



УДК.666.97

Д.А. Немчин, ведущий специалист, научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт инновационных технологий в энергетике и энергосбережения

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА

Актуальность проблемы. Бурно развивающиеся строительные отрасли с принципиально новыми конструктивно-технологическими решениями требуют сверхпрочные, сверхлегкие, сверхнадежные и, естественно, сверхдешевые материалы, которыми и являются неавтоклавные пенобетоны.

Неавтоклавный пенобетон активно внедряется как конструкционно-теплоизоляционный и теплоизоляционный материал, имеющий ряд достоинств. За счет простой технологии его производство осуществляется как в стационарных условиях, так и на мобильных мини-заводах. Но при видимой простоте технологии процесс формирования макроструктуры ячеистого бетона трудно поддается управлению и регулированию. Это связано с необходимостью контролирования большого числа технологических параметров: качества и количества сырьевых компонентов, водотвердого отношения, температуры и рН среды, изменяющихся в процессе изготовления и твердения изделий. Поэтому реальные условия структурообразования пенобетонов часто отклоняются от оптимальных, что приводит к возникновению дефектов в структуре.

Анализ литературы в исследуемой области. Технологию изготовления пенобетона можно отнести к тонким критическим технологиям, закономерности которых резко отличаются от закономерностей технологии тяжелых бетонов. Кроме физико-химических характеристик исходных материалов в частности качества пенообразователя и стабилизатора пен на устойчивость механических характеристик пенобетона определяющее влияние оказывает способ и аппаратное оформление получения пены, способ и аппаратное оформление приготовления пенобетонной смеси, так как при смешивании с твердыми компонентами пена часто разрушается до момента схватывания вяжущего, пеноцементная масса дает усадку, по высоте свежее-уложенного массива образуются сплошные каналы слияния пузырьков. В результате нарушается структура пенобетона, возрастает плотность и неравномерность теплофизических свойств по высоте изделия.

Прочностные характеристики пенобетона зависят в оптимальном интервале вода/цемент [1,2] от

- сферической формы пор, что значительно снижает концентрацию напряжений от внешней нагрузки вокруг пор;
- равномерности распределения пор по объему, что повышает модуль упругости, морозостойкость и снижает теплопроводность пенобетонов;
- отсутствия облачной концентрации, а также соединения пор в виде направленных капилляров, являющихся основным фактором просадки изделий из пенобетона;
- устойчивости объема пенобетонной смеси до начала схватывания.

Анализ аппаратного оформления процесса приготовления пенобетона показывает, что в обычных среднеходных смесителях часто образуются сгустки уплотнения ЦВС при повышении активности пены или при заминке с вводом ЦВС или пены, что приводит к частой очистке смесителя от наростов, понижает качество пенобетонной смеси и производительность смесителя.

В работе [3] показаны преимущества вибрационного воздействия в период приготовления пеномассы на физико-технические свойства пенобетона, а именно:

совместный мокрый вибропомол исходных компонентов пенобетонной смеси в присутствии поверхностно-активных веществ, например, пенообразователя позволяет улучшить процесс диспергирования, а также обеспечить условие для вовлечения в массу воздуха, т.е. вспенивания ее, и получения пенобетона в одном аппарате. По результатам исследования макроструктуры вибропенобетона было установлено, что средне-квадратичное отклонение для образцов пенобетона в 7-8 раз, а средний радиус пор в 3-4 раза меньше, чем у стандартного пенобетона при одном и том же объемном весе.

В последние годы при производстве пенобетона все чаще применяются комбинированные схемы с использованием кавитационных аппаратов для приготовления активированной водоцементной смеси [4] с регулируемым эжектированием воздуха для снижения плотности ЦВС на 10-20 %, одновременно снижается и адгезия ЦВС к металлу обоих смесителей, при этом устраняется органика пены из первоначального акта взаимодействия цемента с водой, что обеспечивает более стабильную и менее склонную к фазовым переходам субмикроструктуру гидратных новообразований, особенно при высыхании, характерном для пенобетона [5].

Обоснование физической модели. Физическая модель гидродинамического кавитационного воздействия для активации ВЦС состоит в следующем:

За лопастями динамического или статического суперкавитирующего смесителя образуются суперкаверны оптимальных размеров, задаваемых скоростью (более 8 м/с) и давлением жидкости перед кавитатором или скоростью вращения крыльчатки (более 1500 об/мин), пульсирующая хвостовая часть которых генерирует поле кавитационных пузырьков заданных размеров. Кавитационные пузырьки схлопываются с образованием кумулятивных струек (со скоростью до 1000 м/с), которые проникая в жидкость и твердые частицы диспергирует их, создает микровихри большой интенсивности, что ускоряет тепломассообменные процессы и скорость химических реакций.

Разработка схемы на основе использования резонансных явлений. Существующая технологическая схема (рис. 1) получения пенобетона предполагает наличие рабочего элемента среднеоборотного смесителя, который подвергается агрессивному воздействию ВЦС, налипанию цемента, необходимости чистки рабочих элементов.

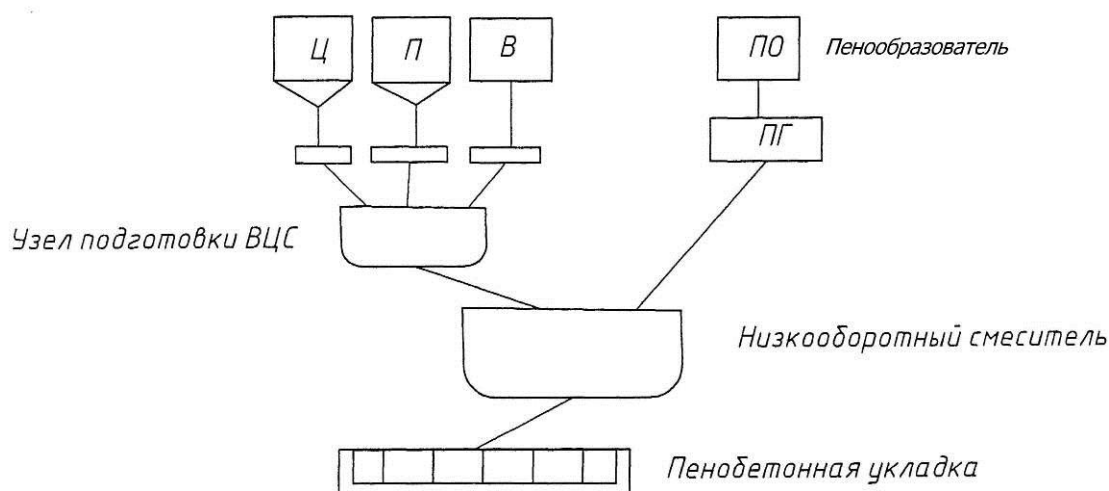
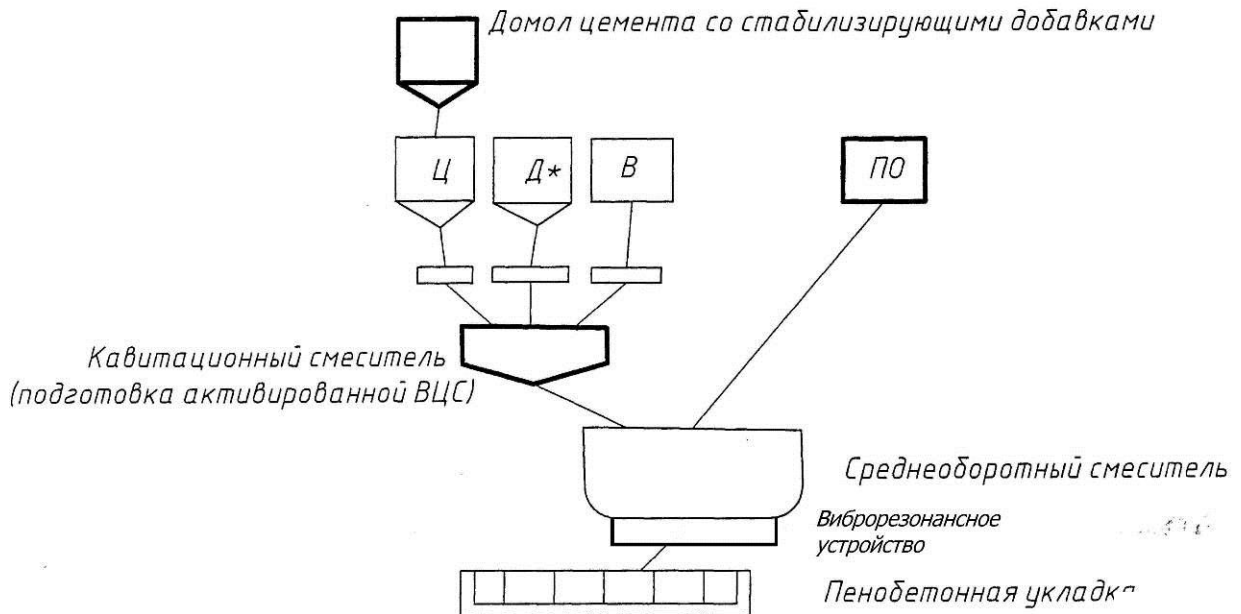


Рис. 1. Типовая технологическая схема производства пенобетона.

При внешнем вводе энергии в обрабатываемую многофазную систему появляется возможность отчистки этих элементов и исключения контактирующих с агрессивной средой рабочих элементов. А также появляется возможность прямого изготовления изделий необходимой формы из пенобетона. Поэтому для получения легких $D < 400 \text{ кг/м}^3$ и прочных



пенобетонів $R_{сж} > 75$ МПа нами пропонується змінити типову технологічну схему виробництва неавтоклавного пенобетона наступним чином (рис. 2):



* розробтані добавки:

- структуруюча (в цемент, при домолі)
- пластифікуюча (в ВЦС, для зниження В/Т відношення)
- противоусадочна (в ВЦС)
- структуруюча (в ВЦС, для виключення усадки і тріщинатості)

Рис.2. Пропонується технологічна схема виробництва легкого пенобетона з підвищеною міцністю.

1. Замість звичайного бетонозмішувача встановлюється кавітаційний змішувач. При цьому виключається використання піску, а додається невелике кількість добавок:

- структуруюча;
- пластифікуюча;
- противоусадочна;

2. Среднеоборотний змішувач доповнюється віброелектродинамічним пристроєм, який монтується в дніщі цього змішувача і дозволяє піддавати пенобетонну суміш віброрезонансній обробці в оптимальному діапазоні частот і віброускорень.

Проведені дослідження по вивченню динамічного поведіння багатофазних серед в порожнинах твердих і еластичних тіл, підданих впливу вібрації, дозволило виявити в умовах резонансу ряд характерних режимів їх руху, забезпечуючих дискретно-імпульсний ввід енергії во всьому об'ємі оброблюваної серед [6,7,8].

Як показали дослідження, наявність газової порожнини (ряда газових бульбашок) в коливаючійся рідині при впливі вібрації призводить до утворення коливаючоїся системи рідина – газ.

При збудженні режиму резонансних коливань, що має місце при збіганні частот зовнішнього збудження з резонансною частотою системи, відбувається утворення двох великих локальних скоплень газових бульбашок в області дніща і кришки оболонки, які здійснюють інтенсивні пульсації по об'єму і осциляції по трьох

взаимно перпендикулярным осям. Образование таких локальных скоплений и их сложный режим движения в жидкости обуславливает возникновение:

- мощных макротурбулентных потоков ВЦС и пены во всем объеме резервуара, которые обеспечивают полное интенсивное перемешивание смеси;
- микроструйного течения жидкости за счет интенсивных пульсаций и осцилляций газовых пузырьков в локальных скоплениях;
- кавитационных пузырьков, образующихся за счет резкого изменения гидродинамического давления, которое в отрицательный полупериод понижается ниже уровня давления насыщенных паров.

Наличие макро– и микропотоков в смеси приводит к интенсификации процессов перемешивания, кумулятивные струйки при схлопывании кавитационных пузырьков и микровихри приводят к дополнительному дроблению частиц цемента, ускорению химических реакций, активации ВЦС.

Для проверки предполагаемой технологии были проведены предварительные установочные лабораторные испытания возможности получения пенобетона в режиме виброрезонанса.

В качестве источника внешнего вибровоздействия использовался электродинамический вибростенд типа ВЭДС – 100А с диапазоном частот 5-5000 Гц с виброускорением 0 – 20 g.

В результате проведенных лабораторных экспериментов было получено три образца пенобетона удовлетворительного качества, характеристики которого по плотности и прочности приведены в таблице.

Свойства теплоизоляционного пенобетона в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях

Марка по плотности пенобетона	Средняя плотность образца пенобетона Кг/м ³	Прочность на сжатие М/Па
D 400	396	0,76
D 400	385	0,79
D 400	380	0,78

Новый тип вводимых в цемент структурирующих добавок [9,10] (“структураторов” – 0,5 ÷ 0,3% массы), упрочняющие межпоровые перемычки из цементного камня в пенобетоне в сочетании с новым способом приготовления пенобетонных смесей (кавитационная активация и виброрезонансные режимы) позволяют получить легкие пенобетоны D 400, а в перспективе D 150-200 с достаточно высокой прочностью от 0,8 до 4 МПа.

Лабораторные исследования, направленные на создание кавитационновиброрезонансных аппаратов с целью интенсификации процесса получения пенобетонов, снижения энергозатрат на единицу продукции, улучшения физико-механических характеристик пенобетонов показали возможность создания принципиально нового подхода к технологии и аппаратурному оформлению процесса получения пенобетона.

Выводы.

1. Существующие технологии и оборудование не в полной мере удовлетворяют современным требованиям производства пенобетона.
2. Предложена новая технологическая схема на основе использования кавитационновиброрезонансных аппаратов.



3. Проведенные исследования предполагают повысить эффективность процесса получения неавтоклавного пенобетона.

Литература

1. *Бахтияров К.И.* Исследование влияния качества пористой структуры и межпустотного материала на физико-механические свойства ячеистых бетонов. Автореф. дисс. канд. техн. наук. М.: 1966. – 14 с.
2. *Баранов А.Т.* Основы формирования структуры ячеистых бетонов автоклавного твердения. Автореф. дисс. канд. техн. наук. М.: 1981. – 17 с.
3. *Седунов Б.У.* Исследование влияния вибрационного воздействия в период приготовления пеномассы на физико-технические свойства пенобетона. Автореф. дисс. канд. техн. наук. М.: 1969. – 12 с.
4. *Лопес С.Х.* Исследование теплового и кавитационного воздействия и разработка аппаратов для интенсификации процессов приготовления строительных полуфабрикатов и изделий. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Киев: 1981. – 21 с.
5. *Малинин Ю.С.* Исследование состава и свойств основного клинкерного минерала алита и его роли в портландцементе. Автореф. дисс. докт. техн. наук. М.: 1969. – 28 с.
6. *Ганиев Р.Ф., Лакиза В.Д.* О нелинейном резонансном эффекте вибрационного перемешивания в гравитационном поле сил // Докл. АН УССР. Сер. А. - 1973. - №5. – с. 432-436.
7. *Ганиев Р.Ф. и др.* Колебательные явления в многофазных средах и их использование в технологии. Киев: Техника, 1980. – 142 с.
8. *Ружинский С., Портник А., Савинюк А.* Все о пенобетоне. Изд. 2-ое СПб.: ООО “Стройбетон”, 2006. – 627 с.
9. *Ухова Т.А.* Новые виды ячеистых бетонов. Технология. Применение. 1-я Всероссийская конференция по проблемам бетона и пенобетона. М.: “Тотика”, 2001г. 3кн. – 1386с.
10. *Джантимиров Х.А., Юдович Б.Э., Зубехин С.А.* Совершенствование геотехнических цементационных материалов на основе гидравлических вяжущих. 2-я Всероссийская (Международная) конференция “бетону и железобетон” “Пути развития” “Дипак” 2005, – 504с.