

Совершенствование процессов бетонирования монолитных конструкций

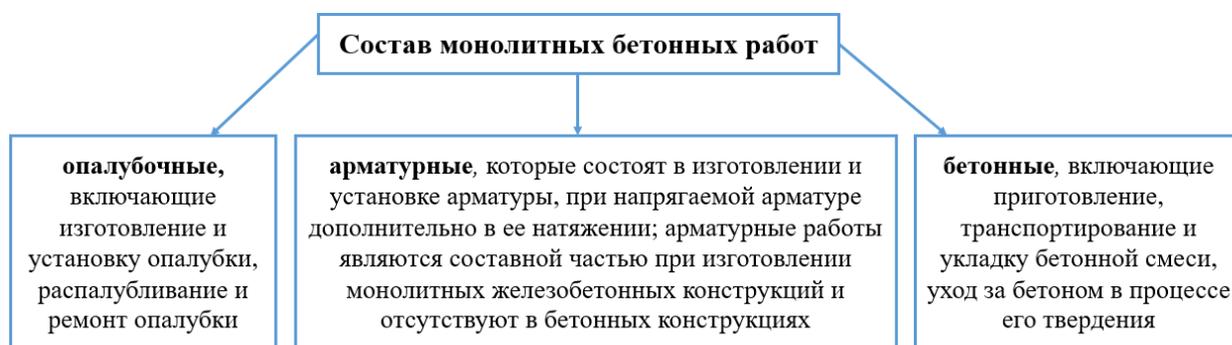
А.А. Савенко, Н.А. Авдиенко

Кубанский государственный технологический университет, Краснодар

Аннотация: В статье раскрывается тема совершенствования процессов бетонирования монолитных конструкций. Проводилось заочное анкетирование респондентов из числа действующих производителей работ, инженеров строительного контроля и бригадиров. Была получена информация, не всегда находящая отражение в документальных источниках или прямому наблюдению. Осуществлялось наблюдение и анализ прямых процессов транспортировки, подачи, укладки и ухода за бетонной смесью, а также связанными с ними процессами.

Ключевые слова: технологии, организация, технологический процесс, бетонные работы, монолитные конструкции, операционный контроль, строительный контроль, экономический потенциал.

Введение. Бетонирование монолитных конструкций – это не только система взаимосвязанных, последовательно выполняемых технологических процессов, но и непрерывный операционный контроль каждого законченного технологического процесса, а также их промежуточная и итоговая совокупность, простирающаяся во времени и пространстве. Каждый этап бетонных работ требует при рассмотрении повышенной детализации, более глубокого изучения, чем это представлено в отечественной и зарубежной литературе [1]. Состав монолитных бетонных работ, представлен на рисунке 1.



Комплексный технологический процесс по возведению монолитных бетонных и железобетонных конструкций состоит из заготовительных и монтажно-укладочных (основных) процессов, связанных между собой транспортными операциями.

Рис.1. – Состав монолитных работ (составлено авторами)

Объектами исследования являются строительные площадки производящие бетонные работы в режиме реального времени, отведенного на исследование вопроса совершенствования процессов. На рисунке 2 представлены элементы исследования.

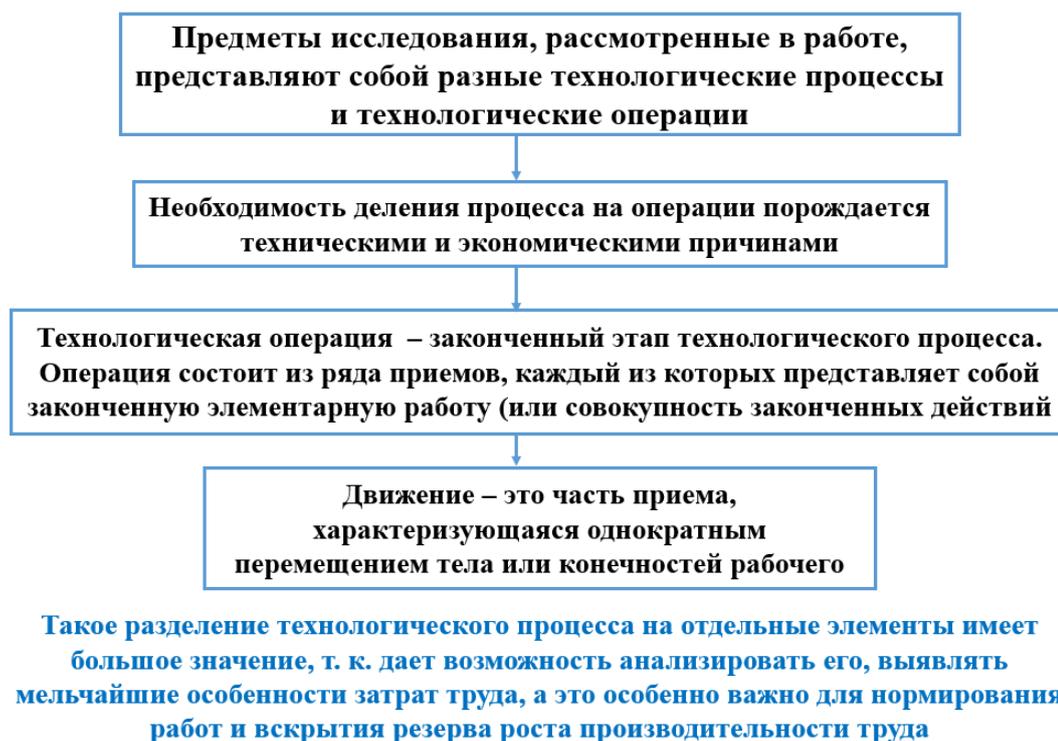


Рис. 2. – Элементы исследования технологических процессов и операций
(составлено авторами)

В результате сбора и систематизации фактического материала, где описываются процессы технологии монолитных работ – нормативные акты, руководства по производству работ и методические указания – отвечают, и в большинстве случаев достаточно подробно на вопрос – что делать, не освещая и умалчивая вопрос – как делать, что не позволяет в полной мере группировать собранный материал и разработать алгоритм для сбора дополнительного исследовательского материала [2].

Для систематизации собранного материала в рамках исследовательской работы по количественным параметрам и качественным

характеристикам разработана анкета-опросник, которая была предложена к заполнению производителям работ более чем на тридцати разных участках, производящих монолитные работы в последние полгода [3].

Материалы и методы

В процессе исследования были использованы теоретические и практические исследовательские подходы. В том числе была разработана анкета с учетом целей и задач исследования. Данные собирались путем распространения анкеты среди значительного числа респондентов-производителей работ – с помощью почтовой рассылки в виде ссылки на гугл-форму опросника. Полученные данные обрабатывались статистическим методом, таких как анализ частоты встречаемости ответов, корреляционный анализ. Был проведен анализ источников зарубежного происхождения (США, Китай, Таиланд), включая книги, нормативные и руководящие документы [4, 5, 6, 7]. Авторы статьи произвели комплексную оценку нынешнего состояния уровня развития монолитных работ.

Результаты исследования

Один из важных параметров – время, которое закладывается для производственных процессов, является определяющим для расчета значений затрат, прибыли и рентабельности всего предприятия. Практика показывает, что длительность строительства, зачастую, превышает определенные заранее временные интервалы, что требует дополнительных затрат по увеличению и продлению использования ресурсов. Как показывает практика, практически в каждом отдельном случае производства бетонных работ ламинированные фанерные щиты и обрезной пиломатериал используются всего один раз. Фактическое состояние дел на строительных участках показывает, что ряд нормативных требований не всегда выполняется либо в связи с дефицитом кадров ответственных за обеспечение своевременной организации строительства, либо по причине расстановок следующих процессов

приоритетными – работы производятся в первую очередь, впоследствии юридическая составляющая произведенных работ догоняет выполнение. Утверждать, что страдает качество работ сложно, т.к. подписанты все равно внимательно контролируют ход и качество произведенных работ и впоследствии на уже произведенные работы подписывают акты принятых работ [8]. Но при этом снимают с себя ответственность вплоть до начала выполнения следующих или последующих этапов работ, процессы организации работ при возведении конструкций представлены на рисунке 3.

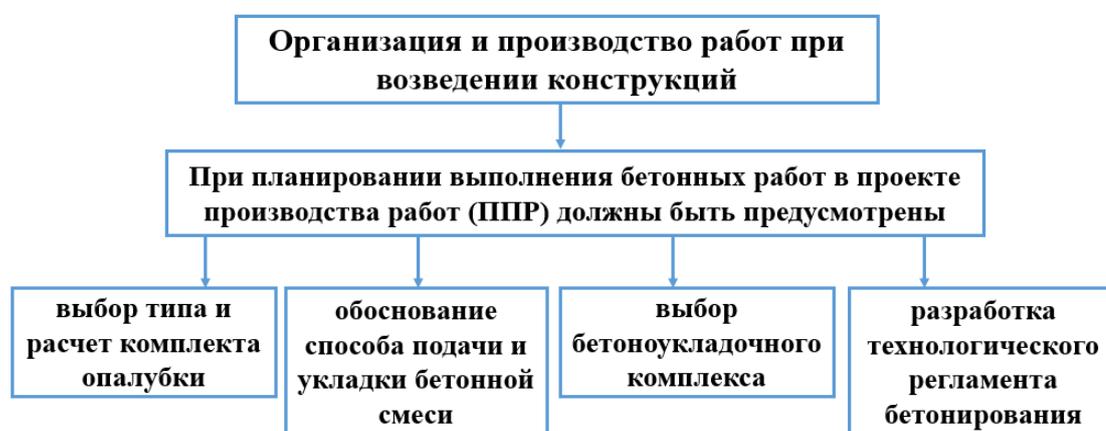


Рис. 3. – Процессы организации работ при возведении конструкций
(составлено авторами)

Здесь необходимо отметить, что далеко не всегда наличие проекта производства работ является тем руководящим документом, которому в точности следуют на строительной площадке. Причина кроется в недостаточной квалификации инженерно-технического состава, имеющего незначительный практический опыт и опирающихся в своих решениях на решения типовые, зачастую уже устаревшие. Способ транспортирования бетонной смеси к месту ее укладки выбирают в зависимости от характера сооружения, общего объема укладываемой бетонной смеси, суточной потребности, дальности перевозки и высоты подъема. При любом способе

транспортирования бетонную смесь нужно предохранять от влияния солнечных лучей, атмосферных осадков, расслоения на составные части и утечки цементного молока или раствора, обеспечивая при укладке требуемую подвижность [9]. Дополнительно в зимних условиях бетонную смесь предохраняют от быстрого переохлаждения и замерзания. Стоимость перевозки бетонной смеси в автобетоновозах и автобетоносмесителях ниже, чем при других способах, поэтому они находят преимущественное применение в современном строительстве, на рисунке 4 представлены авторские рекомендации.

В целях предотвращения расслоения и сохранения технологических свойств перевозимой бетонной смеси рекомендуется следующее:		
при транспортировании бетонных смесей в зимних условиях пункты перегрузок смеси защищать от ветра и снега	во избежание перегрева бетонной смеси при перевозках в условиях высоких положительных температур красить кузов спецавтомашин в белый цвет	
перевозки бетонной смеси осуществлять по дорогам и подъездным путям, покрытым жестким покрытием, не имеющим выбоин и других дефектов	транспортирование бетонной смеси организовать так, чтобы максимально сократить количество перегрузочных операций и по возможности осуществлять разгрузку смеси непосредственно в бетонируемую конструкцию или бетоноукладочное оборудование, что может быть обеспечено устройством подъездных путей к месту ее укладки	ограничить высоту свободного падения бетонной смеси при выгрузке ее из автотранспортных средств 1,5 м. В противном случае автотранспорт должен быть снабжен специальными лотками для подачи смеси к месту укладки

Рис. 4. – Рекомендации по транспортировке бетонной смеси
(составлено авторами)

Укладка бетонной смеси – основной комплексный технологический процесс, включающий подачу бетонной смеси в конструкцию, распределение ее, уплотнение и все сопутствующие работы по обслуживанию основного процесса (очистку рабочих органов машин, трубопроводов, утепление и т.д.).

Укладку и уплотнение бетона следует выполнять таким образом, чтобы обеспечить заданную плотность и однородность бетона, отвечающих требованиям качества бетона, предусмотренных для рассматриваемой конструкции настоящим сводом правил [10]. Порядок бетонирования следует устанавливать, предусматривая расположение швов бетонирования с учетом технологии возведения здания и сооружения и его конструктивных особенностей. При этом должна быть обеспечена необходимая прочность контакта поверхностей бетона в шве бетонирования, а также прочность конструкции с учетом наличия швов бетонирования. Перед началом уплотнения каждого укладываемого слоя бетонную смесь следует равномерно распределить по всей площади бетонируемой конструкции. Высота отдельных выступов над общим уровнем поверхности бетонной смеси перед уплотнением не должна превышать 10 см. Запрещается использовать вибраторы для перераспределения и разравнивания укладываемого слоя бетонной смеси. Уплотнять бетонную смесь в уложенном слое следует только после окончания распределения и разравнивания ее на бетонируемой площади.

Укладка следующего слоя бетонной смеси допускается до начала схватывания бетона предыдущего слоя. Продолжительность перерыва между укладкой смежных слоев бетонной смеси без образования рабочего шва устанавливается строительной лабораторией. Верхний уровень уложенной бетонной смеси должен быть на 50-70 мм ниже верха щитов опалубки – здесь мы наблюдаем неисполнение на производстве. При уплотнении бетонной смеси не допускается опирание вибраторов на арматуру и закладные изделия, тяжи и другие элементы крепления опалубки. Глубина погружения глубинного вибратора в бетонную смесь должна обеспечивать углубление его в ранее уложенный слой на 5-10 см. Шаг перестановки глубинных вибраторов не должен превышать полуторного радиуса их действия,

поверхностных вибраторов – должен обеспечивать перекрытие на 100 мм площадкой вибратора границы уже провибрированного участка.

Бетонную смесь в каждом уложенном слое или на каждой позиции перестановки наконечника вибратора уплотняют до прекращения оседания и появления на поверхности и в местах соприкосновения с опалубкой блеска цементного теста и прекращения выхода пузырьков воздуха [11]. При уплотнении бетонной смеси не допускается опирание вибраторов на арматуру, закладные детали, винтовые стяжки и другие элементы опалубки. Глубина погружения глубинного вибратора в бетонную смесь должна обеспечивать углубление его в ранее уложенный слой на 5...10 см. Шаг перестановки глубинных вибраторов не должен превышать полуторного радиуса их действия. Укладку последующего слоя бетонной смеси необходимо выполнять до начала схватывания бетона предыдущего слоя. Извлекать вибратор при перестановке следует медленно и, не выключая его, давать тем самым возможность пустоте под наконечником равномерно заполняться бетонной смесью. Также контроль качества бетонной смеси нередко осуществляется только на бумаге вследствие того, что контроль поступающей бетонной смеси с помощью конуса, изготовление бетонных кубиков и их испытание производятся только на бумаге, в реальном же времени этой важнейшей операцией пренебрегают либо из-за халатного отношения, либо нехватки квалифицированных кадров.

Процесс укладки бетонной смеси. Для более широкого понимания и анализа происходящего на строительных площадках южного региона в периоды производства бетонных работ была разработана анонимная анкета-опросник, которую прошли 34 производителя работ в течение периода с 15.03.2024 по 15.08.2024. Опросник состоит из 15 вопросов, на которые были получены, и прокомментированы, следующие ответы:

1. Проводится ли испытание конусом для определения подвижности бетонной смеси перед заливкой и изготовление образцов бетонных кубиков для испытаний прочности бетона?

Ответ: 60% ответили, что используется, 20% не ответили прямо, дав понять, что использование конуса для определения марки подвижности смеси после транспортировки и перед заливкой, а также инвентарная опалубка для изготовления бетонных кубиков для последующих испытаний в специализированной лаборатории используются только при требовании надзирающего органа технического представителя заказчика, входного и (или) строительного контроля, 20% сообщили, что на практике конус использовали, когда видели, что бетонная смесь привезена некачественная. Лаборант привозил конус для испытания подвижности. Таким образом можно наблюдать, как недостаточно квалифицированная организация строительства может приводить к бесконтрольной заливке бетоном ответственных конструкций в части последующего достоверного определения прочности бетона. Кроме того, не проводя испытания конусом при приемке бетонной смеси невозможно достоверно определить продолжительность вибрирования после укладки.

2. Что присутствует в наличии из вибромашин на площадке: реечная, площадная, глубинная? Опишите технические параметры используемых машин и приемы уплотнения.

Ответ: 60% опрошенных показали, что постоянно на строительных площадках находятся глубинные вибраторы, но не смогли описать технические параметры используемых машин, пояснив, что приемы уплотнения для бетонных парапетов высотой до 1 м и плит перекрытий используют глубинный вибратор с шагом 0,4 м с работой не более 5 секунд в глубине смеси вибронаконечника. 20% пояснили, что используемые технические параметры вибромашин зависят от конструктива элементов. В

общих случаях речные (виброрейки) вибраторы используются для уплотнения бетона в плитах, а глубинные для уплотнения вертикальных элементов конструкции – в стенах и колоннах. Оставшиеся 20% сообщили, что исходят из геометрических размеров бетонируемых конструкций и аренда или покупка организацией вибромашин определяется на начальном этапе исходя из данных, разработанных проектом производства работ.

3. Какими способами вы видите возможность повысить производительность опалубочных работ?

Ответ: учитывая разные условия на строительных площадках в плане обеспечения необходимыми ресурсами и видами возводимых конструкций были получены следующие разъяснения. 30% посчитали, что сейчас им не хватило механизированного способа начиная с разгрузочных работ и заканчивая подачи опалубки по ярусам и захваткам, указав, что повысить производительность опалубочных работ им помогут следующие механизмы – башенный кран, автокран, манипулятор. Следующие 30% указали на необходимость использования сборных инвентарных опалубок. Благодаря возможности использовать различные комбинации элементов, удастся получать необходимые формы конструкции.

4. Какие способы повышения производительности используются при заливке бетонной смеси?

Ответ: в общей массе респонденты ответили, что способы эти механизированные, то есть на определенных этапах технологических операций исключают трудозатраты человеческого ресурса при помощи эксплуатации различных механизмов, а именно – подачу бетонной смеси на участок заливки с помощью бетононасосов (100%), бадьями поднимаемыми башенными кранами (25%), пневмонагнетателями (25%). Не были упущены в ответах и добавки в бетонные смеси.

5. Какова продолжительность по времени процесса при заливке 1 м³ плиты перекрытия 200 мм? 1 м³ стены 200 мм?

Ответ: по общему мнению, опрошенных, при прочих равных условиях, если речь идет о подготовленных рабочих уже расставленных по рабочим местам, события развиваются бесперебойно, без технологических пауз, задержек и непредвиденных случаев, то, по общему убеждению, процесс укладки, включающий в себя виброуплотнение бетонной смеси, уже залитой в форме, составит 10-15 минут для указанных в вопросе видов работ.

6. Каков численный состав звена при производстве монолитных работ при заливке плиты перекрытия бетонной смесью при помощи бетононасоса или при помощи бадьи?

Ответ: из опрошенных 50% указали, что для указанных видов работ и плиты 150-200 мм необходимый состав звена из 3-4 человек при заливке бетононасосом с раздаточной стрелой – 1-2 человека на перемещении хобота, на гладилке 1 человек, который замеряет высоту смеси и один человек на вибраторе. 25% предложили в обоих случаях использовать 6 человек при заливке бетонной смеси бетононасосом или башенным краном с бадьей. При заливке бадьей времени уйдет больше, при том же численном составе звена. При доставке бетонной смеси к месту укладки необходимо 4 человека, если оказывается невозможным подать шланг (рукав) стрелой насоса к месту укладки и финальную доставку необходимо осуществлять с помощью бетонщиков, удерживающих «хобот» считают 25% производителей работ.

7. Устанавливаются ли вибромашины на бадьях (бункерах, рюмках, калошах) во время подачи бетонной смеси автокраном?

Ответ: 100% опрошенных признались, что не сталкивались с таким способом выгрузки. Вместе с тем, некоторые модели бадей могут быть оснащены центробежным вибратором на внешней стороне корпуса. Он подключается к электросети и используется для вибрации бетонной смеси,

делая ее более текучей и управляемой. Вибрация помогает удалить воздушные пузырьки из пластичной бетонной смеси. При её воздействии разрушаются межмолекулярные связи между частицами цемента, песка и других компонентов. В результате масса обретает свойства жидкости, и лёгкие пузырьки воздуха поднимаются на верхний уровень заливки смеси.

8. Какой используется способ подачи бетонной смеси на рабочую отметку? Опишите технические параметры механизмов и приемы.

Ответ: 90% посчитали что приемы подачи бетонной смеси на рабочую отметку зависят от вида конструкции, параметров смеси, объема работ и технических возможностей организации. Выбор конкретного способа подачи бетонной смеси зависит от обстоятельств конкретного строительного проекта, его масштабов, доступности и сложности местоположения рабочей отметки. На частных строениях преимущественно используют бетононасос со стрелой, на многоквартирных строениях зачастую используют автобетононасос для бетонирования плит перекрытия, автокраном или башенным краном заливают стены и колонны, лестничные марши при помощи бады. 10% Описали ручной способ подачи: бетон подается вручную с помощью ковша или колесной тележки на рабочую отметку. Этот метод часто используется при небольших объемах работ или на труднодоступных участках.

9. Визуально о достаточной продолжительности вибрирования можно судить по следующим признакам?

Ответ: Камешки должны потонуть. Должна произойти осадка бетона и выравнивание поверхности, в случае, когда идет речь о плоских конструкциях (плиты). Пропадают воздушные пузыри. На поверхности должно выступить цементное молочко, но не сильно много. Расслоение бетонной смеси так же плохо, как и недостаточное уплотнение.

10. Проводится ли операционный контроль качества при производстве бетонных работ, что фактически выполняется, какая используется измерительная техника (приборы)?

Ответ: Здесь каждый из опрошенных производителей работ отвечал исходя не только из уровня своей квалификации, но и текущей обстановке на каждой строительной площадке. Операционный контроль качества должен проводиться на всех этапах работ, беда в том, что фактически мало что выполняется. Главное – геодезический контроль при монтаже опалубки, ну и прораб всегда должен проверить, как установлены элементы опалубки внутри щитов (для стен), чтобы окно или дверь не получились "вверх ногами". Горизонтальные поверхности без опалубки должны проверяться при бетонировании, тахеометры, всевозможные нивелиры и уровни в помощь, палка-гладилка тоже приветствуется – в разной комбинации ответили 20% опрошенных. Проводится. Кубики, лабораторный анализ, визуальный контроль, вертикаль/горизонталь приборами – уровень, нивелир, конус, рулетка – считают 40%. Перед бетонированием визуальный осмотр смеси, при необходимости можно проверить конусность бетона, в обязательном порядке забить формы кубиков для лаборатории – ответили 20%.

11. Какие способы ухода за бетоном используются?

Ответ: Учитывая южный регион, где опрошенные производят бетонные работы большая часть ответила, что уход за бетоном осуществляется путем увлажнения и укрытия поверхностей от потери влаги. Часть опрошенных предлагают из собственной практики следующие способы – Если речь идет о вертикальных элементах конструкции, находящихся выше уровня земли, лучше всего обмотать стрейч-пленкой, те, которые ниже уровня земли обильно смачивать водой.

12. Опишите численный и качественный состав звена (бригады) при производстве бетонных работ?

Ответ: Кроме государственных элементных сметных норм, на которые сослалась часть опрошенных, ответы остальных были продиктованы уточнением объемов работ, а скорее именно теми объектами на которых производятся указанные работы и где были показаны следующие результаты – при объемах до 200 м² (имелись ввиду плиты фундаментов, их бетонные подготовки и прочие пространственно-плоские конструкции) – до 10 человек. При объемах бетонных работ до 50 м³ (имелись ввиду колонны, плиты перекрытий и ригели в указанных объемах) – машинист бетононасосной установки – 1 человек, бетонщик – 3 человека. Для частного строения на весь период производства работ, определенный в 2 месяца и общим объемом бетонных работ 60 м³ – 7 человек. Для многоквартирного строения – 40 человек.

13. Какова выработка на одно звено за смену в кубических метрах бетона при заливке фундаментной плиты, плиты перекрытия?

Максимальный объем выработки, показанный на строительных площадках при непрерывной поставке бетонных смесей автобетоносмесителями, исчисляется от 35 до 40 м³ на человека. Этого удастся добиться за счет ночных часов и смен в выходные дни, когда на дорогах нет транспортных заторов.

14. При заливке бетонной смесью конструкции (плита, колонны, ригели, стены) какие функции выполняет каждый рабочий в составе звена (бригады)?

В этой части опросника ответы приобрели более творческий оттенок, что отображено в следующих ответах: «Бодритель» бетона на лопате, как и «хоббиты» – низкоквалифицированные рабочие, от которых в основном требуется мышечная работа, и немного объёмного видения – «насыпать» в нужное место нужное количество бетона. «Уплотнитель» – рабочий на вибромашине – более опытный сотрудник, знает чувство меры при

вибрировании, также указывает «хоббитам» и «бодрителям», куда досыпать, откуда отсыпать. «Художник» – более утонченный сотрудник, создаёт на поверхности уплотнённого бетона красоту кельмой. При больших горизонтальных поверхностях требуется несколько «художников», а при бетонировании стен художники не требуются, так как кельма не всегда пролазит между выпусками арматуры, да и лезть на высоту им совсем не хочется.

15. Каков уровень загрузки каждого рабочего в процессе заливки конструкции бетонной смесью в % от продолжительности процесса?

При производстве работ свыше 2 часов и объемов от 30 м³: два рабочих с хоботом насоса – загруженность 70%; 30% простоя связаны с задержкой миксеров. Один рабочий меряет высоту верхней отметки заливки и производит виброуплотнение – загруженность 90%. Один рабочий разравнивает бетонную смесь – загруженность 60%. При сдельной оплате труд загруженность рабочих максимальна, что противоположно повременной оплате, когда может даже произойти расслоение коллектива на «молодых» и «старых» и соответствующим образом может распределиться уровень загруженности.

Вывод. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности последующих работ по мониторингу отечественной и зарубежной нормативно-технической документации с более детальной декомпозицией областей исследования и конкретизацией узких направлений для углубленного анализа. Разработанная в рамках выполненной работы по мониторингу ситуация на строительных площадках анкета-опросник требует своего совершенствования и расширения сбора анализа по регионам включая северный и умеренный пояса. Необходимо продолжение сравнительного анализа существующей нормативной базы в части ценообразования на единичные расценки вследствие меняющейся ситуации

на строительных площадках, появления новых способов бетонных работ, использования новых механизмов, новых материалов и добавок.

Совершенствование процессов бетонных работ играет ключевую роль в обеспечении качественного строительства и увеличении срока эксплуатации сооружений. Применение современных технологий и методов, а также постоянное обучение рабочего персонала позволят улучшить процесс выполнения бетонных работ. Основной задачей является сохранение прочности и долговечности бетонных конструкций, снижение потребления ресурсов и повышение эффективности производства. Результаты исследования могут быть использованы в строительной практике для повышения качества и надежности конструкций из бетона.

Литература

1. Семенов К.В. Термическая трещиностойкость фундаментной плиты с учетом послойности бетонирования // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 73.
2. Голованова, И.Б. Влияние технологии бетонирования строительных конструкций на календарное планирование Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 33-38.
3. Feng L. Earthwork and the Strategies of Construction Technology Application in Building Construction. Journal of Architectural Research and Development. 2023.Vol.7, No.4.P.46-50. DOI 10.26689/jard.v7i4.5024.
4. Айменов А.Ж., Ерофеев В.Т., Айменов Ж.Т. Влияние пластической усадки на физико-механические свойства бетона при реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона, 2024, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9134

5. Никитенко В.М. Методы зимнего бетонирования // Интернаука. – 2023. – № 1-1(271). – С. 25-26.
6. Jadon Sh. Stone dust and recycled concrete aggregates in concrete construction: An efficient way of sustainable development. Materials Today: Proceedings. – 2023. – DOI 10.1016/j.matpr.2023.04.221.
7. Галиа, И.М. Технология бетонирования в условиях жаркого климата // Инновации. Наука. Образование. – 2023. – № 82. – С. 6-13.
8. Коротеев Д.Д. Перспективы внедрения принципов бережливого строительства // Инженерный вестник Дона, 2024, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9129
9. Постовой А.А. Технология бетонирования конструкций бетононасосом // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 11. С. 97-100.
10. Жидков П.А. Исследование влияния комплексной добавки микрокремнезема и отсева дробления бетонного лома на свойства самоуплотняющегося бетона // Инженерный вестник Дона, 2024, № 8(116). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9433
11. Alberti M.G., The Potential of Fiber-Reinforced Concrete to Reduce the Environmental Impact of Concrete Construction. Applied Sciences (Switzerland). 2024. Vol. 14, No.15. P. 6629. – DOI 10.3390/app14156629.

References

1. Semenov K.V. Vestnik evrazijskoj nauki. 2024. № 3. P. 73.
2. Golovanova, I.B. Sankt-Peterburgskij gosudarstvenny`j arhitekturno-stroitel`ny`j universitet, 2024. pp. 33-38.
3. Feng L. Journal of Architectural Research and Development. 2023.Vol.7, No.4. pp.46-50. DOI 10.26689/jard.v7i4.5024.
4. Ajmenov A.Zh., Erofeev V.T., Ajmenov Zh.T. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9134



5. Nikitenko V.M. Metody` zimnego betonirovaniya. Internauka. 2023. № 1-1(271). pp. 25-26.
6. Jadon Sh. An efficient way of sustainable development. Materials Today: Proceedings. 2023. DOI 10.1016/j.matpr.2023.04.221.
7. Galia, I.M. Innovacii. Nauka. Obrazovanie. 2023. № 82. pp. 6-13.
8. Koroteev D.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9129
9. Postovoj A.A. Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2024. № 11. pp. 97-100.
10. Zhidkov P.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, № 8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9433
11. Alberti M.G. Applied Sciences (Switzerland). 2024. Vol. 14, No.15. P. 6629. DOI 10.3390/app14156629.

Дата поступления: 2.11.2024

Дата публикации: 1.01.2025