

УДК 65.012.34:621.873.004.74

**ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПЛАНИРОВАНИЮ И ОРГАНИЗАЦИИ
СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ
В УСЛОВИЯХ УПЛОТНЕННОЙ ЗАСТРОЙКИ МЕГАПОЛИСОВ****©Коваленко В. А., Редька Е. С., Павкин Р. А., Коваленко Ж. И.***Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»***Інформація про авторів:**

Коваленко Валентин Олександрович: ORCID; 0000-0001-9161-198X; potap53@i.ua; кандидат технічних наук; професор кафедри підйомно-транспортних машин та обладнання; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, Україна.

Редька Євген Сергійович: ORCID 0000-0002-4905-5200; pels63@yandex.ru; студент машинобудівного факультету; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61000, Україна.

Павкін Роман Андрійович: ORCID 0000-0001-8092-5326; rpravkin@mail.ru; студент машинобудівного факультету; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61000, Україна.

Коваленко Жанна Іванівна: ORCID 0000-0001-6964-7054; platon-54@mail.ru; завідувач відділом «Технічний аудит і інжиніринг» Науково-дослідного центру «Промислова безпека та технічний аудит» Міжгалузевого інституту післядипломної освіти НТУ «ХПІ»; вул. Пушкінська 79/1, м. Харків 61024.

На основі аналізу особливостей експлуатації підйомно-транспортної техніки в умовах ущільненої забудови мегаполісів вирішена практична задача з демонтажу баштового крана КБ-674А після завершення будівництва.

Складність вирішення завдання визначалася низкою чинників, які не були враховані при розробці проекту виконання робіт (ПВР) на початковий етап будівництва, але на момент закінчення будівництва стали визначальними.

Відсутність монтажної зони внаслідок забудови прибудинкової території об'єктами інфраструктури, скорочення довжини кранової колії до довжини монтажних ланок, розташування на трасі можливого підходу техніки зелених насаджень, наявність входу в станцію метрополітену, інтенсивної транспортної артерії з тролейбусними маршрутами, ліній електропередач, підземних комунікацій – далеко неповний перелік факторів, який відчутно ускладнювали реалізацію поставленого завдання.

В основу ПВР на демонтаж крана були покладені результати 3D-моделювання етапів процесу демонтажу, які були отримані з урахуванням особливостей конструкції баштового крана КБ-674А, логістики будівельного майданчика і можливостей сучасних мобільних кранів.

Практична реалізація ПВР підтвердила не тільки ефективність запропонованого рішення, але й значимість логістичного підходу до планування та організації будівельних і монтажних робіт.

Ключові слова: баштовий кран; монтаж/демонтаж; проект виконання робіт; будівельний майданчик; організація робіт.

Коваленко В. А., Редька Е. С., Павкин Р. А., Коваленко Ж. И. «Логистический подход к планированию и организации строительно-монтажных работ в условиях уплотненной застройки мегаполисов».

Піднімально-транспортні машини

На основе анализа особенностей эксплуатации подъемно-транспортной техники в условиях уплотненной застройки мегаполисов решена практическая задача по демонтажу башенного крана КБ-674А после завершения строительства.

Сложность решения задачи определялась рядом факторов, которые не были учтены при разработке проекта производства работ (ППР) на начальный этап строительства, но на момент окончания строительства стали определяющими.

Отсутствие монтажной зоны вследствие застройки придомовой территории объектами инфраструктуры, сокращение длины кранового пути до длины монтажных звеньев, расположение на трассе возможного подхода техники зеленых насаждений, наличие входа в станцию метрополитена, интенсивной транспортной артерии с троллейбусными маршрутами, линий электропередач, подземных коммуникаций – далеко неполный перечень факторов, ощутимо усложнявших реализацию поставленной задачи.

В основу ППР на демонтаж крана были положены результаты 3D моделирования этапов процесса демонтажа, полученные с учетом особенностей конструкции башенного крана КБ-674А, логистики строительной площадки и возможностей современных мобильных кранов.

Практическая реализация ППР подтвердила не только эффективность предложенного решения, но и значимость логистического подхода к планированию и организации строительных и монтажных работ.

Ключевые слова: башенный кран; монтаж/демонтаж; проект производства работ; строительная площадка; организация работ.

Kovalenko V., Redka Ye., Pavkin R., Kovalenko J. “Logistics approach to planning and organization constructions and assembly works under seal construction megalopolises”.

The practical task on KB-674A column crane removing, after the construct completion, was solved based on special aspects of handling equipment in conditions of megalopolises denser development.

The main difficulty in handling of the task was being determined by the several factors, which hadn't been included during the program of fulfilling the works (PFW) at the beginning of the building, but by the moment of the construction became determinative.

The absence of the erection zone due to adjacent territory development with infrastructure, reducing runway length till the length of adjusting elements, planting on the track of the possible machinery access, intensive traffic artery with trolleybus routes, transmission cables, underground utilities were not a complete list of the practical tasks, which requested necessary solutions.

The basis of PFW on crane teardown was based on 3D modeling results of teardown process, got including crane design features of KB-674A column, logistics of building ground and abilities of modern mobile cranes.

The practical realization of PFW confirmed not only effectiveness of proposed solution, but the importance of logical approach to planning and organization of construction and installation works.

Keywords: tower crane; assembly/disassembly; production design work; construction site; the organization works.

1. Введение

Промышленное и гражданское строительство Украины относится к сегменту экономики, который не только поддерживает внутренний рынок, но и обеспечивает привлечение инвестиций и современных технологий в страну. Поэтому сегодня, как никогда, важно использовать строительство в качестве полигона для отработки эффективных логистических решений, не забывая о том, что новое рабочее место в строительстве приводит к восьми новым рабочим местам в смежных отраслях.

В этом плане представляет значительный практический интерес оптимизация организации работы подъемно-транспортной и строительно-дорожной техники при застройке мегаполисов в стесненных условиях. Организация грузопотоков, выбор техники, маршруты движения, безопасные зоны работы техники – это далеко не полный перечень реальных задач, решение которых способствует максимальной эффективности и безусловной безопасности проекта, что в конечном итоге положительно сказывается на его инвестиционной привлекательности.

2. Существующие проблемы и задачи исследования

Главная проблема при строительстве в условиях кризиса и финансовой нестабильности заключается в сохранении рентабельности и «инвестиционной привлекательности» проекта, особенно для частных инвесторов.

Исторические центры мегаполисов либо участки с развитой транспортной и деловой инфраструктурой, по-прежнему привлекательны, несмотря на высокую стоимость покупки или аренды земельных участков.

Изменения в подходах к строительству [1–5], в частности, увеличение полезной площади за счет увеличения высотности, уплотнение строительных площадок, сокращение времени строительства, отказ от строительства по схеме ДСК и переход к монолитно-каркасному домостроению, привели к появлению на рынке современного высокотехнологичного подъемно-транспортного оборудования, в первую очередь, башенных кранов, обеспечивающих решение сложных инженерных задач.

При этом стоит отметить, что, несмотря на относительный застой строительного рынка (по данным Госстата Украины, снижение показателя ввода в эксплуатацию жилья в январе...июне 2015 году к январю...июню 2014года без учета введенного жилья по временному порядку составило 14,1 % — до 3 млн 311,4 тыс. кв. м.), экспансия иностранных производителей башенных кранов на рынке не уменьшилась, в относительных цифрах даже выросла, о чем свидетельствуют данные общей площади введенных зданий. Нельзя не согласиться с мнением [2], что быстрое устаревание башенных кранов серии КБ и, как следствие, небезопасная эксплуатация заставляет застройщиков переходить на импортную высокотехнологичную технику ведущих производителей. Это бесспорный факт, который подтверждается использованием кранов серии КБ-403 только при строительстве кирпичных домов ограниченной высотности в Украине, рис. 1.

К сожалению, официальная статистика о количестве башенных кранов, ввезенных в Украину за последние 10 лет отсутствует. Парк башенных кранов в Украине представлен, в

Піднімально-транспортні машини

основном кранами для высотного жилищного строительства: Linden Comansa, Liebherr, Potain, а также многочисленными китайскими производителями.



Рис. 1 – Краны серии КБ-403, 405 и 408 на строительстве жилого комплекса

существенной. На этом фоне все более актуальным становится повышение эффективности использования дорогостоящей техники за счет пересмотра подходов при проектировании организации строительства и, как следствие, проектов производства работ [3, 6–8].

3. Ключевые составляющие пути решения проблем

Технический прогресс, совершенствование строительной техники и технологий строительства ставят все более сложные задачи перед застройщиками. Как правило, объему, величине и сложности проекта сопутствуют риски, которые напрямую связаны с весомостью названных показателей [6, 8].

Исключить риски и минимизировать влияние неблагоприятных факторов, отрицательно сказывающихся на выполнении инвестиционных обязательств, может комплексный подход к полному поэтапному планированию. Важно понимать, что сложные проекты требуют индивидуального подхода, способного в полной мере оценить весомость всех факторов и генерировать единственно правильное решение конкретной проблемы на всех ее этапах, начиная от выбора техники и заканчивая ее демонтажем со строительного объекта.

3.1. Особенности выбора башенных кранов в условиях уплотненной застройки

Совершенно очевидно, что строительная индустрия «вынуждена» соответствовать мировым тенденциям, предполагающим управление сложными грузопотоками. В первую очередь это касается строительства в условиях уплотненной застройки, где реально существует необходимость в эффективных логистических решениях. Безусловно, что у нас задачи не уровня перестройки исторического центра столицы Германии [5, 8], но тем не менее.

Определяющим фактором при выборе башенного крана является проект объекта, принятая технология строительства и логистика грузопотоков на объекте и в его непосредственной близости.

При этом надо учитывать особенности монтажа/демонтажа, эксплуатации, место и способ установки, климатические условия, выделенную мощность, расположение объекта. Вышеперечисленные показатели, плюс технические характеристики кранов, дают возможность разработать проект производства работ, который представляет собой не «веселые картинки», а реальную дорожную карту строительства.

Піднімально-транспортні машини

Рис. 2 – Демонтаж «замурованного» башенного крана при строительстве жилого дома, г. Ивано-Франковск, 2006 г.

обусловлено высокими эксплуатационными показателями, в первую очередь вылету и возможностью крепления к строящемуся зданию или установке внутри его, рис. 3.

Учитывая тот факт, что башенные краны определяют практически всю логистику грузопотоков на объекте, определение оптимального количества и места установки кранов является приоритетной задачей при разработке ППР. При выборе кранов следует не забывать, что для решения таких задач могут использоваться краны только с поворотным оголовком.

Вопросы безопасной работы при совместной работе нескольких единиц строительной техники должны выделяться в отдельную задачу, начальные условия которой формирует ППР.



Рис. 3 – Комбинированная установка приставных башенных кранов, г. Харьков, 2015 г.

3.2. Системы безопасности башенных кранов. Анतिकоллизионные системы

Базовыми приборами безопасности, которыми должны быть оснащены башенные краны в соответствии с действующей нормативной базой, являются ограничители грузоподъемности, высоты подъема, передвижения крана, передвижения каретки (изменения вылета) и поворота.

Несмотря на более жесткие требования к системам безопасности, предъявляемые европейскими нормами EN 12077-2, в частности, о необходимости исключения возможности перегрузки кранов грузоподъемностью более 1т и грузовым моментом более 40.000 Н·м [9], ведущие производители внедряют новые технические решения.

Піднімально-транспортні машини

Компания Liebherr совместно с ABB разработали абсолютно новую систему управления приборами безопасности, в которой реализована концепция децентрализации, устраняющая необходимость в шкафах управления [9].

Неоспоримыми преимуществами перехода на децентрализованные системы безопасности являются возможность работы системы на этапах монтажа/демонтажа, уменьшение количества кабельной разводки и, как следствие, ненадежных разъемных подключений чувствительных к помехам, возможность самодиагностики благодаря сверке показаний датчиков и дополнительных системных вычислений. Например, вычитание из допустимой грузоподъемности при высоте подъема более 100 м массы грузового каната.

В Украине по-прежнему актуальной остается организация и обеспечение безопасной работы группы башенных кранов. Соблюдаемые во время планировки строительной площадки условия и правила расстановки подъемно-транспортной техники, в том числе башенных кранов, не гарантирует 100 % безопасности работы. Несмотря на различие высотных отметок установки башенных кранов, разграничение рабочих зон, исключающих возможность их пересечение, угроза столкновений и, как следствие, возникновение аварийной ситуации не устраняется полностью, рис. 3.

Комплексные решения по обеспечению безопасной работы башенных кранов (антиколлизийные системы) на мировом рынке апробированы давно, и постоянно модернизируются.

Современные антиколлизийные системы включают в себя целый комплекс связанных между собой механизмов и устройств. Новейшая разработка, например, система AC243 от SMIE [10], рис. 4, отслеживает положения крана относительно опасных зон и других кранов, задействованных на строительной площадке.

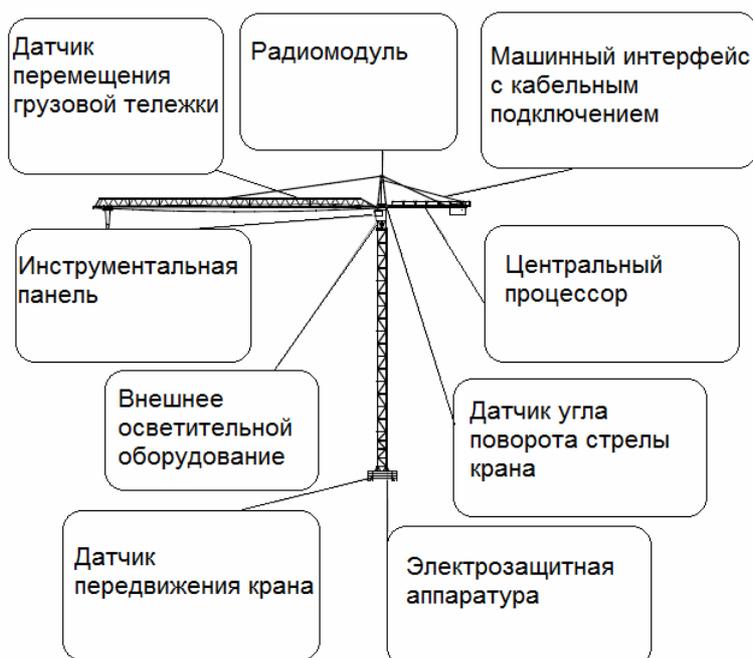


Рис. 4 – Структура системы AC243 от SMIE [10]

Система может обеспечивать контроль относительно 15 объектов. Это может быть открытая местность, над которой запрещено вести работы, открытые железнодорожные пути, высоковольтные линии, здания и сооружения, школы и т. д. В систему можно запрограммировать запрещенную для работы местность в виде прямых линий, кривых, окружностей или точек. Так же в зависимости от местности можно ограничить до определенного значения высоту крюковой подвески крана.

В антиколлизийном режиме система способна предотвращать опасность столкновения с рядом стоящими кранами (крюковой подвеской, стрелой, противовесной консолью, оголовком и растяжками). Причем эта система способна

Піднімально-транспортні машини

отслеживать объекты не только в статике, но и в динамике. Система отслеживает работу соседних кранов и способна оптимизировать скорость механизмов, а также обеспечить безопасную дистанцию между ними, а именно:

- определять положение груза, скорость его перемещения и направление перемещения;
- в реальном времени рассчитывать вероятность угрозы столкновения с соседними кранами с учетом их тормозных характеристик;
- мгновенно информировать крановщика об угрозе столкновения.
- задействовать автоматическое торможение при возникновении угрозы столкновения.

На рис. 5 приведен пример организации работы антиколлизионной системы при условии, что все краны, задействованные на строительной площадке, должны быть оборудованы приборами антиколлизионной системы.

Связь между кранами может быть организована посредством проводной сети (кабельное подключение, до 30 кранов в сети) или же посредством радиосвязи (до 9 кранов в сети). При работе более 9 кранов безопасность обеспечивается многоканальной радиосвязью.

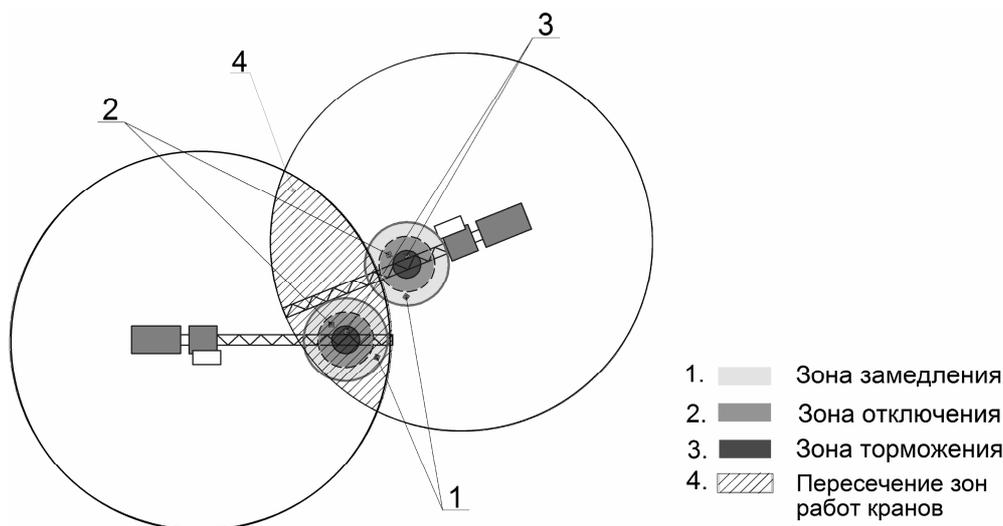


Рис. 5 – Организация работы антиколлизионной системы

Система способна производить самодиагностику, распознавать ошибки в работе датчиков и коммуникационных устройств, запоминать положения крана во время работы и в конце рабочего дня.

Возможна установка на башенные краны с поворотной и неповоротной башнями, с балочной, подъемной и телескопической стрелой, система легко адаптируется под любые типы кранов.

Достаточно весомым аргументом в пользу антиколлизионных систем является организация безопасной работы кранов, рис. 6, при строительстве моста через реку Вильде-Гера в Тюрингии.

4. Особенности монтажа/демонтажа башенных кранов

Как правило, монтаж/демонтаж башенных кранов производится в соответствии с Инструкцией завода-изготовителя и рекомендациями в виде Технологических карт на монтаж/демонтаж с учетом особенностей строительной площадки, которые впоследствии материализуются в ППР.

Піднімально-транспортні машини



Рис. 6 – Строительство моста через реку Вильде-Гера, Германия

Практическая реализация приведенных выше рекомендаций очень часто затруднена или невозможна по причине несоответствия разработанного на стадии начала строительства ППР реальной картине, сложившейся на момент демонтажа.

4.1. Подготовка ситуационного плана объекта на стадии окончания строительства

По завершению строительства жилого комплекса возникла необходимость демонтажа башенного крана, который обеспечивал строительство жилого комплекса, рис. 7.

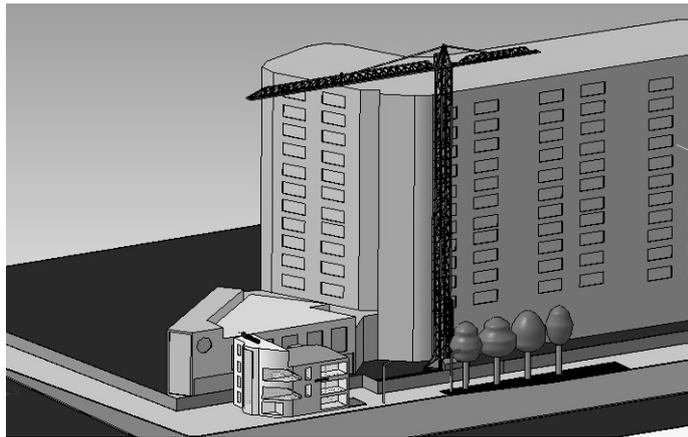


Рис. 7 – Башенный кран КБ-674 на строительстве жилого комплекса

Строительство комплекса продолжалось более 10 лет, велось в несколько этапов. К моменту окончания строительства реализовать рекомендации завода-изготовителя, Технологических карт на монтаж/демонтаж башенного крана КБ-674 и ППР не представлялось возможным из-за целого ряда причин и факторов, которые накапливались и наслаивались на протяжении всего строительства:

- отсутствие монтажной зоны вследствие застройки придомовой территории объектами инфраструктуры;
- сокращения длины кранового пути до длины монтажных звеньев;
- расположения на трассе возможного подхода техники зеленых насаждений, входа на станцию метрополитена, интенсивной транспортной развязки с троллейбусными маршрутами, линии электропередач, подземными коммуникациями.

Обязательные и традиционные требования к планированию остались без изменений:

- максимальная безопасность работ, регламентированная действующей нормативной документацией;

- завершение демонтажа крана в минимальные сроки;
- минимизация временных и финансовых затрат за счет снижения логистических издержек на строительной площадке.

Перечисленные факторы потребовали новых подходов, которые позволили предложить и реализовать алгоритм подготовки ППР для демонтажа крана, рис. 8.

4.2. Разработка проекта производства работ на демонтаж крана

В основу проекта производства работ на демонтаж крана положен ситуационный план, который был создан с учетом всех изменений и дополнений, которые имели место на объекте и не были учтены в каких-либо проектных документах, разрешениях и согласованиях на момент завершения строительства.



Рис. 8 – Алгоритм подготовки ППР для демонтажа башенного крана КБ-674

механизмов башенного крана для демонтажа секций башни до минимально допустимой высоты (22,1 м) в положении стрелы, определенном путем моделирования.

Демонтаж головной части стрелы, который требовалось выполнить на следующем этапе, определил круг задач, которые касались в первую очередь, характеристик и маневренности стрелового мобильного крана.

Рассмотрев и проанализировав возможности доступных мобильных стреловых кранов (грузовысотные характеристики, маневренность, системы безопасности, стоимость аренды, опыт работы крановщиков и т.д.), приоритет был отдан крану Tadano Faun ATF 220G-5. Путем моделирования было определено место установки стрелового крана относительно крана КБ-674, рис. 10, и предложен алгоритм выполнения работ по демонтажу головной части стрелы.

Дальнейшие работы предусматривали демонтаж всех оставшихся частей крана: корневой части стрелы, контргрузов и откидной секции с грузовой лебедкой, оголовка и контргруза, рис. 11 и выполнялись в соответствии с проектом производства работ и технологической картой по демонтажу башенного крана КБ-674А-5 с последующей его транспортировкой со строительной площадки на производственную базу.

Ситуационный план на момент демонтажа крана, рис. 9, позволил создать 3D-модель строительной площадки.

Многовариантное моделирование показало, что «традиционный» демонтаж стрелы не возможен принципиально из-за отсутствия свободной площадки необходимой длины. Единственно возможный вариант предполагал двухуровневый алгоритм демонтажа, который включал традиционный, с использованием

Піднімально-транспортні машини

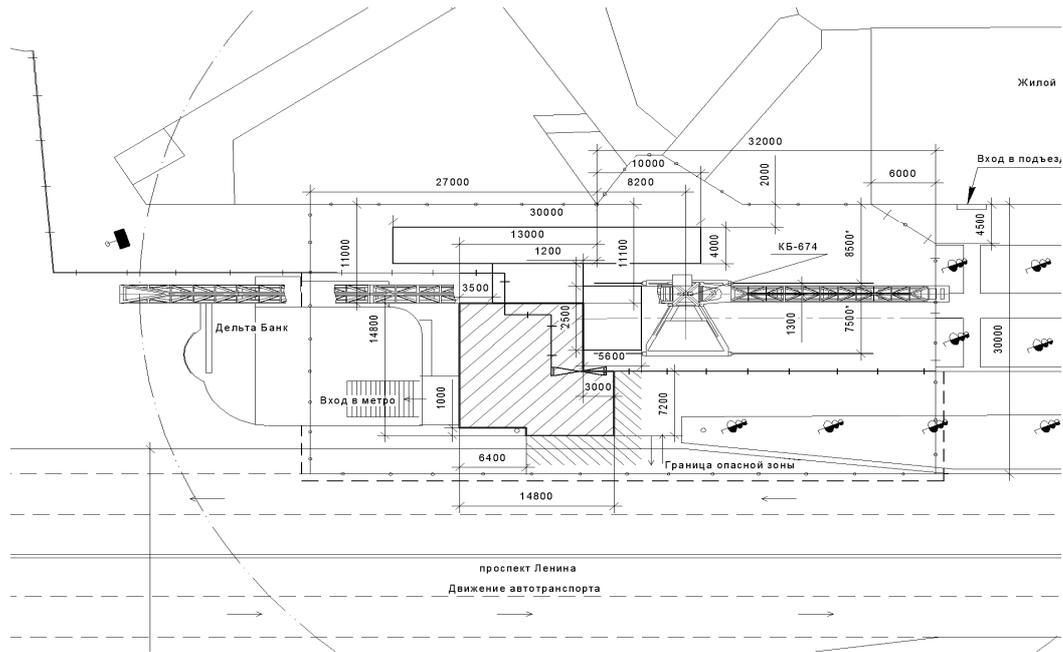


Рис. 9 – Ситуаційний план будівельної площадки перед демонтажем

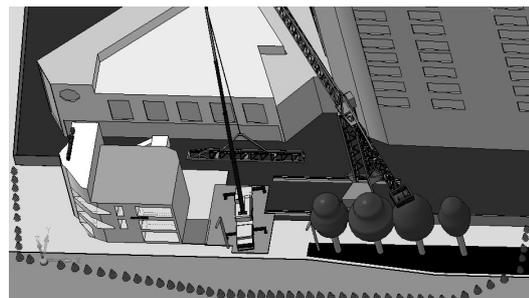
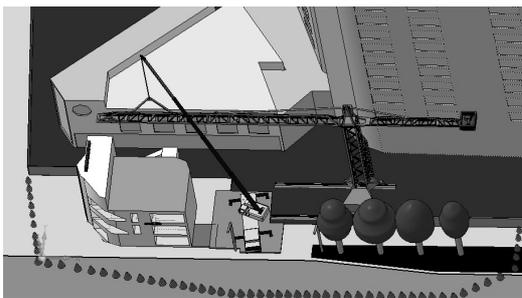


Рис. 10 – Демонтаж головної частини стрели краном Tadano Faun ATF 220G-5

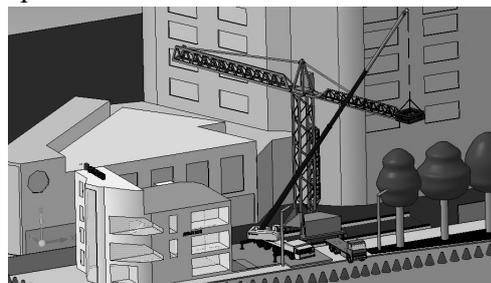
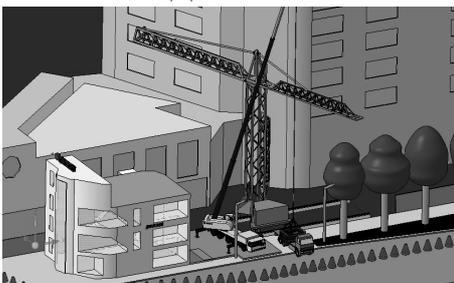


Рис. 11 – Демонтаж відкидної секції та подвижного противовеса башенного крана КБ-674

Выводы

1. Логистический подход к планированию и организации демонтажа башенных кранов в условиях уплотненной застройки позволяет реально снизить издержки и риски Заказчика.
2. Ситуационный план строительного объекта и 3D-моделирование являются ключевыми факторами, позволяющими на основе многовариантного моделирования решать сложные инженерно-технические задачи.
3. Оснащение строительных кранов антиколлизийными системами обеспечивает не только гарантированную безопасность работ, но и исключает появление в зоне ведения работ несанкционированного строительства и техники, не предусмотренных проектом производства работ.

Список использованных источников:

1. Корень В. Л. Какой башенный кран нужен Украинскому рынку / В. Л. Корень // *Подъемные сооружения специальная техника*. – 2007. – № 3 (67). – С. 8–10.
2. Ловков А. В. Рынок башенных кранов в России / А. В. Ловков // *Основные средства*. – 2014. – № 10. – С. 8–10.
3. Haladuda, G. Toplesskrane – die Vorteile und ihre Stellung im Markt [Электронный ресурс] / G. Haladuda, P. Hermanns // TEFBAU. – 2002 – Heft 8. – S. 422-430. – Режим доступа: http://www.baumaschine.de/fachzeitschriften/baumaschinen/bauportal_dateien/2002/heft8/a422_430.pdf/view
4. Böttcher P. Baustelleneinrichtung Betriebliche Organisation, Geräte, Kosten, Checklisten / P. Böttcher, H. Neuenhagen. – Wiesbaden u.a.: Bauverlag, 1997.
5. На перестройке исторического центра Берлина // *Логистика*. – 2001. – № 2. – С. 2–4.
6. Koop J. Sicherheit bei kranen / J. Koop, W. Hesse. – Heidelberg; Dordrecht; London; New York: Springer, 2011. – 330 s. doi:10.1007/978-3-642-12794-6.
7. Bargstädt H.-J. Grundlagen des Baubetriebwesens : Skriptum zur Vorlesung / H.-J. Bargstädt, R. Steinmetzer ; Bauhaus Universität Weimar. – Weimar, 2008. – S. 198–217.
8. Verheijen F. Die Zukunft im Turmdrehkrangeschäft [Электронный ресурс] / Frans Verheijen // VDBUM (Verband der Baumaschinen-Ingenieure und Maister e.V). – 2004. – Information 2. – S. 73–74. – Режим доступа: vdbum.de/download/C238859eaX1373af518baXY61e0/2_2004.pdf
9. Ketteler H. Sicherheitsgerichtete Steuerungen an Turmdrehkrane / H. Ketteler // TIEFBAU. – 2005. – N 5. – S. 289–282. digital.de/BAUPD.05.2005.289
10. SMIE Antikollision und Arbeitsbereichbegrenzungen für Turmdrehkrane [Электронный ресурс] : Kundenbeschreibung. – 2015. – Режим доступа: http://www.smie.com/docs_pdf/D_AK-AC_243.pdf

References

1. Koren, V 2007, 'Kakoy bashenny kran nuzhen Ukrainskomu rynku', *Podyemnyye sooruzheniya. Spetsialnaya tekhnika*, no. 3(67), pp. 8-10.
2. Lovkov, A 2014, 'Rynok bashennykh kranov v Rossii', *Osnovnye sredstva*, no. 10, pp. 8-10.
3. Haladuda, G & Hermanns, P 2002, 'Toplesskrane – die Vorteile und ihre Stellung im Markt', *TIEFBAU*, vol. 8, pp. 422-430.
4. Böttcher, P., Neuenhagen, H 1997, *Baustelleneinrichtung Betriebliche Organisation, Geräte, Kosten, Checklisten*, u.a. Bauverlag, Wiesbaden.
5. 2001, 'Na perestrojke istoricheskogo tsentra Berlina', *Logistika*, no. 2, pp. 2-4.
6. Koop, J & Hesse, W 2011, *Sicherheit bei kranen*, Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York. doi:10.1007/978-3-642-12794-6.
7. Bargstädt, H-J & Steinmetzer, R 2008, 'Grundlagen des Baubetriebwesens', *Skriptum zur Vorlesung*, pp. 198-217.
8. Verheijen, F 2004, 'Die Zukunft im Turmdrehkrangeschäft', *VDBUM (Verband der Baumaschinen-Ingenieure und Maister e.V)*, Inf. 2, pp. 73–74, viewed 30 November 2015, <vdbum.de/download/C238859eaX1373af518baXY61e0/2_2004.pdf>.
9. Ketteler, H 2005, 'Sicherheitsgerichtete Steuerungen an Turmdrehkrane', *TIEFBAU*, no. 5, pp. 289-282, viewed 30 November 2015, <digital.de/BAUPD.05.2005.289>.
10. SMIE Antikollision und Arbeitsbereichbegrenzungen für Turmdrehkrane. Kundenbeschreibung, viewed 30 November 2015, <http://www.smie.com/docs_pdf/D_AK-AC_243.pdf>.

Стаття надійшла до редакції 30 листопада 2015 р.