

УДК 624.074.2

А. В. БЕЛУХА, Д. В. БЕЛОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНИРОВАНИЯ
САМОУПЛОТНЯЮЩИМСЯ БЕТОНОМ МОНОЛИТНЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БУНКЕРОВ**

Аннотация. В данной статье предложена новая технология бетонирования бункерных конструкций с использованием самоуплотняющегося бетона, которая позволяет сократить трудоемкость бетонирования при возведении монолитных железобетонных бункеров. Показано устройство применяемой опалубочной системы и принцип её работы. Приводится описание оборудования для выполнения работ с помощью предложенного метода. Освещены технология выполнения работ и преимущества нового технологического решения возведения монолитного железобетонного бункера.

Ключевые слова: бункера, подъемно-переставная опалубка, скользящая опалубка, самоуплотняющийся бетон, роторный насос.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В последнее время все в больших масштабах осуществляют строительство высотных сооружений из монолитного железобетона. Вызвано это тем, что монолитный железобетон обеспечивает прочность и устойчивость конструкций высотных сооружений, а в некоторых случаях сооружения из монолитного железобетона экономически эффективнее других видов строительства.

Монолитные железобетонные сооружения получили в угольной промышленности широкое распространение в основном в связи с высокой технологичностью монолитного строительства.

Из всего комплекса зданий и сооружений шахтной поверхности по сложности и трудоемкости работ выделяются высотные сооружения для хранения и перегрузки угля. Бункера представляют собой сооружения, в которых совмещаются функции саморазгружающегося хранилища и установок для дозированной загрузки сыпучего материала [1].

Бункера, делящиеся на приемные, промежуточные, аккумулирующие и погрузочные, имеют высоту от 30 до 60 м и строятся самостоятельными объектными потоками.

Опыт возведения монолитных бункеров в Донбассе показал, что эти сооружения возводят различными методами и сроки их возведения колеблется от 8 до 18 месяцев. Вызвано это отсутствием обоснованных сроков строительства, на общую продолжительность объектного потока следующих факторов: применения разных средств механизации, использования различных конструктивных решений опалубочных систем, применения разных организационных схем развития процессов при возведении бункерных сооружений [2].

Самоуплотняющийся бетон в настоящее время становится очень популярным строительным материалом. Его использование ограничивалось возможностями поставщиков и производителей монолитного железобетона. Однако в последнее время самоуплотняющийся бетон приобретает все большую популярность на крупных предприятиях, производящих монолитный железобетон.

Тем не менее, возможности, открытые применением нового материала, еще не используются в полной мере. Только благодаря использованию новых технологий и современных строительных материалов, а также благодаря постоянному контролю качества исходного сырья и материалов можно обеспечить в современных условиях высокое качество строительства [3].

Строительство монолитных бункеров, развитых по высоте с постоянным сечением высотных сооружений, представляет довольно трудную техническую задачу. Основной сложностью являются

конструктивные особенности бункеров, стенка круглого сооружения в плане имеет криволинейную поверхность и сравнительно небольшую толщину (100...200 мм). Бункер является, как правило, еще и высотным объектом, что дополнительно осложняет работы по его возведению.

Бетонирование бункера традиционными методами ведется путем подачи бетона между внутренней и внешней опалубками, значительная часть трудозатрат идет на перестановку щитов опалубки на каждый ярус бетонирования, затрудняется подача бетона из-за тонкостенности конструкции. Необходимость вибрирования бетонной смеси ведет к увеличению несущей способности опалубки, а значит и к увеличению ее веса. Потребность бетонировать стенку бункера ярусами (1,2...1,5 м) приводит к значительному количеству технологических перерывов и существенно увеличивает срок возведения объекта [4].

Поэтому **целью** исследования является разработка новой технологии бетонирования монолитных железобетонных бункеров с использованием самоуплотняющегося бетона.

Последовательность возведения бункера

Технология бетонирования бункера основана на использовании самоуплотняющегося бетона в комбинации с закачиванием смеси в опалубку снизу вверх [5].

После установки наружной опалубки стенки бункера 2 выполняется армирование бункера на всю высоту сооружения. По окончании армирования монтируется внутренняя опалубка бункера 1, которая может быть футеровкой, являясь несъемной опалубкой, по всей площади бункера.

В наружной опалубке 2 устроены штуцеры 3 для подачи бетона, которые оборудованы задвижками. Штуцеры по высоте бункера могут быть устроены в несколько ярусов (рис. 1).

Подача бетонной смеси в опалубку осуществляется под давлением выше атмосферного. Использование самоуплотняющихся видов бетона с предварительной деаэрацией упрощает процесс, благодаря чему самые нестандартные формы могут быть полностью заполнены.

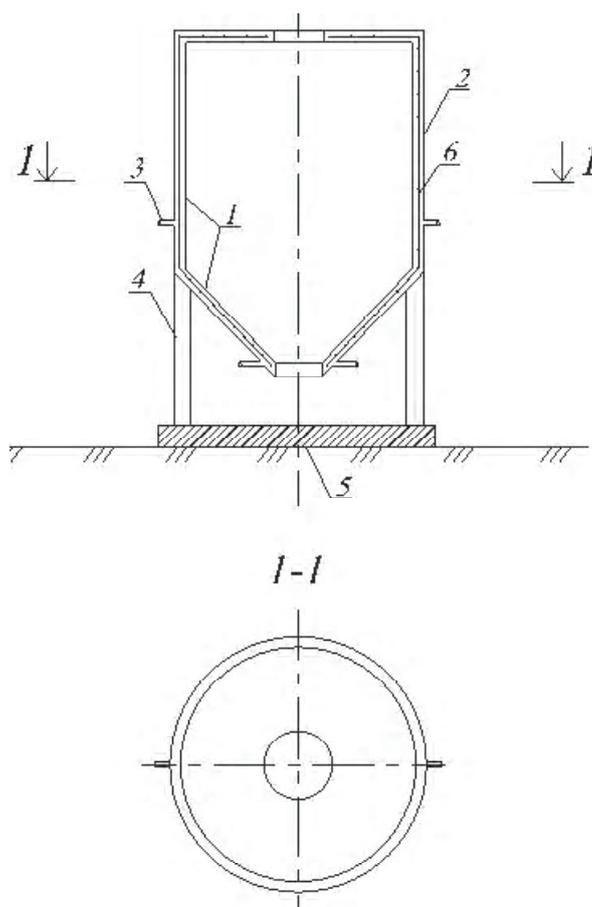


Рисунок 1 – Монтаж опалубки бункера: 1 – внутренняя опалубка (футеровка); 2 – наружная опалубка; 3 – штуцеры для подачи бетона; 4 – колонны; 5 – фундамент; 6 – арматура.

Смесь заливается в форму снизу вверх. Самоуплотняющийся бетон (СУБ) подается вначале в нижний ярус штуцеров одновременно по всему периметру ячейки бункера, т. е. процесс подачи бетонной смеси, осуществляется по всей площади опалубки под давлением (рис. 2).

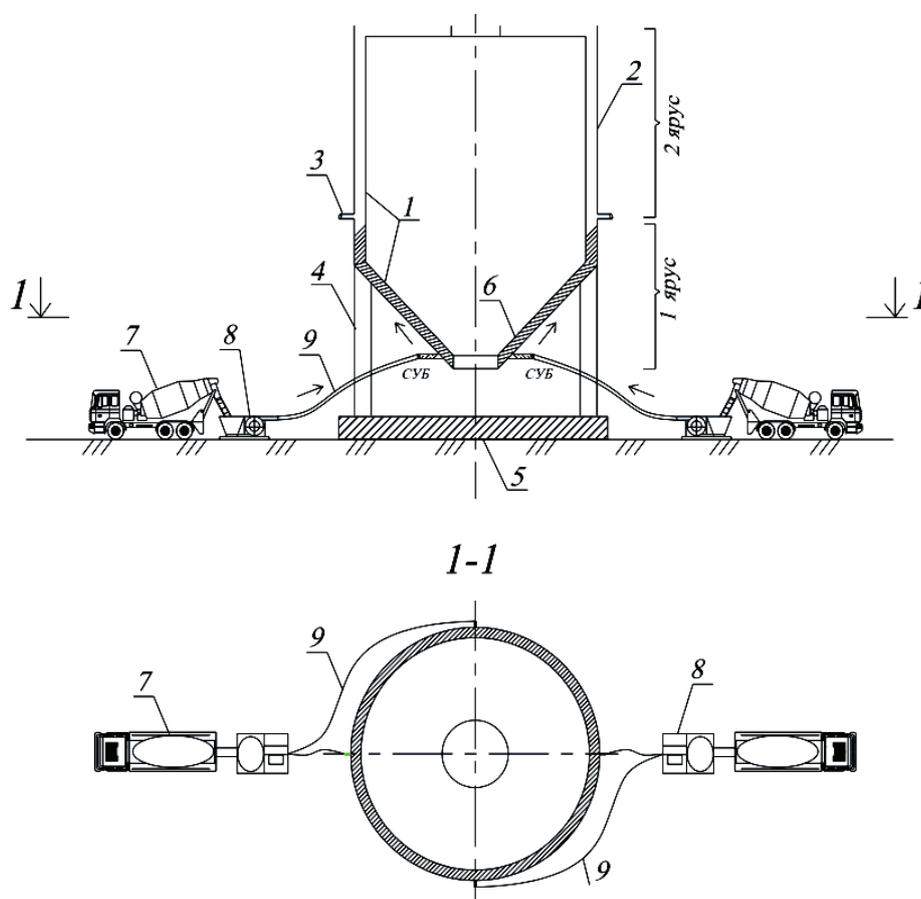


Рисунок 2 – Бетонирование 1-го яруса бункера: 1 – внутренняя опалубка; 2 – наружная опалубка; 3 – штуцеры для подачи бетона; 4 – колонны; 5 – фундамент; 6 – самоуплотняющийся бетон 1-го яруса; 7 – автобетоносмеситель; 8 – роторный насос; 9 – шланг для подачи бетона.

После закачки бетона на первый ярус задвижки штуцеров для подачи бетона перекрываются и сразу же без технологических перерывов подается бетон второго яруса. Вытесняемый из опалубки бетонной смесью воздух выходит в открытую верхнюю часть опалубки бункера 2 (рис. 3).

Роторный насос 9 представляет необходимое технологическое устройство для данного метода бетонирования. Длина насоса со встроенной очистной системой составляет 3 000 мм, ширина 1 500 мм, высота 1 700 мм. Он весит 2,3 тонны, транспортируется при помощи крана и автопогрузчика; управляется одним оператором при помощи двунаправленного прибора радиодистанционного управления. Насос способен прокачивать смесь с крупностью заполнителя до 16 мм, расход смеси постоянно контролируется, что позволяет достичь объема прокачивания смеси до 18 м³/ч.

Насос, снабжен датчиками, сигнализирующими о разрывах шланга или закупорке. При использовании нескольких насосов технология позволяет достичь высочайшей габаритной точности конструкции и обеспечивает крайне высокую производительность (до 300 л/минута).

Полученные поверхности идеально гладкие, отпадает необходимость в дополнительной и дорогостоящей отделке и затирки поверхности.

Для сравнительного анализа методов возведения принят монолитный многобашенный загрузочно-аккумулирующий бункер высотой 42 м; ширина поперечного сечения 54×54 м; толщина стенки бункера 200 мм.

Анализ трудоемкости показал, что бетонирование самоуплотняющимся бетоном позволяет сократить трудозатраты на 9,3...35,1 % (рис. 4а). Снижение материальных затрат составляет – 10,4...36,3 % (рис. 4б). Продолжительность возведения сокращается на 20,6...44,1 % (рис. 4в).

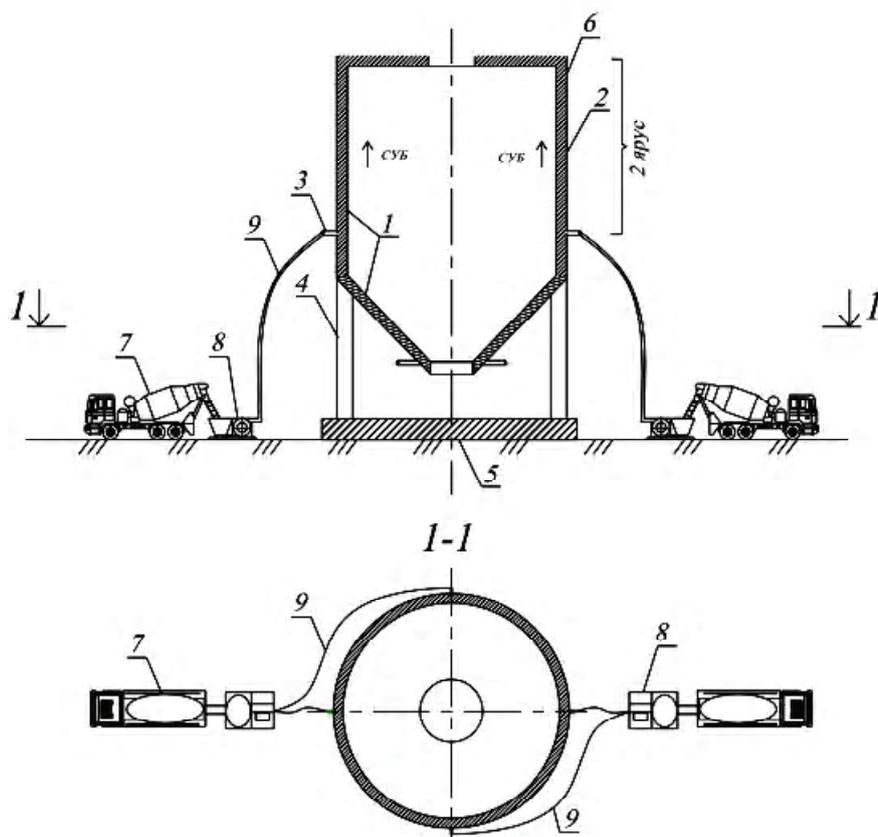


Рисунок 3 – Бетонирование 2-го яруса бункера: 1 – внутренняя опалубка; 2 – наружная опалубка; 3 – штуцеры для подачи бетона; 4 – колонны; 5 – фундамент; 6 – самоуплотняющийся бетон 2-го яруса; 7 – автобетоносмеситель; 8 – роторный насос; 9 – шланг для подачи бетона.

Главным образом эффект снижения трудозатрат достигается за счет высокой технологичности бетонирования, отсутствия процесса уплотнения бетонной смеси, а также упрощения опалубочных работ.

Однако стоимость самоуплотняющегося бетона в среднем в 4 раза больше традиционно применяемых бетонов, что в итоге и влияет на стоимость возведения объекта (рис. 4г).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Использование самоуплотняющегося бетона при возведении монолитных бункеров позволяет возводить объекты с любым очертанием и формой.

Основными преимуществами данной технологии в сравнении с использованием традиционных опалубочных систем и применением обычного массового бетона является: сокращение продолжительности строительства; возможность укладки за смену большого объема бетона; упрощение работ по бетонированию (отпадает необходимость в уплотнении); возможность подачи бетона непосредственно через опалубку (через отверстие в нижней её части); более простая и менее массивная конструкция опалубки (из-за отсутствия процесса вибрирования бетона на опалубку не воздействуют дополнительные динамические и статические нагрузки); возможность создания любой геометрии бункера; особо гладкая и плотная поверхность бетона; идеальная размерная точность возводимой конструкции; более безопасное ведение строительных работ и сокращение работ на высоте; отсутствие шума и вибрации.

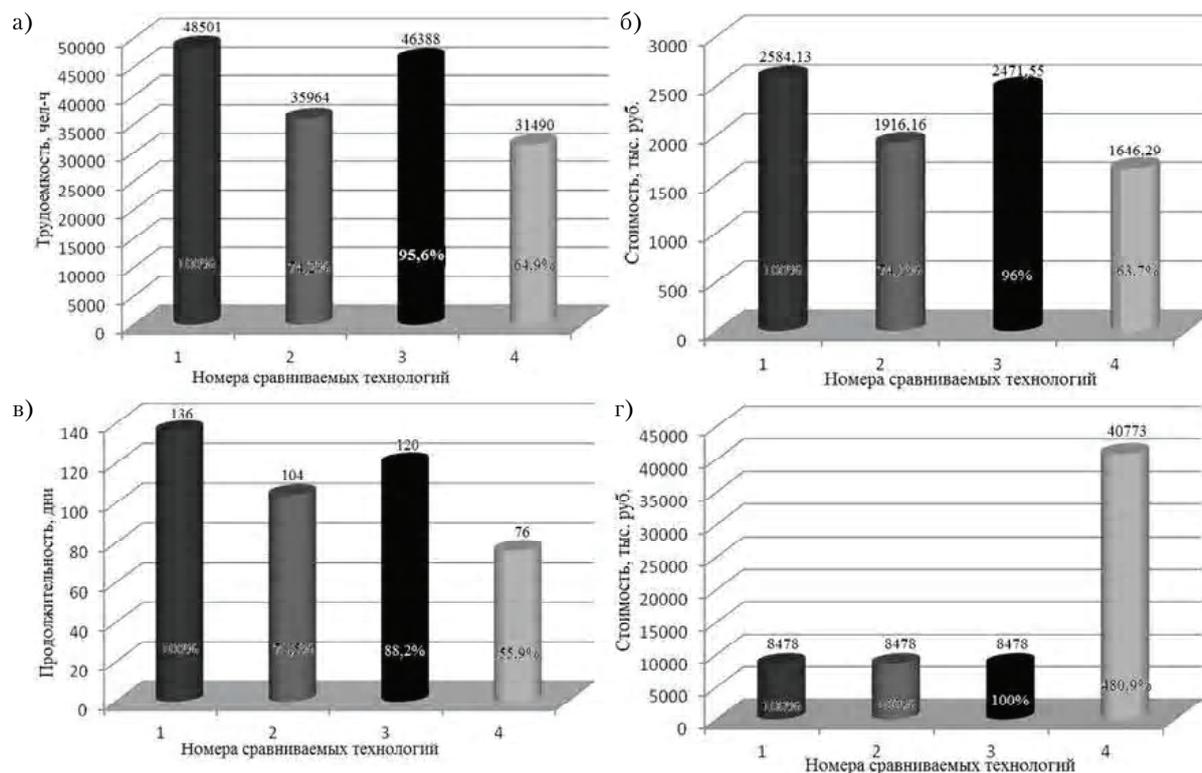


Рисунок 4 – Сравнительные гистограммы при возведении монолитного бункера: а) трудоемкости работ; б) стоимости работ при возведении бункера; в) продолжительности работ; г) стоимости бетона: 1 – возведение бункера в подъемно-переставной опалубке; 2 – возведение бункера в скользящей опалубке; 3 – возведение бункера в самоподъемной опалубке; 4 – возведение бункера с применением самоуплотняющегося бетона с бетонированием методом заправки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модифицированные и высококачественные бетоны [Текст] / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – Москва : Ассоциация строительных вузов, 2007. – 368 с.
2. Липницкий, М. Е. Железобетонные бункера и силосы [Текст] / М. Е. Липницкий, Ж. Р. Абрамович. – Ленинград : Промстройпроект, 1967. – 358 с.
3. Элеваторы и склады [Текст] / Л. Н. Платонов, С. П. Пунков, В. Б. Фасман. – М. : Агрпроиздат, 1987. – 319 с.
4. Оценка технического состояния, восстановление и усиление строительных конструкций инженерных сооружений [Текст] / В. С. Плевков, А. И. Мальганов, И. А. Балдин. – М. : АСВ, 2011. – 314 с.
5. Пятенков, В. М. Строительство элеваторов и комбинатов хлебопродуктов [Текст] / В. М. Пятенков, И. А. Резниковский. – М. : Стройиздат, 1984. – 288 с.

Получено 30.04.2019

А. В. БЕЛУХА, Д. В. БЕЛОВ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНУВАННЯ БЕТОНОМ, ЩО УЩІЛЬНЮЄТЬСЯ, МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БУНКЕРІВ ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У цій статті запропонована нова технологія бетонування бункерних конструкцій з використанням бетону, що ущільнюється, яка дозволяє скоротити трудомісткість бетонування при зведенні монолітних залізобетонних бункерів. Показано облаштування вживаної опалубної системи і принцип її роботи. Наводиться опис устаткування для виконання робіт за допомогою запропонованого методу. Освітлені технологія виконання робіт і переваги нового технологічного рішення зведення монолітного залізобетонного бункера.

Ключові слова: бункери, підйомно-переставна опалубка, сквозна опалубка, бетон, що ущільнюється, роторний насос.

ANDRII BELYKHA, DENIS BELOV
FEATURES OF TECHNOLOGY OF CONCRETING BY SELF-PACKING
CONCRETE OF MONOLITHIC REINFORCE-CONCRETE BUNKERS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In this article new technology of concreting of bunker constructions is offered with the use of self-packing concrete, that allows to shorten labour intensiveness of concreting at erection of monolithic reinforce-concrete bunkers. The device of the applied planking system and principle of her work are shown. Description over of equipment is brought for implementation of works by means of the offered method. Lighted up technology of implementation of works and advantage of new technological decision of erection of monolithic reinforce-concrete bunker.

Key words: bunkers, lifting-reset table planking, sliding planking, self-packing concrete, rotor pump.

Белуха Андрей Владимирович – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при строительстве монолитных бункерных сооружений.

Белов Денис Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при строительстве монолитных сооружений.

Белуха Андрій Володимирович – магістрант кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія і організація робіт при будівництві монолітних бункерних споруд.

Белов Денис Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія і організація робіт при будівництві монолітних споруд.

Belykha Andrii – master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technological processes at erection of monolithic bunkers constructions.

Belov Denis – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technological processes at erection of monolithic constructions.