\rho_ц} + \frac{B}{\rho_в}}, \text{ л}, \qquad (55)$$

где $П$, $Ц$, B – количество соответственно песка, цемента и воды в замесе, г;

$\rho_п$, $\rho_ц$, $\rho_в$ – плотность песка, цемента и воды, кг/см^3.

Водосодержание смесей с добавками $B_д$ определяется для экспериментально полученной величины РК. Для той же величины РК интерполяцией определяют водосодержание растворной смеси без добавки B_0.

На основании полученных значений вычисляют $K_р$ с точностью до 0,01 по формуле:

$$K_р = B_д/B_0. \quad (56)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПРИМЕРЫ РАБОЧИХ СОСТАВОВ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ И ТАБЛИЦ ОБЪЕМНО-ВЕСОВОГО ДОЗИРОВАНИЯ

1. Конструкционно-теплоизоляционный керамзитобетон класса В3,5 марки по плотности D900.

Номинальный состав бетона на 1 м³:
цемент марки 400 – 200 кг;
керамзит марки 450 – 495 кг (1,1 м³), фракции 10–20 мм – 0,8 м³;
фракции 5–10 мм – 0,3 м³;
зола ТЭС – 160 кг;
добавка СДО – 0,5 % массы цемента;
вода – 215 л.

1. 1. Рабочие составы бетона при изменении насыпной плотности керамзита

Насыпная плотность керамзитового гравия, кг/м³	Расход материалов на 1 м³ бетона				
	цемента, кг	керамзита, м³	золы ТЭС, кг	СДО, кг (сухое вещество)	воды, л
400	200	1,1	180	0,9	235
425	200	1,1	170	0,95	225
450	200	1,1	160	1,00	215
475	200	1,1	140	1,20	205
500	200	1,1	120	1,30	200

1. 2. Дозировочные расходы материалов на замес керамзитобетона объемом 1 м³

Масса керамзита в дозаторе объемом 1,1 м³, кг	Расход материалов			
	цемента, кг	золы ТЭС, кг	СДО (5 %-ной концентрации)	воды, л
440–450	200	180	19	215
460–470	200	170	20	205
480–490	200	160	21	195
500–510	200	150	23	190
520–530	200	130	25	180
540–550	200	120	26	175

Примечание. Приведенные расходы воды скорректированы с учетом ее содержания в рабочем растворе СДО.

2. Конструкционный керамзитобетон класса В15, марки по плотности D1600 марки по удобоукладываемости П1.

Номинальный состав бетона на 1 м³:

цемент марки 400 – 320 кг;

керамзит: фракции 5–10 мм марки 600 (40 %)
" 10–20 " " 550 (60 %) } – 360 кг (0,65 м³);

песок плотный (сухой) – 880 кг;

вода – 200 л.

2. 1. Рабочие составы бетона при изменении насыпной плотности (прочности) керамзита

Насыпная плотность смеси фракций, кг/м³	Средняя прочность смеси фракций, МПа	Расход материалов на 1 м³				
		цемента, кг	керамзита, м³, фракций, мм		песка, кг	воды, л
			5–10	10–20		
500	2,4	360	0,25	0,40	905	155
525	2,6	340	0,25	0,40	920	153
550	2,9	330	0,25	0,40	930	150
575	3,2	320	0,25	0,40	935	148
600	3,5	315	0,25	0,40	940	146
625	3,8	310	0,25	0,40	945	144

Примечание. Влажность песка принята 5 %.

2.2. Дозировочные расходы материалов на замес объемом 1 м^3

Масса керамзита в дозаторе объемом 0,65 м^3	Расход материалов, кг		
	цемента	песка	воды
320–330	360	905	155
335–345	340	920	153
350–365	330	930	150
370–380	320	935	148
385–395	315	940	146
400–410	310	945	144

Примечание. Влажность песка – 5 %.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3

1. Общие положения 4
2. Проектные и технологические требования к легким бетонам и бетонным смесям 6
3. Требования к материалам для приготовления бетона 16
4. Подбор номинального состава легких бетонов 24
5. Назначение и корректировка рабочих составов легких бетонов 62

Приложение 1. Ориентировочные составы наиболее распространенных видов легких бетонов 70

Приложение 2. Примеры расчета и подбора номинальных составов легких бетонов 75

Приложение 3. Методика определения редуцирующего эффекта пластифицирующих добавок 92

Приложение 4. Примеры рабочих составов легких бетонов и таблицы объемно-весового дозирования 94

gost.e-ecolog.ru