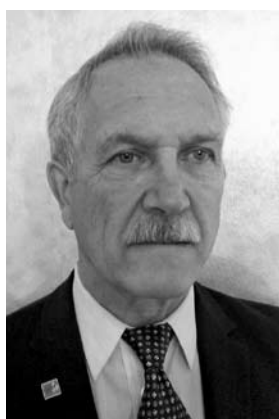


ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРИЗОВАННЫХ БЕТОНОВ

Г.И. ЧЕРНОУСЕНКО, представитель ООО «Композит XXI век» в ЮФО РФ и Украине, гендиректор НПО «Стройтехавтоматика», г. Воронеж, член Академии строительства Украины

В статье автор обобщает широкий перечень технологических решений, наработанных двадцатилетней практикой экспериментального строительства с использованием универсального строительного материала – мелкозернистого поризованного бетона.



Чернушенко Григорий Иванович, имеет более 70 научных трудов, автор оригинальной модели структурообразования мелкозернистых поризованных бетонов, способа и прибора измерения прочности ячеистых бетонов и др.

Практика строительного производства настоятельно требует эффективных технологий с использованием ячеистых бетонов для широкого набора общестроительных и отделочных работ. Причиной тому не только необходимость повышения конкурентных преимуществ отдельных видов работ и готовой строительной продукции, но, главное, факторы снижения общего уровня затрат и, соответственно, повышение рентабельности строительного производства.

В достаточно высокой степени этим технологическим и экономическим требованиям удовлетворяют технологии с использованием мелкозернистых поризованных бетонов (МПБ), разрабатываемые автором с 1994 г. Основой для этих технологий явилось использование специальных поверхностно-активных веществ (ПАВ) модификаций «Морпен», «Пеностром» и «Стройбат», разработанных в Шебекинском НИИ «СинтезПАВ» под руководством ученого-химика И.Н. Жукова. Это комплексные химические добавки, которые обеспечивают при перемешивании не только высокую степень воздухововлечения и структурную устойчивость смеси, но и требуемые пластичность, подвижность, морозостойкость, водоудерживающую способность, пассивирующий эффект к металлической арматуре, высокую адгезию к любой подоснове и др.

В настоящее время такие добавки производятся на отечественном сырье в различных регионах страны (г. Шебекино Белгородской области, г. Курск – серии «Пионер», Подмосковье – серии «ПБ-люкс», г. Волгоград – серии «Макспен» и др.). Эти ПАВ конкурируют с лучшими зарубежными аналогами для производства пенобетонов, но существенно дешевле и доступнее для потребителя.

Следует отметить, что предлагаемые мелкозернистые поризованные бетоны имеют конкурентные отличия от известных пенобетонов, газобетонов, газосиликатных материалов

и других ячеистых бетонов с наполнителями из перлита, пенополистирольных гранул или керамзита. Меньший размер воздушных пор ($d < 1$ мм), высокий уровень водозатворения ($V/C > 1$), применение процессов кавитации и повышенного давления (баротехнология) в высокоскоростных смесителях ($V = 750-1000$ об/мин) позволяют получать смеси в широком диапазоне плотностей ($D = 200-2000$ кг/м³) со специфическими особенностями процессов гидратации на разных стадиях формирования искусственного бетонного камня на различных вяжущих (цемент, гипс, пуццолан, глина). При этом для широкого набора объектов допускается применение исходного сырья с низкими показателями качества (песок с большой долей глины и гумуса, соленая вода, низкомарочный цемент и др.).

Первый экспериментальный объект был построен в 1994 г. под руководством академика РААСН, проф. Е.М. Чернышова в рамках НИОКР Воронежского строительного вуза (ныне – ВГАСУ). Несущие ограждающие и внутренние стены административного здания СМУ-43 г. Воронеж, выполненные монолитным способом поризованной смесью $D = 1000-1200$ кг/м³ продемонстрировали перспективность нового строительного материала. По результатам этой многолетней работы была предпринята попытка разработать первый нормативный документ (ТУ), что давало бы возможность проектировщикам и строителям использовать поризованные бетоны при возведении различных объектов. Но по ряду причин эта внедренческая деятельность притормозилась. И только в 1999 г. продвижение перспективного материала в строительную практику возобновилось по инициативе автора этой статьи. Основу разработок составили результаты опытно-экспериментального строительства объектов различного назначения. К настоящему времени таких объектов насчитывается более 300 в разных регионах страны и в Украине.

Основу любого здания или сооружения составляет фундамент. Выбор того или иного проектно-конструкторского или технологического

решения зависит от большого числа факторов (несущей способности грунтов, природно-климатических условий, назначения объектов и др.). Более предпочтительными и распространенными являются монолитные варианты исполнения. Опыт возведения различных объектов до 6 уровней на фундаментах ленточных, столбчатых, буроналивных с армопоясом или армодиском показал целесообразность применения МПБ в диапазоне плотностей $D=1200-1800 \text{ кг/м}^3$. Такие фундаменты в сочетании с цоколем и отмосткой обеспечивают требования по прочности, морозостойкости, коррозионной и влагостойкости даже без дополнительных работ по гидроизоляции.

Жилые дома с эксплуатируемыми цокольными и подвальными помещениями, исполненные монолитным способом из поризованных мелкозернистых смесей, демонстрируют наиболее стабильный температурно-влажностный режим при всех сезонных изменениях. Конечно, этому способствует тепловая инерция прилегающего грунта, но главный эффект дают их свойства: влагостойкость и высокое сопротивление теплопередаче в сравнении с традиционными материалами, используемыми для таких работ.

Интересными являются результаты заливки и эксплуатации емкостей (чаши) для бассейнов, ям-отстойников, элементов береговых укреплений и т.п. В отличие от классических бетонов, применяемых для таких сооружений, наши смеси продемонстрировали способность не расслаиваться при прохождении через толщу воды при одном лишь условии – когда плотность смеси выше плотности воды. А если к тому же смесь затворена морской водой, то коррозионная агрессивность соленой воды к береговым и подводным сооружениям минимизируется по определению.

Технологические и экономические преимущества использования МПБ доказывает опыт заливки подпорных стен на склонах. Положительным является результат послойной заливки подпорной стены высотой $h=2 \text{ м}$, длиной $L=17,5 \text{ м}$, толщиной $b=0,3 \text{ м}$ в декабре 2012 г. при температурах до -20°C без использования противоморозных добавок (на замерзание), подтверждающий много лет используемый автором процесс криотехнологии поризованных бетонов.

Возведение надземной части зданий и сооружений любого назначения (дома, склады, гаражи, социальные объекты, административные здания и др.) наиболее эффективно проводить монолитным способом с использованием нашего универсального строительного материала. Нарботаны варианты с применением сборно-разборной и несъемной опалубки. В качестве материала для устройства несъемной опалубки наши бригады используют не только традиционный кирпич, пазогребневые пеногипсовые панели и поризованные стеновые блоки $D=700-1000 \text{ кг/м}^3$, но и ЦСП, СМЛ, а также цементно-стружечные стеновые блоки. От всех видов стеновых материалов с утеплением на основе химических пенных заполнителей мы категорически отказались.

Наиболее низкий уровень затрат на возведение несущих ограждающих и перегородочных стен толщиной



Фото 1. Бурозаливной монолитный фундамент с армодиском и отмосткой



Фото 2. Заливка несущих стен поробетоном $D=900 \text{ кг/м}^3$

$d=0,3-0,6 \text{ м}$ обеспечивается при использовании мелкощитовой сборно-разборной металлической опалубки системы «Монопор». При возведении зданий выше 3-х уровней себестоимость 1 м^2 полезной площади снижалась до себестоимости несущих стен, которая составляла около $\$100$ за 1 м^3 . При аккуратной работе бригад по установке-разборке опалубки, чистке и смазке щитов можно достичь такого качества внутренних и внешних поверхностей стен, которое не требует выравнивающего оштукатуривания.

Следует особо отметить авторское решение такого вида работ, как устройство дымоходов, а также каналов приточно-вытяжной вентиляции и каналов для прокладки кабелей. При послойной заливке каркаса здания легко установить в нужном месте пластиковые трубы необходимого сечения, чтобы отливать такие каналы по принципу переставной опалубки. Простота исполнения, экономичность и высокие эксплуатационные характеристики таких каналов проверены временем.



Варьируя толщину стен и плотность заливаемых смесей $D=800-1200 \text{ кг/м}^3$, можно обеспечить требуемое сопротивление теплопотерям для ограждающих элементов в любом природно-климатическом регионе. При этом возможно минимизировать расход арматуры даже для сейсмоопасных регионов. Однородность и изотропность массива таких стен оптимально обеспечивают полный набор эксплуатационных параметров зданий и сооружений (несущая способность, теплозащита, долговечность и т.п.).

Очень эффективными при капитальном ремонте аварийных объектов оказались работы по укреплению и гидроизоляции фундаментов, а также по утеплению и упрочнению наружных стен, выполненные методом приливки к ним на требуемую толщину мелкозернистых поризованных бетонов расчетной пониженной плотности.

Целесообразно также для устройства межкомнатных перегородок отливать непосредственно на стройплощадке необходимое количество стеновых блоков нужной толщины и плотности из нашего ячеистого бетона на различных вяжущих (гипс, цемент). Для этого необходимо небольшое количество специальных форм. Отсутствие дополнительных транспортных издержек и заполнение технологических простоев в бригаде дают высокий экономический эффект на данном виде общестроительных работ.

Перейдем к рассмотрению важнейшего вида работ – устройство перекрытий. Автор настоятельно рекомендует внимательно изучить опыт монолитной заливки одно-, двух- и трехслойных перекрытий с использованием МПБ различной плотности. Наиболее интересным является трехслойный вариант: первый нижний слой (несущий, формирующий потолок нижнего уровня) толщиной $d_1=7-8 \text{ см}$ заливают плотностью $D_1=1500-1800 \text{ кг/м}^3$. Второй средний слой (нейтральный к деформирующим нагрузкам) $d_2=6-7 \text{ см}$ заливают плотностью $D_2=500-700 \text{ кг/м}^3$. Третий верхний слой, стяжку, основу под полы, $d_3=6-7 \text{ см}$, заливают плотностью $D_3=1100 \text{ кг/м}^3$. Эффект среднего слоя не только в облегчении конструкции, но и в улучшении звуко- и теплоизолирующих характеристик перекрытия. Расчет расхода арматуры на объемный армонесущий каркас может быть как традиционным, какой рекомендуется при

использовании высокомарочных бетонов, так и минимизированным, что автор неоднократно осуществлял даже при строительстве жилых домов в сейсмоопасных регионах (Крым, Северный Кавказ). Сочетание эффекта двукратного облегчения конструкции с эффектом преднапряжения объемного арматурного каркаса в форме свода позволило снизить расход арматуры в 2-3 раза для пролетов $L=6-8 \text{ м}$. Годы эксплуатации построенных объектов подтверждают возможность использования этих авторских решений.

Имеется положительный опыт монолитного устройства перекрытий поризованными бетонами с использованием различных вариантов несъемной опалубки. Функции несущих элементов в таких перекрытиях может нести швеллер, двутавровая балка и даже деревянный брус достаточного сечения. Дополняют работу этих элементов сетка и арматурные ребра жесткости. Такие решения автор применял не только в новом строительстве (пример – 6-уровневый жилой дом экс-мэра г. Воронежа Б.М. Скрынникова), но и при реконструкции памятников архитектуры (жилой дом по ул. Карла Маркса, 72, г. Воронеж, а также объекты в г. С.-Петербурге и г. Севастополе).

Использование МПБ позволило выполнить пожелание проектировщиков, чтобы монолитное железобетонное перекрытие было не тяжелее деревянного, т.е. имело



плотность около 800 кг/м³. При монолитном исполнении перекрытия легко и просто производить работы по устройству на этих уровнях балконов, площадок, террас и других элементов строительных конструкций.

Хочется отметить опыт заливки несущих колонн поризованным бетоном плотностью $D=1400-1800$ кг/м³. При заливке колонн сразу на всю высоту $h=3$ м осадка смеси не превышала 10 см. Как элементы по передаче сосредоточенных нагрузок такие колонны, во-первых, не перегружают дополнительно грунты своим весом, к тому же эффективнее рассеивают возникающие нагрузки в сравнении с тяжелым бетоном, а также обладают повышенной морозостойкостью $F>300$ и ярко выраженным пассивирующим действием на металлическую арматуру.

Теперь хочется изложить опыт исполнения монолитной железобетонной крыши плотностью $D=700-800$ кг/м³ (не тяжелее деревянной). Впервые это решение было реализовано при строительстве жилого дома в 2009 г. в г. Севастополе, ул. Молодых Строителей, 1. Двухскатная монолитная конструкция была запроектирована в форме трапеции, что оптимально не только из условий сейсмичности в данном регионе. Эта конструкция реализована на объемном арматурном каркасе и залита ячеистым бетоном $D=600$ кг/м³ толщиной $b=0,3$ м. Дополнено это решение обрешеткой под кровельный материал таким образом, чтобы получился воздушный зазор для обеспечения эффекта «холодной кровли». Годы эксплуатации этого мансардного этажа подтвердили эффективность предложенного автором решения. Главный экономический эффект при этом состоит в получении 100% полезной площади под монолитной легкой и теплой крышей.

Односкатные трехслойные и двухслойные плоские крыши с водостоками, залитые с использованием МПБ, также проверены годами эксплуатации в различных природно-климатических регионах.

Таким образом, мы перечислили все основные конструктивные элементы зданий и сооружений и практически все виды общестроительных работ, где возможно и целесообразно применять изложенные проектно-конструкторские и технологические решения на основе использования мелкозернистых поризованных бетонов различной плотности.

Следует добавить к этому опыт использования МПБ, базовый рецепт которого модифицируется небольшим количеством ПВА или латекса в качестве штукатурного раствора на цементном вяжущем. В 2008 г. наиболее эффективно такие смеси плотностью $D=1200-1400$ кг/м³ были применены при оштукатуривании двухуровневого подземного паркинга в зимних неотопляемых условиях при строительстве бизнес-центра на ул. Комиссаржевской в г. Воронеже, а также при оштукатуривании внутренних помещений и наружных стен 9-этажного жилого дома в г. Геленджике.

Из МПБ можно отливать не только стеновые материалы, но и железобетонные кольца для сетей и канализации, которые могут быть легче воды, легкие железобетонные



Фото 8. Конечный результат!

панели для «еврозаборов», морозостойкую тротуарную плитку и поребрик, теплоизолирующие перемычки и многое другое из набора штучных строительных материалов и конструкций. В г. Воронеже из поризованных пескоцементных смесей отлиты различные скульптуры, в т.ч. лягушка, которая плавает в бассейне и не разрушается зимой в замерзшей воде. В г. Севастополе в детском экопарке «Лукоморье» удалось отлить скульптуру вздыбленной лошади, которая не пустотелая, легкая и прочная.

При этом важно отметить, что высокая подвижность поризованной смеси обеспечивает ее транспортировку от наших смесителей по шлангу к месту использования на удаление 200 м по горизонту и на высоту до 20 м без дополнительных бетоно-, растворонасосов. Возможность возводить объекты без использования кранов и других подъемных механизмов обеспечивает существенную экономию по статье затрат на машины и механизмы.

Как видно из изложенного, автор предлагает интересные технологии применения нового строительного материала – мелкозернистого поризованного бетона, который явно претендует на «звание» универсального и способен конкурировать практически со всеми бетонами как искусственного, так и природного происхождения, традиционно используемыми в строительной практике.

Библиографический список

1. Черноусенко Г.И. Эффективность опытно-экспериментального строительства с применением инновационных технологий // Научный вестник. Серия «Экономика, организация и управление строительством», вып. 3. – Воронеж, 2005, с. 120-124.
2. Черноусенко Г.И. Особенности твердения поризованного мелкозернистого бетона при отрицательных температурах. Новые исследования в материаловедении и экологии // Сборник научных статей, вып. 5. – СПб, 2005, с. 84-87.
3. Черноусенко Г.И. Криотехнологии поризованных мелкозернистых бетонов // Популярное бетоноведение, 2007, № 2, с. 65-67.
4. Перцев В.Т., Черноусенко Г.И. Особенности рецептуры поризованных бетонов // Технологии бетонов, 2009, № 4, с. 74-75.
5. Черноусенко Г.И. Принципы конструирования, изготовления и эксплуатации смесителей для производства поризованных бетонов // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Всеукраїнський збірник наукових праць, вип. 83. – Київ, 2014, с. 55-60.