

Гонтарь А. А.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры***ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРАНОВ
ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЙ**

Введение. Одной из основных тенденций современного строительства является активное освоение подземного пространства. В последнее время стала актуальной тенденция к использованию подземного пространства в развитии инфраструктуры крупных городов Украины. Освоения подземного пространства путем строительства многоцелевых комплексов, подземных частей офисных и жилых домов, подземных паркингов и т.д. Спецификой современного строительства подземных частей зданий является повышенная концентрация средств механизации в уплотненных условиях ведения строительно-монтажных и специальных работ. Тенденции роста подземной этажности вызывают также усиление требований эффективной работы строительных кранов. Акцент при комплексном исследовании таких вопросов направляется на поиск путей рационального применения строительных кранов, используемых на объектах Украины и других стран мира. Данные по технологии возведения подземных частей зданий свидетельствуют о недостаточной эксплуатационной производительности кранов, чем для надземной части.

В настоящее время в мировой практике строительства соотношение между зданиями из сборного и монолитного бетона преобладает в пользу монолитного. Так в США они составляют соответственно 37 и 63%, в Англии - 32 и 68%, во Франции - 14 и 86%. Преимущества монолитных железобетонных конструкций в экономии, по сравнению с кирпичным и полносборным строительством, характеризуются снижением единовременных затрат на создание производственной базы на 20 - 30%, уменьшением расхода стали на 10 - 15%, энергоемкости - до 30% и на 25% меньшими суммарными трудовыми затратами по сравнению с кирпичными зданиями той же этажности.

Актуальность. При изучении технологии возведения подземных частей зданий недостаточно рассмотрены организационно-технологические решения использования строительных кранов, чем при строительстве надземных частей. Существует потребность в разработке современных эффективных методов возведения подземных частей зданий, которые будут способствовать сокращению сроков строительства что так же позволит сократить стоимость строительства. Актуальность методики выбора эффективной технологии возведения подземных частей зданий по схеме расположения кранов вне котлована, которая состоит в определении совокупности конструктивных элементов, последовательности фронта работ, способов механизации и количества, которые обеспечивали повышения использования кранов по грузоподъемности (эксплуатационной продуктивностью кранов на объектах). [1]

Цель исследования. Разработка эффективной методики использования строительных кранов при возведении подземных частей зданий при расположении вне котлована, повышения их эксплуатационной продуктивности.

Изложение основного материала. Технология, принятая при строительстве подземной части здания, самым непосредственным образом оказывает влияние на выбор монтажного крана.

При разработке технологии должны тщательно учитываться следующие факторы:

1. Конструктивная и планировочная характеристика подземной части здания;
2. Геологические и гидрогеологические условия строительной площадки (вид грунтов, наличие грунтовых вод, уровень их стояния и др.);
3. Климатические условия строительства и время года;

4. Возможности размещения на площадке временных сооружений и стесненность строительной площадки существующими строениями;

5. Обеспечение строительства дорогами, электроэнергией и подземными коммуникациями;

6. Обеспечение строительства сборными элементами и материалами;

7. Состав и квалификация монтажной или комплексной бригады;

8. Сроки строительства.

С учетом этих факторов проектом производства работ принимается технологическая последовательность конструкций, тип и модель монтажа крана, его расположение и способы работы (с верхней бровки, со дна, одностороннее расположение по отношению к зданию или кольцевой объезд вокруг него и др.), количества захваток и звеньев в бригаде и согласованность их работы с работой машиниста монтажного крана (обслуживание одновременно одного или двух звеньев и др.), число смен работы в сутки, степень совмещения монтажа с сопутствующими видами работ, что сильно отражается на характере работы крана.

Расположение строительного крана на строительной площадке по отношению к зданию имеет большое значение с точки зрения наиболее полного использования его грузоподъемности, вылета стрелы и продолжительности монтажа подземной части здания. Исследованиями установлено, что работа крана с одной стороны здания, являются экономически более выгодными, а себестоимость при этом на 20-40% ниже, чем при кольцевом объезде крана вокруг котлована и на 60-80% ниже, чем при расположении крана на дне котлована. Возведение подземных частей зданий с расположением крана на дне котлованов имеет много недостатков, главными из которых являются:

а) нарушение целостности основания ходовой частью крана;

б) неудобства монтажа конструкций и подачи материалов из-за недостатка длины стрелы и плохой видимости для крановщика;

в) отсутствие возможности монтировать элементы краном непосредственно со

склада или с транспортных средств без дополнительной их перекидки;

г) необходимость устройства съезда (пандуса) для заезда крана на дно котлована и др.

Учитывая это, расположение крана на дне котлована может быть допущено либо при крайней стесненности строительной площадки, не позволяющей разместить кран у верхней бровки, либо при монтаже тяжелых элементов фундаментов под колонны внутреннего каркаса зданий, вес которых превосходит предельную грузоподъемность крана на данном вылете стрелы.

Из вышеизложенного следует, что для эффективного использования строительных кранов при возведении подземных частей жилых зданий: при возведении здания башенного типа (односекционного) устанавливается один башенный кран на весь период строительства. В связи с тем, что погрузочно-разгрузочные работы на объекте начинаются с первых дней, кран монтируется на монолитную железобетонную плиту сразу после завершения или параллельно с земляными работами.

При строительстве высотных зданий с большими нагрузками на грунты оснований фундаменты устраивают в виде плит на уплотненном основании или по свайному полю. При таких конструктивных решениях на площадках строительства выполняются объемы бетонных работ с подачей бетонной смеси бетононасосами. Использование бетононасосов при возведении подземной части здания позволило внести изменения в технологию работ по бетонированию фундаментной плиты (свайного фундамента) и конструкций. При изменении высоты выполняемых бетонных работ от фундаментной плиты (свайного фундамента) до верхней границы подземной части, снижается трудоемкость работ при использовании бетононасоса по сравнению с краном от 2 до 4 раз. Экономическая эффективность составляет в среднем 40 грн. на 1 м³ бетона. Сроки строительства подземной части здания сокращаются в среднем на 15%. На рис. 1 показана зависимость использования крана и бетононасоса при многоуровневой подземной части здания.

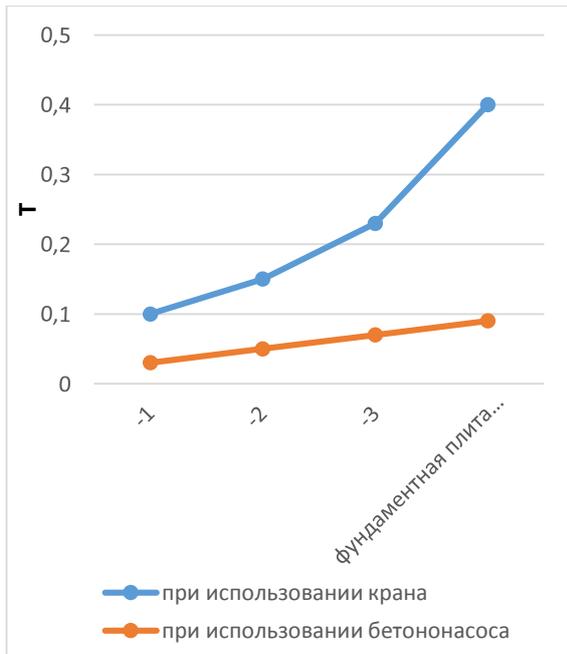


Рис. 1. Трудозатраты (Т) на 1м³ бетона в зависимости от многоуровневой подземной этажности.

Выбор крана определяется не только по длине стрелы, а и по грузоподъемному моменту («критические элементы»). На стадии проектирования тип крана и его грузоподъемность не определены, а конструктивные решения формируются из принципа минимальной трудоемкости. В результате принятия решения из однотипных элементов максимального типоразмера «критическим элементом» являются самые отдаленные элементы - с максимальным грузовым моментом. Анализ номенклатуры изделий показал, что на таких объектах возможно, при заданных схемах, уменьшить максимальный грузоподъемный момент с использованием наборных элементов. Так, в сравнении с базовым вариантом при односторонней схеме расположения изменение комплекта элементов позволяет повысить использование грузовых характеристик крана в 1,9 раза. [2]. Подземная часть современного здания возводится монолитно-каркасным методом, «критическим элементом» которого является бетон. При возведении подземной части бетон подается краном (который находится вне котлована) на разную глубину подачи в определенном объеме для загрузки. В современ-

ном строительстве при производстве бетонных работ применяются как отдельные методы подачи бетонной смеси, так и смешанные (например, подача только по схеме «кран-бадья» или по схеме «бетононасос + «кран-бадья».

Как правило, кран обеспечивает подачу бетонной смеси к наиболее удаленной точке бетонирования (на максимальном вылете) бадьей емкостью не более 1м³. Практика показывает, что в условиях современного монолитного строительства темпы возведения здания постоянно увеличиваются, а соответственно возрастает объем бетона, укладываемого в конструкции за сутки. Поэтому возникает необходимость применения крана с большей грузоподъемностью на максимальном вылете, что обеспечивало бы подачу бадьи емкостью 1,5 м³, 2 м³ и более. Но использование крана с такими характеристиками экономически не целесообразно. В связи с этим далее предлагается метод подачи бетонной смеси с помощью нескольких бадьей разной емкости.

Особенность такого метода состоит в том, что на объекте рекомендуется иметь три бадьи разной емкости: первая – 2 м³, вторая - 1,5 м³ и третья – 1 м³. При этом одна бадья заполняется бетонной смесью, другая находится в ожидании подъема, а третья в процессе разгрузки бетонной смеси.

Несмотря на все преимущества такого метода при возведении подземной части бетонирование конструкций только с помощью бадьи все же не позволяет выполнить весь объем бетонных работ в заданный срок. Поэтому, становится актуальным использование смешанного метода подачи бетонной смеси, т.е. наряду с применением бадьи бетонирование вести с помощью бетононасоса.

В условиях наблюдающейся в современном строительстве тенденции к повышению экономической эффективности бетонных работ, обусловленной устойчивым ростом их объемов, возрастает значимость применения рациональных технологий транспортирования бетонной смеси к месту укладки. Технология транспортирования смеси, основанная на

применении недорогих и простых по конструкции устройств – в виде желоба часто позволяет наилучшим образом решать задачи механизации бетонных работ. [11] При этом, в отношении, например, строительных кранов и бетононасосов, могут быть существенно снижены требуемые значения их технических характеристик. Использование желобов в качестве навесного оборудования для автобетоносмесителей может позволить значительно расширить область применения наиболее экономически выгодных технологических схем бетонирования, исключаящих необходимость привлечения дорогостоящей специализированной строительной техники.

В некоторых случаях, например, при бетонировании конструкций в труднодоступных местах, затраты на подачу бетонной смеси могут достигать 50 % от ее стоимости. При этом кроме дальности транспортирования величина этих затрат зависит также и от выбранной технологии подачи, производительности и стоимости машино-часа используемого транспортного средства, фактического времени его простоев и технического обслуживания, массивности бетонируемой конструкции, технологических свойств, а значит, и стоимости бетонной смеси [12].

Наиболее экономически эффективными, высокопроизводительными и безопасными средствами подачи бетонной смеси в близко расположенные заглубленные монолитные конструкции являются лотки и хоботы. Их высокая экономическая эффективность обусловлена исключением затрат на эксплуатацию строительных машин и снижением стоимости бетонной смеси из-за отсутствия необходимости применения в ее составе пластифицирующих добавок, а безопасность – прежде всего, отсутствием сосудов и трубопроводов, работающих под давлением. Тем не менее, эти средства подачи применяются все реже из-за незаинтересованности подрядчиков, а иногда и заказчиков в снижении стоимости строительства. Вместо этих средств в последние годы при производстве бетонных работ на стройплощадках все чаще применяют автобетононасосы, способные перекачивать только

лишь подвижные, а значит, и более дорогие бетонные смеси.

Одним из главных условий эффективного транспортирования бетонной смеси по желобу является производительность не менее чем 5 м³/ч, что обеспечивается правильным выбором угла наклона формы и материала поверхности желоба, а также начальной скорости бетонной смеси. [11]

Скорость в конце спуска определяется из уравнения живых сил (рис.2):

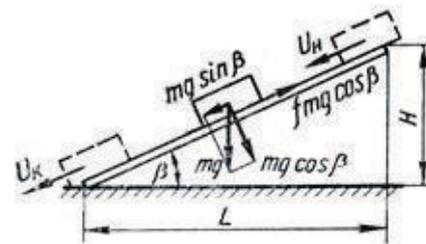


Рис 2. К расчету скорости движения на наклонном спуске.

$$\frac{m}{2} (V_k^2 - V_n^2) = mg \sin \beta l - fmg \cos \beta l \quad (1)$$

$$V_k = \sqrt{2gl(\sin \beta - \epsilon f \cos \beta) + V_n^2} \quad (2)$$

$$H = \sin \beta l; \quad L = \cos \beta l \quad (3)$$

$$V_k = \sqrt{2g(H - fL) + V_n^2} \quad (4)$$

ϵ – коэффициент, зависящий от соотношения работы внешних сил и сил внутреннего трения и формы поперечного сечения; f – коэффициент трения.

При возведении подземных частей жилого дома по ул. Целиноградской 54 и торгово-развлекательного центра по ул. Пушкинской 2 г. Харькова подача бетонной смеси в котлованы осуществлялась с использованием желобов, бетононасосов и кранов. Наблюдая и анализируя данный процесс была выведена формула производительности желоба. Нововведением данной формулы является зависимость производительности от текучести бетона и длины желоба, что делает последнюю более точной:

$$P = K_3 \cdot K_t \cdot V_k \cdot F \quad (5)$$

$$K_t = T/l \quad (6)$$

K_3 – коэффициент заполнения; V_k – конечная скорость; F – площадь поперечного сечения желоба; K_t – коэффициент текучести; T – текучесть бетонной смеси; l – длина желоба.

Формулу производительности желоба подтверждают исследования источника [12].

Таблица 1 - Зависимость производительности желоба от угла его наклона, при длине $l=10$ м, поперечном сечении $F=0,052$ м², $K_3=0,65$, $T=14$ см.

Угол наклона (град)	30	40	50	60
Скорость (м/с)	3,5	7,1	9,4	12
Производительность (м ³ /ч)	6	12,1	16	21

Из табл. 1 следует, что рациональное использование желобов при перемещении бетонной смеси в котлован достигается при их угле наклона относительно горизонта от 30 до 60 градусов. Увеличение угла наклона более чем на 60 градусов приведет бетонную массу к разделению на части и выплескиванию из желоба. Причиной изменения размеров угла наклона может стать консистенция бетона и степень дальности его подачи.

При возведении подземной части здания возрастает эффективность использования желобов при подачи бетонной смеси в случае доступного подъезда ко всем сторонам котлована, что в свою очередь снижает сроки бетонных работ и их себестоимость.

Формула эффективности:

$$\Xi = P_{б.с.} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{i}{l} \quad (7)$$

$$\text{где } P_{б.с.} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (8)$$

$P_{б.с.}$ – общая производительность желобов с большей стороны котлована; P_i – производительность i -го желоба; l – большая сторона котлована.

Вывод. Выше изложенная методика основана на результатах исследований при возведении подземных частей зданий, учитывающая применение одного крана на весь период строительства, организация бетонных работ в захватках объемом принимаемой бетонной смеси от 545 до 1200 м³, с использованием метода

трех бадей в совокупности с бетононасосами и желобами, которые в свою очередь сокращают количество бетононасосов. Все это позволит:

- сократить себестоимость работ от 10 до 20%;
- снизить использование кранового времени от 12 до 32%;
- произвести бетонные работы в пределах одного подземного уровня по захваткам в течении 4-6 суток;
- сократить срок строительства подземной части до 15%.

Однако данная методика эффективна при непрерывном переходе от возведения подземной части здания к надземной. В случае перерыва более трех месяцев эффективность данной методики уменьшается в разы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лapidус А.А. Технология возведения зданий и сооружений: Учеб. для строит, вузов/ — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. шк., 2004 — 446 с.; ил.
2. Іванейко І.Д. Технологічність ремонтно-будівельних робіт при спорудженні фундаментів стріловими кранами в умовах міської забудови /Іванейко І.Д., Мудрий І.Б. // Теорія і практика будівництва, Львів. – 2010. – № 662. – С. 196-200.
3. Мудрий І.Б. Визначення доцільності технології спорудження фундаментів комплектом стрілових кранів /Мудрий І.Б., Іванейко І.Д. // Геодезія, архітектура та будівництво: матеріали III Міжн. конф. молодих вчених ГАС-2010, 25 листоп. 2010р., Україна, Львів.
4. Богдан А.С. Строительство высотного здания с восьмиуровневым подземным паркингом в Киеве /Богдан А.С. // Будівництво України, Київ. – 2009. – № 50. – С. 3-7.
5. Павленко В.И., Страданченко С.Г., Шубин А.А. Технология строительного производства: Учеб. пособие. / Шахтинский институт ЮРГТУ. - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2004. - 199 с.
6. Гончаренко Д.Ф., Карпенко Ю.В., Меерсдорф Е. И. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий: монография /Под ред. Д. Ф. Гончаренко. — К.: А+С, 2013. - 128 с.: ил.

7. Лapidус А.А. Потенциал эффективности организационно-технологические решения строительного объекта // Вестник МГСУ. 2014. №1. С. 175-179.
8. Никулин В.Б., Гуровой Ю.А., Гриневиц Е.А. Особенности технологии возведения подземной части зданий в условиях плотной городской застройки. // Науковий вісник будівництва ХНУБА. 2014. № 74. С. 85-89.
9. ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах щільної забудови. Вимоги безпеки – [Чинний від 2009-01-01] – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008 – 36 : табл – (Державний стандарт України).
10. МДС 12-23-2006. Временные реконструкции по технологии и организации строительства многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в Москве. – М.: ФГУП «НИЦ» Строительство, 2006. – 76 с.
11. Османов С.Г., Жолобов А.Л. К вопросу о выборе методов и средств подачи к месту укладки готовой к употреблению бетонной смеси на плотных заполнителях // Инженерный вестник Дона. – 2011. – № 1.
12. Османов С.Г. К исследованию возможностей и области применения усовершенствованной технологии транспортирования бетонной смеси к месту укладки // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4.

УДК 621.86/87+69.0

Емельянова И.А., Яковлев Е.А., Задорожный А.А., Клименко М.В., Чайка Д.О.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕТОНОНАСОСОВ В УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

При возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона широко используется технологический комплект оборудования «автобетоносмеситель-автобетононасос». Бетононасосы широко используются в различных видах строительства, где представлены различными конструктивными решениями.

В настоящее время в основном, широкое распространение имеют гидравлические бетононасосы, в частности, автобетононасосы со специальными стрелами, состоящими из отдельных шарнирно соединённых звеньев, по которым прокладываются трубопроводы, подающие бетонную смесь в различные точки возводимых объектов с учётом данных технических характеристик таких машин.

Подача бетонных смесей в малодоступные места, возможность широкого регулирования режимами рабочих процессов, быстрая готовность к обслуживанию возводимых объектов по прибытию на строительную площадку - таковы достоинства этих бетононасосов.

Классификация известных конструкций гидравлических двухпоршневых бетононасосов, которые используются в настоящее время в условиях различных видов строительства, приведена на рис. 1. [1].

Однако при упомянутых достоинствах таких машин следует отметить недостатки: высокая стоимость машин; несовершенство конструкции многих распределительных устройств шиберных узлов, требующих больших затрат энергии и характеризующихся трудностями проведения ремонтов; эффективность работы, в основном, на подвижных смесях; большая металлоёмкость и масса машины.

С точки зрения создания более совершенной конструкции распределительного узла шиберного устройства насоса, по сравнению с известными в настоящее время, следует обратить внимание на разработки сотрудников кафедры механизации строительных процессов Харьковского национального университета строительства и архитектуры [2,3].