

себестоимость жилья и улучшить архитектурный облик возводимых зданий.

9. Формирование фонда арендного жилья, маневренного жилищного фонда.

10. Развитие ипотечного кредитования.

В целях повышения доступности жилья для населения республики необходимо обеспечить развитие механизмов расширения платежеспособного спроса. Для решения задачи по повышению доступности жилья и обеспечению жильем граждан, имеющих невысокий уровень доходов и нуждающихся в улучшении жилищных условий, необходимо обеспечить дальнейшее развитие и совершенствование системы мер поддержки за счет средств бюджетов Удмуртской Республики и муниципальных образований.

11. Решение кадровых проблем в строительной отрасли.

С учетом планируемого наращивания объемов жилищного строительства в Удмуртской Республике

Получено 05.02.2015

необходимым является комплекс мер по разрешению проблемы обеспечения кадрами строительной отрасли. В частности, при участии Министерства труда Удмуртской Республики, Министерства образования и науки Удмуртской Республики планируется разработка программы «Кадровая система строительной отрасли Удмуртии».

Библиографические ссылки

1. Управление производственно-экономическим потенциалом строительных организаций региона : монография / В. П. Грахов, Н. Л. Тарануха, В. А. Кошечев, С. Я. Князев. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2011. – 120 с.

2. Тарануха Н. Л. Системотехническая оценка проектных решений в строительстве : монография. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2003. – 212 с. : ил.

3. Тарануха К. В. Формирование стратегии развития жилищного строительства региона // Вестник ИжГТУ. – 2013. – № 3(59). – С. 82–84.

УДК 691.327.333

К. Л. Домнина, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

М. Н. Каракулов, доктор технических наук, доцент, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РАСХОДА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕНОБЕТОНОВ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ С ЗАДАНЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

С вводом в действие нормативов по теплозащите зданий (СНиП 23-02–2003), приближающих термическое сопротивление ограждающих конструкций зданий в России к нормам европейских стран, актуальной стала проблема разработки и использования эффективных теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных строительных материалов, отвечающих современным установленным и потребительским требованиям на рынке. Одним из перспективных материалов является неавтоклавный пенобетон, возросший интерес к которому вызван не только его потенциальными техническими и эксплуатационными характеристиками, но и доступной технологией производства поризованных материалов, а также изделий с использованием местного сырья.

Управляя соотношением компонентов в смеси и технологическими приемами приготовления и формирования изделия, можно получать пенобетоны в широком интервале средней плотности ($400 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$), обладающие при требуемой прочности и долговечности (морозостойкости) низкими коэффициентом теплопроводности и стоимостью.

Параметры качества пенобетона зависят от стабильности свойств пенообразователя, мелкого заполнителя, вяжущего, технологии приготовления,

условия твердения бетона. Подбор состава характеризуется не только выбором и соотношением производных, но и их качественными характеристиками. В качестве исходного сырья при производстве пенобетона используются только экологически чистые природные компоненты, поэтому отрицательные последствия для экологии при его производстве не наблюдаются. Стабильность химических показателей сырья, используемого в составе пенобетона, соответствие их ГОСТам, строгое соблюдение технологии, выбранной для производства, приводит к достижению высоких результатов [1].

Несмотря на наличие многочисленных публикаций, до сих пор нет единого мнения по наиболее оптимальному составу пенобетона и технологии его приготовления. Общепринятые элементы подбора состава могут быть представлены в виде следующей схемы (рис. 1) [2].

Значительное количество компонентов бетонной смеси предопределяет необходимость использования специальных методов для подбора состава пенобетонов (рис. 2).

Расчет состава ячеистых бетонов основан на следующих положениях [3].

Любой единичный объем состоит из объема цемента, наполнителя и объема пор, часть которых за-

полнена водой, что может быть представлено для объема смеси 1 м³ в виде уравнения

$$\frac{Ц}{\rho_c} + \frac{Н}{\rho_n} + В + V_{пор} = 1000, \quad (1)$$

где Ц – расход цемента, кг/м³; Н – расход наполнителя, кг/м³; В – расход воды, л/м³; V_{пор} – объем пор за счет применения порообразователя, л; ρ_ц, ρ_н – истинная плотность цемента и наполнителя соответственно, кг/м³.

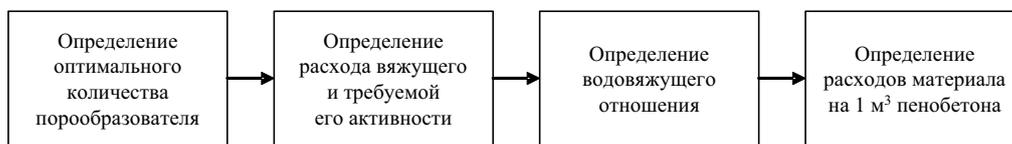


Рис. 1. Элементы подбора состава пенобетона

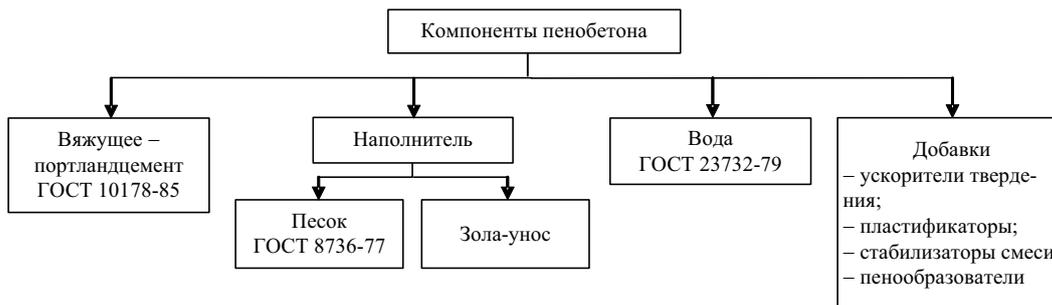


Рис. 2. Основные компоненты пенобетона

Расчетная плотность ячеистого бетона:

$$\rho_б = 1,15Ц + Н. \quad (2)$$

откуда

$$Ц = \frac{\rho_б}{(1,15 + C)}. \quad (4)$$

Соотношение между цементом и наполнителем C = Н/Ц принимается по табл. 1.

Принимаем Н = СЦ. Из уравнения (1), принимая $V = \left(\frac{В}{Т}\right)(Ц + Н)$, где В/Т – водоцементное отношение, принимаемое по рис. 3, получим:

Таблица 1. Соотношение Н/Ц = С для ячеистых бетонов

Бетоны	
Автоклавные	Неавтоклавные
1...1,75	0,75...1,25

$$Ц = \left(\frac{1}{\rho_c} + \frac{C}{\rho_n} + \frac{(1+C)V}{Т} + V_{пор} \right) = 1000, \quad (5)$$

Из уравнения (2) с учетом табл. 1 получим:

$$\rho_б = 1,15Ц + СЦ, \quad (3)$$

откуда определяется требуемое количество пор за счет применения порообразователя.

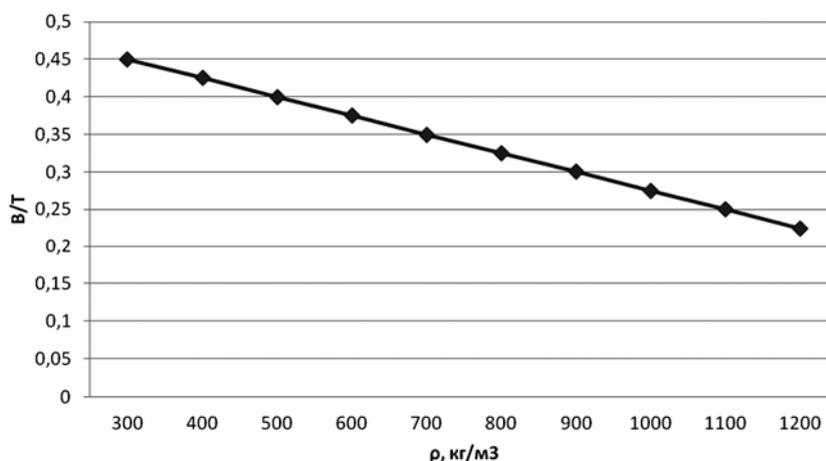


Рис. 3. Взаимосвязь водотвердого отношения и плотности пенобетона

Необходимое количество порообразователя для пенобетона D , л/м³, определяется по формуле

$$D = \frac{V_{\text{пор}}}{K_{\text{в.п}} K}, \quad (6)$$

где $K_{\text{в.п}}$ – коэффициент выхода пор при введении пенообразователя ($K_{\text{в.п}} \approx 20$ л/кг); K – коэффициент,

учитывающий эффективность использования пенообразователя, принимается по опытным данным. Допускается для предварительной оценки состава принимать $K = 0,8$.

По экспериментальным данным проведены расчеты составов пенобетона, результаты которых сведены в табл. 2.

Таблица 2. Расчетные соотношения компонентов для практически принимаемых составов неавтоклавных пенобетонов (расход на 1 м³)

Марка пенобетона	Вид пенобетона	Основные компоненты			
		Цемент, Ц, кг	Наполнитель (песок) Н, кг	Вода В, л	Пенообразователь Д, л
D400	Теплоизоляционный	211	158	157	45
D500		263	197	184	41
D600	Конструкционно-теплоизоляционный	316	237	207	38
D700		368	276	226	35
D800		421	316	240	32
D900		474	355	249	29
D1000		526	395	253	27
D1100	Конструкционный	579	434	253	25
D1200		632	474	249	23

Помимо данной методики расчета существует нормативный документ СН 277-80 «Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона». Приведенный в нем расчет состава основан на методе абсолютных объемов, при котором считается, что объем готового ячеистого бетона $V_{\text{я.б}}$ состоит из двух составляющих – объема твердой фазы $V_{\text{т.ф}}$ и объема пор $V_{\text{пор}}$, что не всегда применимо, так как в данном случае подбор состава должен проводиться специализированной лабораторией с экспериментальной корректировкой. Если же сравнивать полученные двумя разными методиками соотношения компонентов в составе пенобетонной смеси, то они практически не отличаются, что говорит о возможности применения на практике обеих методик подбора составов.

Данные расчетов показывают необходимость обязательной корректировки состава в части количества добавок. Отношение В/Т для пенобетонов является дополнительным к В/Ц параметром (а часто и более информативным) и на практике выбирается в некотором интервале значений с учетом структурообразующих факторов и особенностей технологии, поскольку зависимость плотность – В/Т является не единственным структуроувеличивающим соотношением. В частности при $V/T < 0,3$ смесь становится плохоформируемой, при $V/T > 0,8$ снижается однородность смесей (с возможностью расслоения); кроме того, возможен рост диаметра пор, снижение толщины межпоровых перегородок, что влечет за собой сброс прочности. Таким образом, первой корректировкой состава можно считать введение пластификаторов (для систем с низким В/Т), что достаточно часто используется на практике. В общем случае для выбора оптимального В/Т-соотношения, а также установления зависимости $V/T = f(C_{\text{пласт}})$, по данным литературных источников, рекомендованы к использованию методы регрессионного анализа. Второй, и наиболее значимый фактор – содержание пенообразователя в смеси. В общем случае в определенных

интервалах концентраций рост содержания пенообразователя в смеси создает более стабильную пену, но при этом следует учитывать влияние добавок пенообразователей на процессы твердения вяжущего. Согласно проведенным расчетам дозировка добавок в пересчете на концентрат несколько превышает рекомендуемые практические значения, что, вероятно, связано с выбором коэффициента эффективности использования пенообразователя (выражение (6)), который, видимо, должен выбираться с учетом корректировки по экспериментальным параметрам. Кроме того, зависимость плотности пенобетона от количества вводимого пенообразователя не всегда однозначна; в отдельных случаях эксперименты показывают наличие экстремумов и изменение характера зависимостей, что может быть связано с различными эффектами структурообразования, в частности с коагуляцией пор при переходе порога критической концентрации мицеллообразования, при этом соотношение плотность – содержание пенообразователя также дается установленными уравнениями регрессии [4].

Проведенный анализ наглядно демонстрирует необходимость дальнейших исследований как в части оптимизации методов подбора, так и в плане экспериментальной корректировки состава пенобетонов.

Библиографические ссылки

1. Киселев Д. А. Пенобетон для ограждающих конструкций с повышенной стабильностью параметров качества : автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.23.05). – Томский гос. арх.-строит. ун-т. – Томск, 2005. – С. 12–16.
2. Ячеистые бетоны. Пенобетон : справочник / под ред. И. Б. Удачкина. – М. : Стройиздат, 2003. – С. 52–70.
3. Баженов Ю. М. Технология бетона : учеб. пособие для технол. спец. строит. вузов. – 2-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 1987. – С. 278–286.
4. Определение критической концентрации мицеллообразования различных пенообразователей / С. А. Щербин, А. И. Савенков, Е. А. Чиркина [и др.] // Вестник ТГАСУ. – 2007. – № 1. – С. 216–219.