

УДК 699.8

БЕТОНИРОВАНИЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Бутрим С.Ю., студент гр. СПб-131, III курс
Научный руководитель: Гилязидинова Н.В., к.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.
Горбачева.
г. Кемерово

Целью исследования является методы бетонирования высотных зданий, способы подачи бетонной смеси, используемые машины и механизмы при выполнении бетонных работ.

Выбранная тема является одной из наиболее актуальных, так как в настоящее время мегаполисам свойственны дефицит свободных площадей и растущая потребность в жилых и коммерческих помещениях. Что обуславливает появление принципиально новых градостроительных концепций в качестве высотного строительства.

Многолетний международный опыт застройки современного города свидетельствует, что учитывая стоимость земельного участка наиболее выгодными, с экономической точки зрения, являются здания высотой от 20 до 50 этажей. Все, что выше, строится из соображений престижности, архитектурно-градостроительной значимости или нехватки свободных городских территорий. Сегодня основным материалом для возведения каркаса высотных зданий является монолитный железобетон. К примеру, на основе железобетонного каркаса созданы сотни известных небоскребов, в том числе и мировых рекорсменов - башня "Бурж Дубай" (высотой 818 м) и высотки нефтяного концерна Петронас в Малайзии (высотой 432 м). Стоит заметить, что в год производится более 1,5 млрд м³ бетона, используемого для возведения различных монолитных конструкций зданий и сооружений, а на изготовление этих конструкций расходуется более половины производства цемента во всем мире.

Развитие высотного строительства потребовало новых составов бетонов и инновационных технологий приготовления бетонных смесей. А также возникла проблема создания новых способов подачи бетонной смеси и

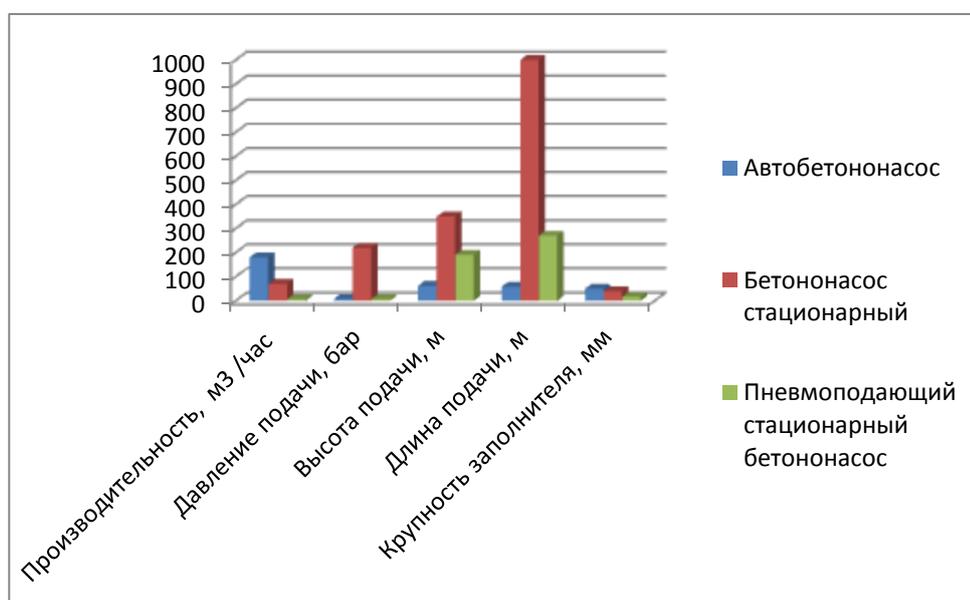
проблема перекачиваемости и сохраняемости бетонных смесей при подаче их на отметки выше 200 м. Характеристики механизмов для подачи бетонной смеси приведены в таблице и на гистограмме.

Строительство современных высотных зданий связано с применением мощных бетононасосных установок (автобетононасосов и стационарных бетононасосов). Автобетононасосы с распределительной стрелой в основном подают бетонную смесь при возведении подземной части и первых этажей сооружений. Стационарный бетононасос с переналаживаемым бетоноводом обеспечивает бесперебойную подачу бетонной смеси на всю высоту здания. Распределение и подачу смеси в конструкции выполняют гидравлической распределительной стрелой, монтируемой на технологической захватке на ранее возведенных монолитных конструкциях. Башенным кранам отводится роль вспомогательного средства подачи бетонной смеси в бадьях на высоту.

Таблица характеристик механизмов подачи бетонной смеси.

Механизмы подачи	Производительность, м ³ /час	Давление подачи, бар	Высота подачи, м	Длина подачи, м	Крупность заполнителя, мм
Автобетононасос	180	7,5	62	58	50
Бетононасос стационарный	70	220	350	1000	40
Пневмоподающий стационарный бетононасос	6	6,5	190	270	16

Гистограмма сравнения характеристик механизмов подачи бетонной смеси.



Важным требованием является непрерывное производство бетона в больших количествах и подача его на большие расстояния как по горизонтали, так и по вертикали без изменения реологических свойств. Все технологические переделы, начиная от приготовления бетонной смеси и до ее укладки, подлежат тщательному контролю. Применяют в основном две технологические схемы доставки бетонной смеси:

- в автобетоносмесителях от централизованного бетонного узла.
- с автоматизированного бетонного узла, обеспечивающего приготовление модифицированных смесей прямо на объекте.

Второй вариант предпочтительней, поскольку позволяет оперативно управлять процессом корректировки состава бетонной смеси и сводит к минимуму изменение ее реологических свойств во времени – от начала приготовления до укладки в опалубку.

Режим твердения бетона назначают в зависимости от конкретных условий производства работ, особенностей возводимых конструкций, требуемой распалубочной прочности, темпов возведения и т.д.

Разнообразие применяемых составов бетонов при возведении высотных зданий определяется не только функциональным назначением, но и технологией производства работ по укладке бетонной смеси. При возведении высотных зданий в рамках строительства одного объекта, как правило, необходимы бетоны с различными свойствами. Например, в проекте Лахта-Центра используется бетон классов от В20 до В80, а всего в конструкциях комплекса применяется более 10 составов бетонных смесей. При таком разнообразии применяемых составов и технологий производства работ только применение модификаторов различного назначения позволяет в широких пределах изменять строительно-технологические свойства бетонных смесей. Например, благодаря высокой подвижности бетонной смеси за счет использования гиперпластификаторов и добавок, способствующих ламинарному течению бетонной смеси, при низком значении водоцементного отношения смесь легко подается к месту укладки в опалубку с помощью бетононасосов. Применение гиперпластификаторов позволяет также полностью отказаться от использования вибро-уплотнения и применять технологию самоуплотняющихся бетонов. Для снижения расслаиваемости бетонной смеси в состав модификаторов включают стабилизирующие добавки. При использовании в составе модификаторов добавок регуляторов сроков схватывания и твердения удастся добиться непрерывной подачи бетонной смеси при ярусном бетонировании. Это позволяет практически в 2 раза сократить сроки возведения высотных зданий с железобетонными несущими конструкциями.

Особое внимание уделяется применению активных минеральных добавок, требования к которым в развитых странах в обязательном порядке регламентированы национальными стандартами (табл. 1.). В сочетании с правильно подобранным комплексом модификаторов (суперпластификаторы и ускорители твердения и т. д.) применение активных минеральных добавок обеспечивает снижение водоцементного отношения до 0,3 при высокой подвижности бетонной смеси и хорошей ранней прочности (до 50% от проектной).

Одним из важнейших принципов проектирования составов высокопрочных бетонов является обеспечение максимальной упаковки заполнителей. Гранулометрический состав и форма крупного, мелкого и высокодисперсного заполнителей должны быть подобраны таким образом, чтобы сформировать малодефектную структуру затвердевшего бетона, при этом выбор заполнителей в соответствии с оптимальной гранулометрической кривой положительно сказывается на подвижности и перекачиваемости бетонной смеси.

Следует отметить, что при использовании высокодисперсных заполнителей в составах высокопрочных бетонов, наряду с формированием плотной структуры и повышением прочностных характеристик, наблюдается склонность к хрупкому разрушению при огневом воздействии. Учитывая жесткие требования к огнестойкости конструкций высотных зданий, в составы бетонов рекомендуется вводить армирующие полипропиленовые волокна. Волокна предохраняют плотную структуру высокопрочных бетонов от разрушений под действием внутренних напряжений и паров воды во время пожара. Дисперсное армирование также способствует увеличению прочности на растяжение при изгибе, стойкости к трещинообразованию и ударной прочности.

Российский опыт практического применения высокопрочных бетонов для высотного строительства, несмотря на хорошую теоретическую базу в области бетоноведения для высотного строительства, достаточно ограничен. Это обусловлено не только начальным этапом развития высотного строительства, но и отсутствием широкого внедрения в строительное производство модифицированных бетонов. Для сравнения: в европейских государствах объем применения модифицированных бетонов достигает более 95% , а в России не превышает 25%. В развитых странах применению высокопрочных бетонов придают особое значение, несмотря на то, что в общем объеме производства товарного бетона доля высокопрочных бетонов составляет чуть более 1%.

Наиболее ярким примером бетонирования высотных зданий является строительство небоскреба «Бурдж Халифа». Для высотного строительства компания BASF специально разработала особый бетонный раствор. Раствор замешивался только ночью и к воде всегда добавлялись куски льда, который монолитно закачивался на высоту более 600 м без разделения. Благодаря

присадке Glenium Sky 504 от BASF бетон обрабатывался 4 часа до затвердения. Такая система подачи значительно ускорила процессы строительства и прочность железобетонных конструкций. В ноябре 2007го года на стройплощадке был побит очередной рекорд. Несущая стена была сформирована из раствора, который подавался с нулевой отметки на высоту в 601 метр. Этим команда строителей побила предыдущий рекорд подачи на 470м для строительства небоскреба Тайбэй и общий рекорд вертикальной подачи на 532м во время расширения гидроэлектростанции в Рива Дель Гарда в 1994м году Давление бетона при закачке достигало 200 бар. Когда рекорд был зафиксирован, высота закачки составляла 601 метр, однако уже позже возникла потребность подать раствор еще выше на высоту 606 метров и система подачи была увеличена еще на 5 метров. Возможность подать раствор на такую заоблачную высоту была обеспечена насосной установкой Putzmeister 14000 SHP D. От загрузки бетона в смеситель до укладки проходило в среднем 40 минут. Постоянный объем раствора в линии подачи 11 кубометров, учитывая высоту подачи, это означало постоянная нагрузка в 26 тонн при каждом срабатывании поршня насоса, что сравнимо с 5ю слонами. Каждые 32 месяца три насоса высокого давления доставляли 165 тысяч кубометров высокопрочного монолитного бетонного состава. Если использовать другие единицы измерения, то это равноценно 66ти олимпийским бассейнам.

В результате исследования методов бетонирования высотных зданий было выяснено, что на данный момент для подачи бетонной смеси наиболее актуальным является использование стационарных бетононасосов, которые обладают наиболее высокими характеристиками среди используемых механизмов. Так же было выяснено, что для бетонной смеси, используемой в высотном строительстве, чрезвычайно важным является грамотный подбор заполнителя, и применение гиперпластификаторов тем самым достигается легкость укладки бетонной смеси при использовании бетононасосов.

Список литературы:

1. Н.И.Доркин, С.В.Зубанов. Технология возведения высотных монолитных железобетонных зданий.
2. Ю.А.Вильман. Технология строительных процессов и возведение зданий.
3. Технический каталог «Добавки в бетон» The Chemical company BASF.