

УДК 624.012.35:69.032.22

*Л.М. КОЛЧЕДАНЦЕВ, д-р техн. наук, И.Г. ОСИПЕНКОВА, инженер (igos2@yandex.ru),
Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет*

Особенности организационно-технологических решений при возведении высотных зданий

Обоснована целесообразность размещения мобильного бетоносмесительного узла на строительной площадке. Приведены направления увеличения темпов строительства. Изложена суть новой технологии замоноличивания стыков в сборно-монолитном строительстве с применением разогретых смесей. Акцентируется внимание на необходимости соблюдения принципа комплексности проектирования, проведения НИР и ОКР и научно-технического сопровождения.

Ключевые слова: высотное строительство, организационно-технологические решения, мобильный бетоносмесительный узел на стройплощадке, метод термоса, сборно-монолитный каркас, замоноличивание стыков.

При проектировании и строительстве высотных зданий используется соответствующий опыт возведения зданий повышенной этажности (25–30 этажей). Кроме того, необходимо учитывать конструктивные особенности высотных зданий, которые оказывают существенное влияние на технологические и организационные решения высотного строительства [1]. Важнейшей особенностью высотного строительства является сосредоточенность больших объемов монолитного бетона в пятне застройки. Если в зданиях в 25–30 этажей на 1 м² пятна застройки приходится 9–11 м³ железобетона, то в высотных зданиях повышенной этажности в 100–200 этажей этот показатель возрастает до 50–60 м³/м² (с учетом устройства фундаментов [2]).

Из этого следует, что в проектах организации строительства (ПОС), являющихся составной частью проектной документации, следует предусматривать устройство мобильного бетоносмесительного узла (мобильного завода) на территории стройплощадки. Это организационное решение позволит обеспечить возможность реализации эффективных организационно-технологических решений.

Возможна бесперебойная поставка товарного бетона на возводимый объект, так как транспортирование бетонной смеси от места ее приготовления до объекта не зависит, например, от пробок городского уличного движения.

Возможна бесперегрузочная подача бетонной смеси при бетонировании конструкций по схеме «кран–бадья». В этом случае бетонная смесь из бетоносмесителя выдаетеся в бункеры, установленные в кузове бортового автомобиля, который доставляет их в зону действия монтажного крана. С помощью крана смесь подается на рабочий горизонт и укладывается в опалубку. Кроме повышения производительности труда сокращается себестоимость бетонных работ, так как стоимость машино-смены автобетоносмесителя в 2,5–3 раза больше стоимости машино-смены бортового автомобиля. Такая схема организации бетонных работ целесообразна при бетонировании несущих конструкций (колонн, ригелей, плит перекрытий и т. д.)

нижних этажей высотного здания, например с первого по двадцатый. В каждом конкретном случае требуется обоснование рациональной области этой схемы производства бетонных работ.

Возможна организация внутривозвращаемого транспорта бетонной смеси от места ее приготовления к месту укладки с помощью стационарного бетононасоса. Такая схема производства бетонных работ может быть целесообразна как при устройстве монолитных фундаментов высотных зданий, так и при возведении каркаса высотного здания.

Глубина заложения фундаментов составляет от 3–4 до 8–10 м. Причем основной объем бетона располагается ниже уровня дневной поверхности. В этом случае бетоновод от бетононасоса, расположенного в зоне бетоносмесительного узла, собирается из стальных звеньев бетоновода, а подача бетонной смеси в блоки бетонирования фундамента осуществляется по гибкому бетоноводу.

При бетонировании высотной части здания система подачи бетонной смеси состоит из трех участков: горизонтальный, от бетоно-смесительного узла до места расположения вертикального бетоновода; вертикальный бетоновод; распределительная стрела. В зависимости от технических характеристик используемого бетононасосного оборудования в местах сопряжения указанных участков, а также по их длине и (или) высоте устанавливаются промежуточные пункты перекачки бетонной смеси.

В отличие от линейно-протяженных объектов, при возведении которых имеются благоприятные условия для одновременного выполнения арматурных, опалубочных и бетонных работ на разных захватках в пределах этажа, в высотном строительстве при меньших размерах этажа в плане вопросы ускорения набора распалубочной прочности бетона являются актуальными. Расположение бетоносмесительного узла вблизи высотного здания на территории строительной площадки создает благоприятные предпосылки для интенсификации бетонных работ по признаку темпов набора прочности бетона.

Одним из направлений увеличения темпов возведения несущих конструкций является расширение границ применимости метода термоса. СНиП 3.03.01–87 «Несущие и ограждающие конструкции» разрешает нагревать бетонную смесь на портландцементе не более +35°C. Это ограничение температуры нагрева бетонной смеси при ее приготовлении обусловлено требованием сохранения удобоукладываемости смеси в течение времени с момента приготовления до момента укладки. В обычных условиях массового строительства расстояние между заводом – поставщиком товарного бетона может составлять несколько десятков километров, а время транспортирования бетонной смеси до – 1,5–2 ч. При расположении БСУ на строительной площадке время с момента приготовления бетонной смеси до момента ее укладки составляет 10–20 мин.

Исследования сроков схватывания цемента при повышенной температуре, приведенные, например, в диссертации Л.М. Колчеданцева на соискание ученой степени доктора технических наук «Интенсификация бетонных работ на основе термовибробработки бетонных смесей», и исследования авторов данной статьи показали, что, например, у среднеалюминатного портландцемента М500 даже при температуре 50°C начало схватывания наступает через 1,2–1,3 ч. Из этого следует, что при соответствующем экспериментальном обосновании несущие конструкции средней массивности рекомендуется бетонировать смесями, подогретыми на БСУ до температуры 40–50°C, и выдерживать их по методу термоса. При минимуме энерго- и трудозатрат темпы набора прочности бетона будут сопоставимы с прогревными методами. При этом качество бетона из предварительно подогретых смесей будет лучше качества бетона, который прогревается, например, греющей проволокой. Объясняется это тем, что при методе термоса, так же как и в методе предварительного электроразогрева бетонной смеси, тепло в бетонную смесь вносится до ее укладки и уплотнения [3]. Это значит, что в этих двух методах сведены к минимуму деструктивные явления, обусловленные неравномерностью объемных расширений компонентов бетонной смеси.

Следует отметить, что метод термоса, с повышенной температурой подогрева бетонной смеси, обеспечивающий сокращение сроков, энерго- и трудозатрат, а также повышение качества бетона, не применим к бетонированию массивных монолитных фундаментов. Применительно к фундаментам высотных зданий возникает противоположная задача – уменьшить влияние тепла экзотермии цемента на напряженное состояние бетона во избежание появления трещин. Направления и способы решения этой задачи в данной статье не рассматриваются.

Опыт проектирования и строительства высотных зданий свидетельствует о том, что при возведении несущих конструкций одного и того же здания применяются бетоны разных классов, от В120–В100 до В60–В40 в соответствии с изменением по высоте нагрузок на конструкции. Известно, что при превышении предельных значений напряженно-деформированного состояния разрушение высокопрочного бетона носит хрупкий характер. Для повышения надежности работы конструкций из высокопрочных бетонов специалисты СПбГАСУ под руководством Ю.В. Пухаренко рекомендуют сочетать стержневое и фибровое армирование несущих конструкций [4].

Повышенные прочностные характеристики высокопрочных бетонов обеспечиваются рациональным подбором их

состава, включая высокоэффективные модифицированные добавки. Большинство заводов товарного бетона ориентировано на выпуск рядовых бетонов массового применения, включая высокомарочные (но не высокопрочные). Это еще один аргумент в пользу целесообразности создания на строительной площадке мобильного бетоносмесительного узла, способного приготавливать бетонные смеси с учетом специфики высотного строительства, включая ряд высокопрочных бетонов.

Вертикальная ориентация высотного дома, ограничение размеров фронтов работ на этаже, большое количество этажей (до 100 и более) – все это выдвигает необходимость сведения к минимуму времени возведения одного этажа. Четыре-пять дней на возведение одного этажа – тот темп, к которому необходимо стремиться. Важным обстоятельством, влияющим на скорость строительства высотных зданий, является существенное увеличение скорости ветра и пульсирующего режима ветровых нагрузок по мере увеличения высоты здания. Это осложняет производство работ, в том числе опалубочных.

Существенного увеличения темпов строительства высотных зданий можно добиться при замене монолитных конструкций на сборно-монолитные. Идея сборно-монолитного строительства не является новой. Новым может быть способ реализации этой идеи. В частности, новым является способ замоноличивания стыков между сборными элементами и (или) способ бетонирования конструкций в несъемной опалубке. Этот способ разработан в СПбГАСУ под руководством Л.М. Колчеданцева [5].

Суть новой технологии замоноличивания стыков между сборными элементами заключается в следующем. При изготовлении сборных железобетонных элементов их активные поверхности, т. е. смежные плоскости сопрягаемых элементов, обрабатываются путем снятия цементной пленки и устройства штраб глубиной и шириной 4–6 мм с шагом 15–25 мм. Сборные элементы имеют арматурные выпуски, после замоноличивания которых образуется стык Передерия, широко применяемый в мостовых железобетонных конструкциях.

После установки железобетонных элементов в проектное положение и устройства опалубки стыка осуществляется его бетонирование разогретой бетонной смесью. Разница между температурой разогретой смеси и температурой «старого» бетона должна быть в пределах 30–50°C. В соответствии с законом термодинамики тепломассоперенос идет от горячего к холодному. Жидкая фаза растворной части бетонной смеси, в том числе гелевая составляющая цементного раствора, проникает в пористую поверхность старого бетона. Эксперименты показали, что сочетание обработки активной поверхности и предварительный электроразогрев бетонной смеси, укладываемой в стык, обеспечивают равнопрочное сопряжение старого и нового бетона на срез и на растяжение при изгибе.

Существенным обстоятельством рассматриваемой технологии является скорость остывания нового бетона в стыке, которая не должна превышать 2°C в час. Скорость остывания бетона в стыке регулируется термоактивной опалубкой стыка. При производстве работ в зимнее время с помощью термоактивной опалубки перед укладкой бетонной смеси зона сопрягаемых железобетонных элементов отогревается до температуры +5–10°C. Расход электроэнергии на отогрев стыка и поддержание требуе-

мого режима выдерживания нового бетона составляет 150–50 кВт·ч/м³.

Технология замоноличивания стыков между сборными элементами разогретой бетонной смесью позволяет обеспечить темпы строительства зданий, как в полносборном строительстве, а по схеме работы, надежности и долговечности здания – как в монолитном домостроении.

Изложенное касается особенностей организации и технологии бетонных работ при возведении надземной части высотных зданий. Технологические аспекты устройства фундаментов, подачи материалов и конструкций на большую высоту (300–400 м и выше) и другие особенности высотного строительства являются предметом рассмотрения других статей. Однако уже только из представленного материала можно сделать вывод о необходимости обязательного соблюдения принципа комплексности проектирования. Под этим принципом авторы данной статьи понимают обязательное участие специалистов всех направлений (архитекторов, конструкторов, технологов, по инженерным сетям и т. д.) при работе над каждым разделом проектной документации. Это позволяет принимать консолидированные проектные и организационно-технологические решения, учитывающие специфику высотного строительства.

Другой вывод заключается в том, что для отражения всех нюансов процесса проектирования и строительства недостаточно только разработки проекта организации строительства (ПОС) и проекта производства работ (ППР). Неизбежно проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, связанных с реализацией отдель-

ных проектных и организационно-технологических решений, отражающих специфику высотного строительства.

Авторы данной статьи солидарны также с мнением отдельных специалистов (РМД 31-04-2008 «Рекомендации по строительству жилых и общественных зданий») о необходимости осуществления научно-технического сопровождения на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации высотных зданий.

Список литературы

1. *Щерба В.Г.* Строительство многоэтажных монолитных жилых зданий по новым технологиям // Жилищное строительство. 2006. № 4. С. 2–5.
2. *Сборщикова М.Н., Гребенщиков В.С.* Монолитное строительство. Мировое применение // Бюллетень иностранной научно-технической информации (БИНТИ). 2007. № 5. С. 2–6.
3. *Колчеданцев Л.М., Ступакова О.Г., Мустафин Р.Р.* Применение разогретых бетонных смесей для повышения прочности стыка сборно-монолитных зданий // Строительные материалы. 2012. № 4. С. 17–20.
4. *Пухаренко Ю.В., Голубев В.Ю.* О вязкости разрушения фибробетона // Вестник гражданских инженеров. 2008. № 3. С. 80–83.
5. Патент РФ на изобретение № 2468158. Способ бетонирования конструкций с применением несъемной железобетонной и (или) армоцементной опалубки / Р.Р. Мустафин, Л.М. Колчеданцев // Оpubл. 21.11.2012. Бюл. № 33.

БЕЛГОРОДСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА
БЕЛЭКСПОЦЕНТР

12-14 марта 2014

XVIII межрегиональная
специализированная
выставка

БЕЛ
ЭКСПО
СТРОЙ

Т./ф.: (4722) 58-29-51, 58-29-48, 58-29-41
E-mail: belexpo@mail.ru; www.belexpocentr.ru
г. Белгород, ул. Победы, 147а

В.С. Грызлов

ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ

К 70-летию В.С. Грызлова выпущен сборник «Избранные труды», который содержит 50 научно-технических статей, посвященных вопросам строительного материаловедения, теории технологии и теплофизики легких бетонов, рециклингу техногенных отходов, проблемам высшего образования.

Статьи охватывают большой период научно-исследовательской и педагогической деятельности профессора В.С. Грызлова и представляют собой теоретическое обоснование материаловедческого подхода в решении практических задач структурной механики и теплофизики строительных композитов.

Издание рассчитано на широкий круг инженерно-технических и педагогических работников, занятых в сфере строительного направления, а также магистрантов и аспирантов.

По вопросам приобретения обращаться
в Череповецкий государственный университет по адресу:
162600, г. Череповец, пр. Луначарского, 5.
Тел. 8 921 723 24 68.