

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ УНИКАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.Ф. Андрюшенков, Н.С. Воловник, А.А. Андрюшенков
ФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В процессе разработки проектов производства работ (ППР) при строительстве уникальных зданий и сооружений возникает необходимость детального рассмотрения технологических решений возводимого объекта. Особенности разработки ППР рассмотрены на примере факельной башни в составе факельной установки предприятия по переработке нефти. Проблемы организационно-технологического проектирования (разработка ППР) для такого типа сооружений приходится решать многократно, ввиду того что по всей стране идет модернизация предприятий по переработке нефти. Полученные результаты расчетов позволяют получить более рациональные технологические решения для строительства факельной башни, влияющие на сроки ввода факельной установки в эксплуатацию.

Методы. Технология строительства факельной башни в составе факельной установки достаточно сложна, что обусловлено конструктивными особенностями уникального сооружения и стесненной строительной площадкой. Выбор технологии строительства факельной башни производился с учетом особенности ее конструктивного решения и детального рассмотрения вариантов механизации монтажа. Варианты были оценены с использованием экономического критерия (приведенных затрат). В расчетах заложены современные монтажные краны, рекомендованные для использования на данном типе уникальных сооружений.

Результаты. В результате технико-экономических расчетов технологии возведения факельной башни был выбран метод ее возведения, соответствующий рациональному варианту механизации монтажных работ. В статье даны результаты расчетов приведенных затрат по вариантам, а также технические характеристики кранов. Технология монтажа факельной башни организована с укрупнительной сборкой блоков башни.

Заключение. Разработана технология монтажа по смешанной схеме по выбранному варианту.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: уникальное сооружение, факельная башня, организационно-технологические расчеты, технология возведения факельной башни по смешанной схеме.

© А.Ф. Андрюшенков, Н.С. Воловник, А.А. Андрюшенков



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

TECHNOLOGY OF UNIQUE BUILDINGS' CONSTRUCTION IN THE CONSTRAINED CONDITIONS OF OPERATING ENTERPRISE

A.F. Andryushenkov, N.S. Volovnik, A. A. Andryushenkov
Siberian State Automobile and Highway University,
Omsk, Russia

ABSTRACT

Introduction. There is a need for detailed consideration of technological solutions of the constructed object while the process of the work projects' development (WPD). The features of WPD development are considered on the basis of the flare tower as a part of the flare installation of the oil refining enterprise. The problems of organizational and technological design (development of WPD) for such facilities' type should be solved many times due to the fact that there is a modernization of oil refining enterprises in the country. Moreover, the obtained results of calculations allow conducting more rational technological solutions for the construction of the flare tower and such solutions affect the period of the flare installation.

Materials and methods. The technology of the flare tower construction as a part of the flare installation is quite complex due to the features of the unique structure and cramped construction site. Accordingly, the choice of technology for the flare tower construction is made by using the features of its design solution and by the detailed consideration of options for installation mechanization. The options are evaluated by using an economic criterion (reduced cost). The calculations are based on modern installation cranes recommended for usage on this type of unique structures.

Results. As a result of technical and economic calculations of the flare tower construction technology, the method of its construction is chosen due to the rational version of installation mechanization. The paper presents the calculations' results of the given costs and the technical characteristics of the cranes. In addition, the technology of the flare tower installation is organized with the method of the tower blocks assembly.

Discussion and conclusions. As could be seen, the construction technology by the mixed scheme on the chosen option is developed by the authors.

KEYWORDS: unique structure, flare tower, organizational and technological calculations, technology of the flare tower construction according to the mixed scheme.

© A.F. Andryushenkov, N.S. Volovnik, A. A. Andryushenkov



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих лет на Омском нефтеперерабатывающем заводе (далее – Омском НПЗ) реализуется крупномасштабная программа модернизации, целью которой является создание фактически нового предприятия, технологического лидера отрасли. Омский НПЗ наряду с модернизацией осуществляет масштабную экологическую программу. Поэтому все реализуемые предприятием проекты технического перевооружения решают в том числе и экологические задачи, внедряются передовые стандарты промышленной и экологической безопасности. Благодаря реализации программы модернизации Омским НПЗ за последние годы при росте переработки на треть удалось снизить на 36% воздействие производства на окружающую среду. По объему инвестиций и эффективности реализуемых проектов Омский НПЗ – лидер внедрения природоохранных инициатив.

Одним из объектов модернизации на Омском НПЗ является факельная установка – совокупность устройств, аппаратов, трубопроводов и сооружений для сжигания сбрасываемых паров и газов. Обсуждение вопросов проектирования, строительства и эксплуатации уникальных зданий и сооружений находится постоянно под пристальным вниманием отечественных и зарубежных ученых, что отражено в целом ряде работ и говорит об актуальности вопросов обсуждения [1,2,3,4,5,6,7,8].

В работах ученых отмечено, что возведение высотных зданий и сооружений должно базироваться на применении современных технологий и высокопроизводительного современного монтажного оборудования (современных монтажных кранов).

В работе [8] Elbakheit A.R. уделяет внимание потенциальным технологиям JF Sustainable при возведении высотных сооружений и зданий. В работе [9] С.А. Синенко, Э.Эммин и др. анализируют опыт применения новых технологий возведения высотных зданий на примере строительства комплекса ММДЦ «Москва-Сити», где рассмотрены современные монтажные краны при строительстве объекта. В работах [10,11] зарубежные авторы отмечают особенности возведения высотных зданий и сооружений в XXI веке, Лю Ж. и Чоу У. акцентируют внимание на сохране-

нии тепла и вопросах пожарной безопасности высотных зданий как при их возведении, так и при эксплуатации.

В работах [12,13] Н.В. Самосудова приводит обзор современных тенденций развития строительных технологий на примере Китая, а также в работе [13] совместно с А.Д.Черкасс уделяет внимание современным технологиям возведения высотных зданий с применением уникальной технологии 3Д-принтера. Авторы отмечают, что, учитывая высокую степень ответственности высотных зданий, данная технология дает высокую производительность труда и качество работ. В [14] А.Д. Кирнев и Г.В. Несветаев приводят современную информацию о применяемых монтажных кранах для высотного строительства.

В работах отечественных и зарубежных ученых отмечается целый ряд особенностей не только в применении инновационных материалов, но и технологий при возведении уникальных зданий и сооружений [15,16]. Работы [17,18] посвящены вопросам организационно-технологического проектирования, включая вопросы безопасности при их строительстве и эксплуатации [19].

М.В. Миронов и Ю.Е. Острякова в статье «Изменения в градостроительном кодексе в 2017 г. и их влияние на деятельность СРО»¹ рассмотрели изменения в градостроительном кодексе и их влияние на организационно-технологическое проектирование и деятельность саморегулируемых строительных организаций в строительстве (СРО).

Г.И.Абдуллаев в работе [20] связывает организационно-технические параметры строительства с уровнем надежности возводимых сооружений.

Авторы С.А. Синенко и А.М. Славин в работе [21] непосредственно рассматривают вопросы выбора оптимального организационно-технологического решения и дают рекомендации.

С.А. Чебанова, О.В. Бурлаченко, В.Г. Поляков в работе [22] освещают очень актуальную информацию – организационно-технологические решения в стесненных городских условиях. Однако в работах недостаточно полно рассмотрены вопросы организации и технологии возведения уникальных зданий и сооружений. Цель работы – на основании изучения методов организации и технологии возведения со-

¹ Миронов М.В., Острякова Ю.Е. Изменения в градостроительном кодексе в 2017 г. и их влияние на деятельность СРО // Теория и практика технических, организационно-технологических решений. Иваново., 2017. С.121–130.

оружий башенного типа предложить метод выбора рационального решения технологии возведения факельной башни в стесненных условиях действующего предприятия.

КОНСТРУКТИВНАЯ СИСТЕМА ФАКЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Факельная система представляет собой комплекс сооружений, имеющих в своем составе три факельных ствола и общую для них факельную башню, обслуживающие площадки, ограждение факела. Факельная башня предназначена для сжигания газов и сброса продуктов сгорания в атмосферу.

Территория факельного блока радиусом 130 м ограждена металлическим сетчатым ограждением. Произведено благоустройство территории.

Вертикальная труба с оголовком, затвором, средствами контроля автоматизации является факельным стволом, который обеспечивает раздельное сжигание газов и сброс продуктов сгорания в атмосферу.

Факельная система с опорной башней и опускаемыми стволами является распространенным вариантом опорных конструкций высотных факельных систем. Факельный оголовок установлен на вершине одного или нескольких факельных стволов, удерживающихся вертикально опорной башней. Как и у традиционной факельной системы требуется дополнительный фундамент для опор башни.

Башня факела имеет в плане треугольное очертание с длиной сторон 20,0 м до отметки 108,0 м, трапециевидное очертание в плане с отметки 108,00 м до отметки 120,00 м. Высота факельных стволов 124 м.

Уникальность факельной башни подтверждается рядом характеристик, отмеченных в «Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» (Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ).

Соединение секций башни осуществляется на фланцах, соединение элементов решетки болтовое при помощи фасонки.

Диафрагмы в башне располагаются с шагом 12 м. Конструктивное исполнение узла опирания факельного ствола с диафрагмой обеспечивает восприятие боковых нагрузок от ствола. Диафрагмы используются в качестве площадок обслуживания узлов опирания и переходных площадок для подъема к факельному оголовку.

Башня факела выполнена из труб. Подъем на площадки обслуживания осуществляется по металлическим стремянкам. Ограждения

площадок обслуживания и стремянок выполнены из прокатных профилей. Для обеспечения устойчивости стволы присоединяются к опорной решетчатой башне через узлы опирания.

Опорная башня запроектирована полностью пирамидальной. Элементы башни выполнены из труб с маркой стали 09Г2С-12. Стойки выполнены из труб диаметром 710–325 мм, связи 325-140 мм. На рисунке 1 представлен разрез башни на отметке +24,00 м. На отметке 120 м располагается световое ограждение для обеспечения безопасности полетов авиации в соответствии с требованиями РЭГА РФ-94 «Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов РФ».

Уровень ответственности факельной башни – особо высокий (1а) (п. 9.1 ГОСТ Р 54257–2010). В связи с этим необходим мониторинг технического состояния объекта как на стадии монтажа, так и на стадии его эксплуатации, что представляет значительный интерес и может быть темой специальных исследований.

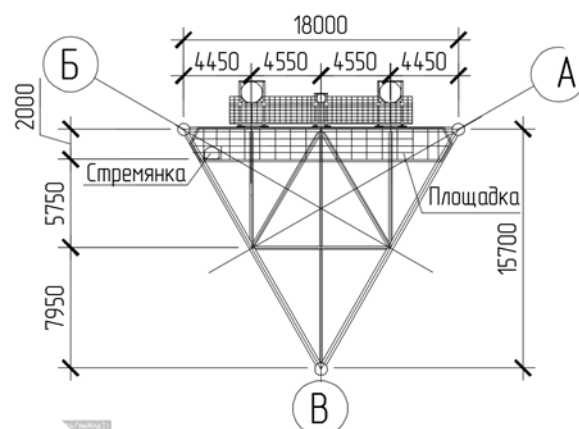


Рисунок 1 – Разрез башни на отметке +24,00

Figure 1 – Around section of the tower at +24,00

МЕТОДЫ. ВАРИАНТЫ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Метод монтажа факельной башни и подробная технология возведения сооружения в составе ППР предшествуют началу строительства – это подготовка к строительству объекта.

Особенно это актуально при возведении уникальных объектов, к которым относится факельная башня.

Проблема возведения уникального сооружения высотой 120 м требует разработки метода его возведения.

Для данного сооружения приемлемым ме-

тодом может быть метод наращивания. Но данный метод может иметь в каждом конкретном случае свои особенности. Предлагается возведение факельной башни методом наращивания по смешанной схеме.

Статья отражает аспекты технологии возведения опорной (факельной) башни начиная с рассмотрения вариантов технологии возведения, их технико-экономического обоснования и описания выбранного варианта технологии, соответствующего данной методологии.

В статье рассматриваются 2 варианта возведения факельной башни.

Башня возводится в стесненных условиях действующего промышленного предприятия. При этом в данных условиях необходимо организовать всю строительную площадку: разместить монтажные краны, площадку укрупнительной сборки секций, подъездные пути и приобъектное складское хозяйство. Особенности пространственно-стержневой конструкции башни влияют на технологию ее возведения.

Опираясь на данные архитектурно-конструктивных решений, условия строительства, рассмотрим варианты монтажа башни по смешанной схеме.

Вариант 1 – осуществлять монтаж до отметки +48,000 посекционно автокраном TEREX AC350, с отметки +48,000 поэлементно самоподъемным краном УПК-4.

Вариант 2 – осуществлять монтаж до отметки +48,000 посекционно автокраном - Libher LG 1 550, а с отметки +48,000 поэлементно самоподъемным краном УПК-4.

Варианты монтажа факельной башни представлены на рисунке 2.

Были рассмотрены варианты монтажа башни разными монтажными кранами с расчетом производительности и определением экономического критерия – приведенных затрат комплектов механизации. Секции башни, как и все ее тело, представляют пространственную конструкцию. В нижней части башни секция имеет размеры в плане в виде треугольника со стороной 18 м. Высота секции 12 м. Вес самой тяжелой секции – 23 т.

Выбор монтажных кранов осуществлялся традиционно начиная с расчета монтажных характеристик, а затем по современной справочной литературе [15] были определены технические характеристики монтажных кранов.

При определении монтажных характеристик было учтено: масса самой тяжелой секции 22,517 т, такелажная оснастка для

подъема секции 0,448 т. При поэлементном монтаже: масса самого тяжелого элемента 4,5 т, такелажная оснастка для подъема элементов 0,028 т.

Техническая производительность крана P_T определялась по формуле [15]:

$$P_T = (60 / t_{\text{ц}}) \cdot Q \cdot K_r, \quad (1)$$

где Q – грузоподъемность крана, т (принимается по техническому паспорту);

K_r – коэффициент использования крана по грузоподъемности;

$t_{\text{ц}}$ – продолжительность монтажного цикла работы крана, мин.

Критерием при выборе рационального варианта является минимум приведенных затрат [15]:

$$P_{\text{з.уд}} = C_{ei} + E_n \cdot K_{i\text{уд}} \rightarrow \min \quad (2)$$

где C_{ei} – себестоимость монтажа одной тонны конструкции, руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, в расчетах принимается равным 0,15, 1/год. Данный коэффициент обратно пропорционален сроку окупаемости капитальных вложений;

$K_{i\text{уд}}$ – удельные капитальные вложения по i -му варианту, руб.

$$C_{ei} = \frac{C_{\text{маш.-ч}} \cdot 8,2 \cdot n_{\text{маш.-см}}}{P_{\text{н.см}}}, \quad (3)$$

где $C_{\text{маш.-ч}}$ – себестоимость маш.-часа работы i -го крана, руб; [15];

8, 2 – продолжительность рабочей смены, час;

$n_{\text{маш.-см}}$ – количество маш.-см работы крана на строительной площадке;

$P_{\text{н.см}}$ – нормативная сменная эксплуатационная производительность крана на монтаже конструкций данного потока, т/см.

Данные расчетов приведены в таблицах 1, 2.

Для расчетов себестоимости эксплуатации комплектов монтажных кранов использованы исходные данные: балансовая стоимость, руб TEREX DEMAG AC-350 – 88 000 000; УПК -4 – 870 000. Мощность, кВт: TEREX DEMAG AC-350 – 205; УПК -4- 100. Балансовая стоимость, руб. Libher LG 1550– 180 000 000; Мощность, кВт Libher LG 1550-300.

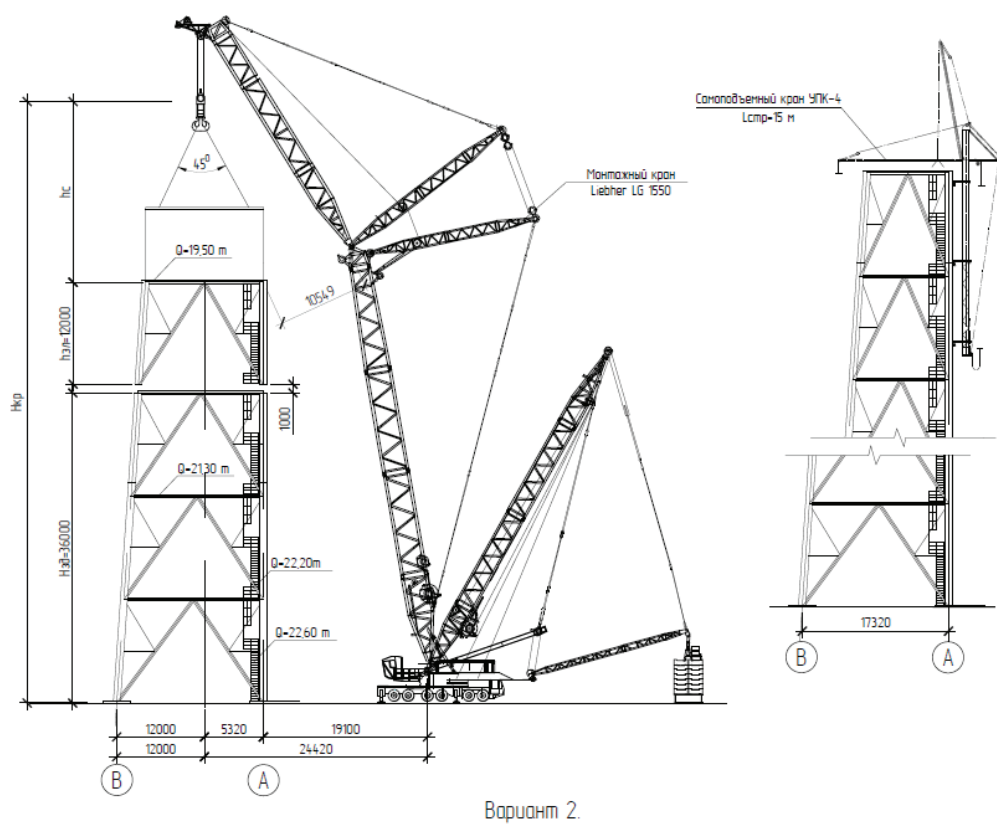
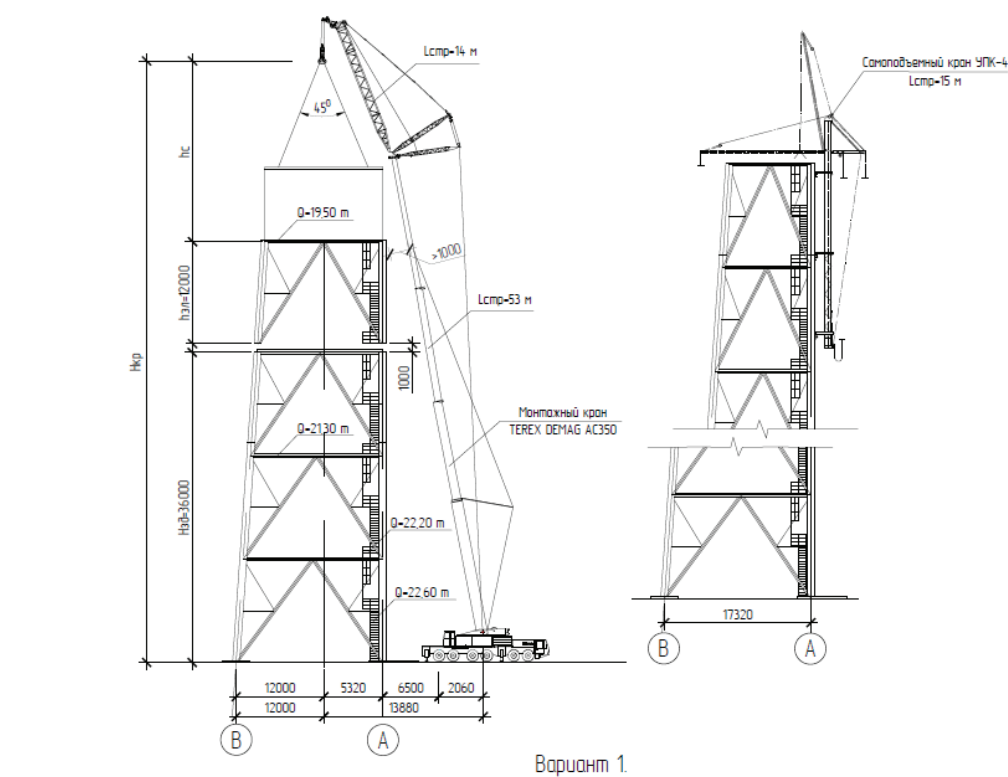


Рисунок 2 – Варианты возведения факельной башни

Figure 2 – Variants of the flare tower construction

ТАБЛИЦА 1
ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ ПЕРВОГО ВАРИАНТА КРАНОВ
TABLE 1
COSTS OF THE FIRST CRANE VARIANT

Наименование показателя	Ед.изм	TEREX DEMAG AC-350	УПК-4
Производительность	т/час	13,86	1,77
Себестоимость эксплуатации	тыс. руб./год	33 069	10 876
Приведенные затраты	руб./т	989 4,4	195 94,5
Всего	руб./т	294 88,9	

ТАБЛИЦА 2
ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ ВТОРОГО ВАРИАНТА КРАНОВ
TABLE 2
COSTS OF THE SECOND CRANE VARIANT

Наименование показателя	Ед.изм	Libher LG 1550	УПК-4
Производительность	т/час	13,94	1,77
Себестоимость эксплуатации	тыс. руб./год	56 428	10 876
Приведенные затраты	руб./т	175 85,2	195 94,5
Всего	руб./т	371 79,7	

В результате расчетов предпочтение отдается первому варианту.

Предлагаемая авторами технология возведения факельной башни не является традиционной. В данном техническом проекте авторами выполнены предложения по технологии возведения факельной башни, которые соответствуют ее конструктивному решению, отражают уникальность сооружения и строительство в стесненных условиях действующего предприятия. Организационно-технологическая документация, содержащая данную информацию по возведению факельной башни, способствует принятию рациональных и правильных инженерных решений.

Монтаж башни выполняется в 2 этапа.

Перед монтажом на площадке укрупнительной сборки, выполненной из дорожных плит, необходимо собрать элементы в секцию. В укрупнительную сборку входят работы по монтажу элементов, постановки высокопрочных болтов. Все элементы секции поступают с завода готовыми к сборке с отверстиями для болтов.

После укрупнительной сборки проводится антикоррозийная защита всех элементов секции.

Затем производят монтаж секции автомобильным краном TEREX DEMAG AC-350. При монтаже удерживают монтируемую секцию тремя оттяжками от кручения и касания ранее смонтированных конструкций.

МОНТАЖ СЕКЦИЙ БАШНИ КРАНОМ TEREX DEMAG AC350

Автомобильным краном TEREX DEMAG AC350 выполняется монтаж секций С-1, С-2, С-3, С-4.

Перед монтажом на площадке укрупнительной сборки необходимо объединить в монтажные блоки: секцию С-1 с отметки +0,250 до отметки +12,00 и секцию С-2. Произвести монтаж этих секций в проектное положение. Затем повторить операции с секциями С-3 и С-4.

Секции собираются целиком: несущие конструкции, площадки, лестницы и прочие элементы. Особое внимание следует уделить установке элементов усиления, опорных столиков, необходимых для установки опорных балок самоподъемного крана.

Монтаж секций автокраном ведется в следующей последовательности:

- застропить монтируемую секцию на площадке укрупнительной сборки автокраном;
- поворотом стрелы автокрана установить монтируемую секцию в положение, предшествующее монтажу;
- установить оттяжки из капронового каната;
- установить секцию в проектное положение и закрепить согласно проекту. При монтаже удерживать монтируемую секцию тремя оттяжками от кручения и касания ранее смонтированных конструкций;
- выполнить расстроповку секции;

- монтаж следующих секций вести согласно предыдущих пунктов. На рисунке 3 изображено положение крана TEREX DEMAG AC350 при укрупнительной сборке и монтаже секций С-1, С-2, С-3, С-4.

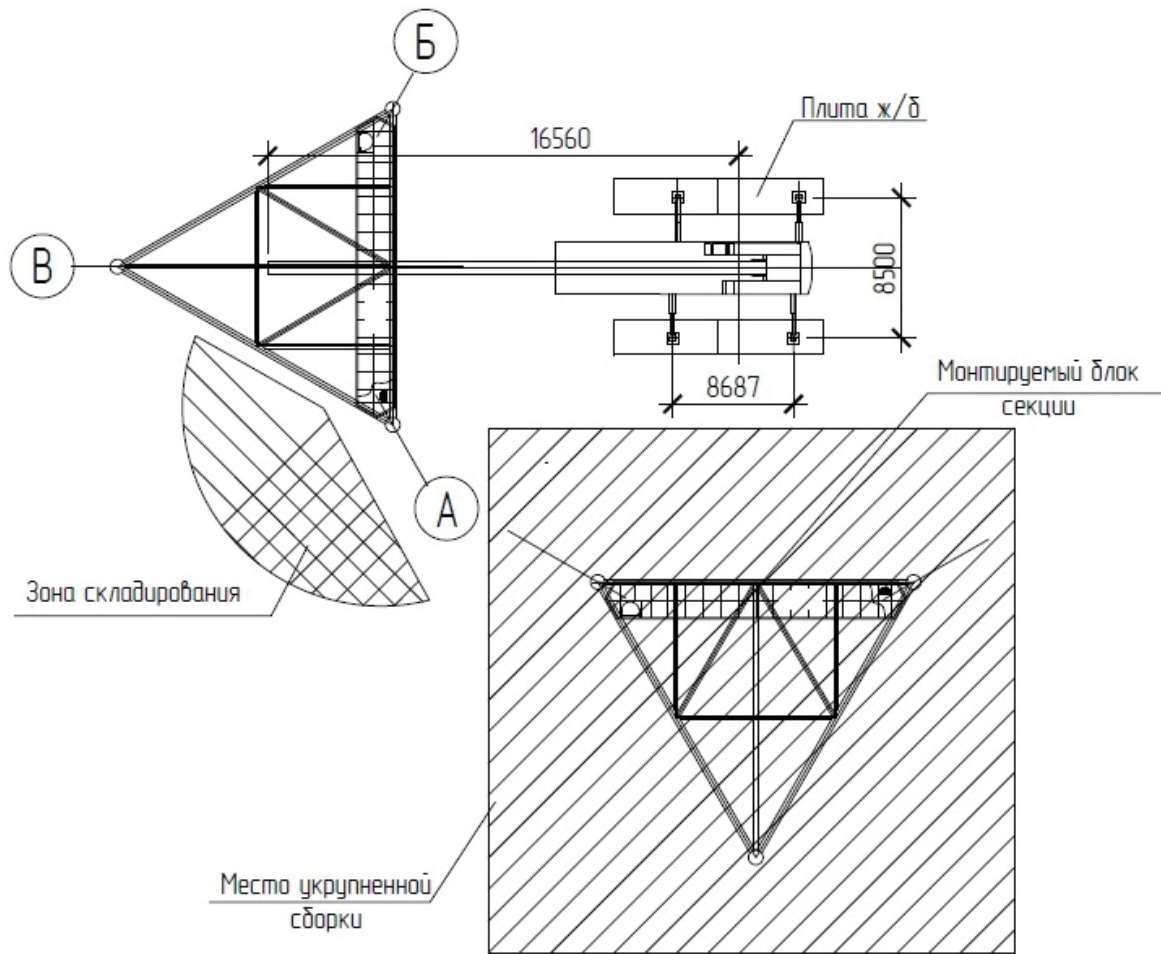


Рисунок 3 – Расположение в плане монтажного крана TEREX DEMAG AC350

Figure 3 – Location of the TEREX DEMAG AC350- installation crane

На рисунке 4 приведены грузовые и высотные характеристики крана TEREX DEMAG AC350.

На рисунке 5 приведена схема монтажа секций башни монтажным краном TEREX DEMAG AC350.

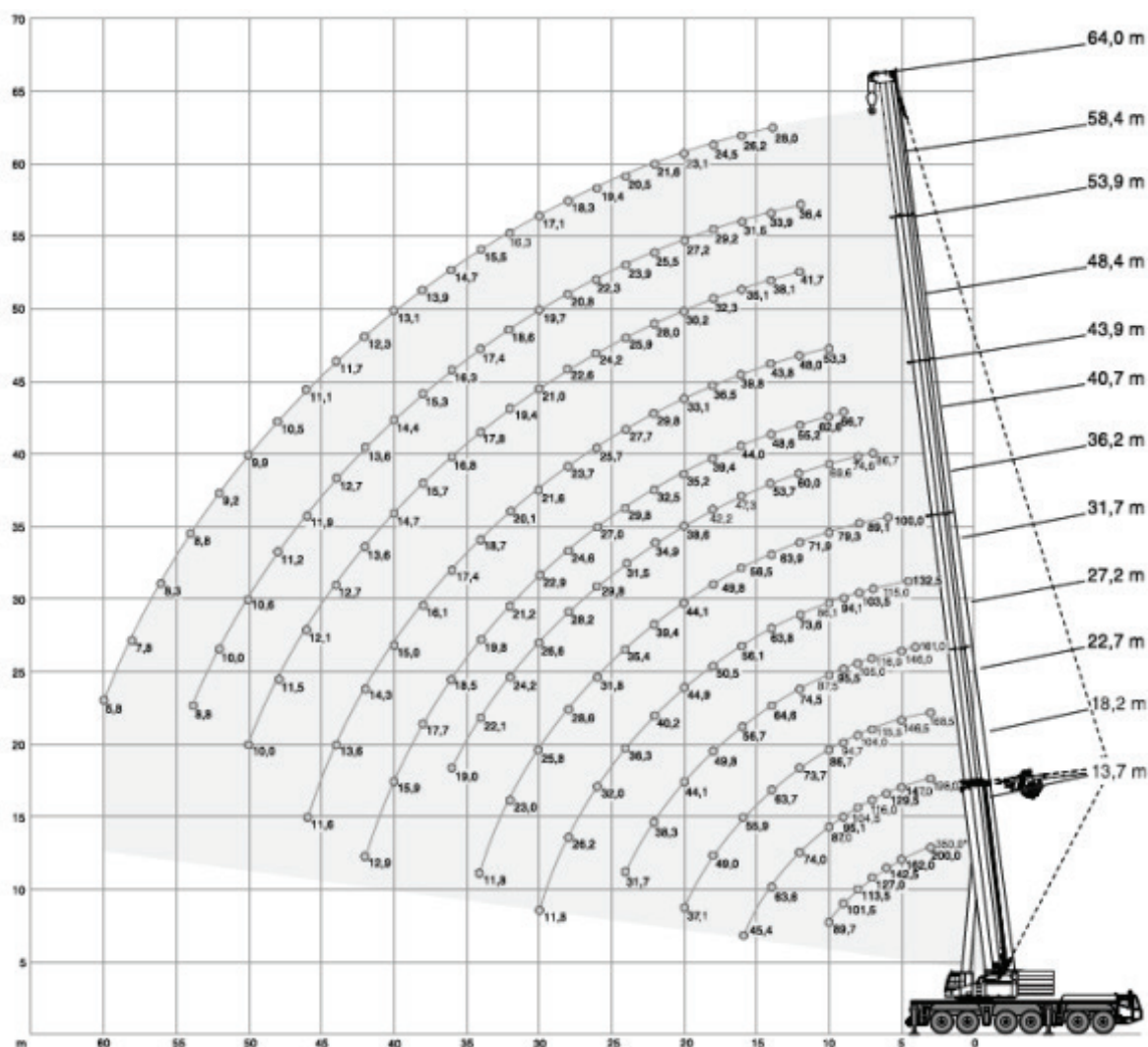


Рисунок 4 – Грузовые и высотные характеристики крана TEREX DEMAG AC350

Figure 4 – Cargo and altitude characteristics of the TEREX DEMAG AC350- installation crane

МОНТАЖ СЕКЦИЙ БАШНИ САМОПОДЪЁМНЫМ КРАНОМ УПК-4

Самоподъёмные краны относятся к кранам для высотного строительства. Краны са-

моподъёмного типа устанавливаются на конструкциях возводимого сооружения, а затем при помощи собственных механизмов периодически перемещаются вертикально вверх — по мере роста возводимого сооружения.

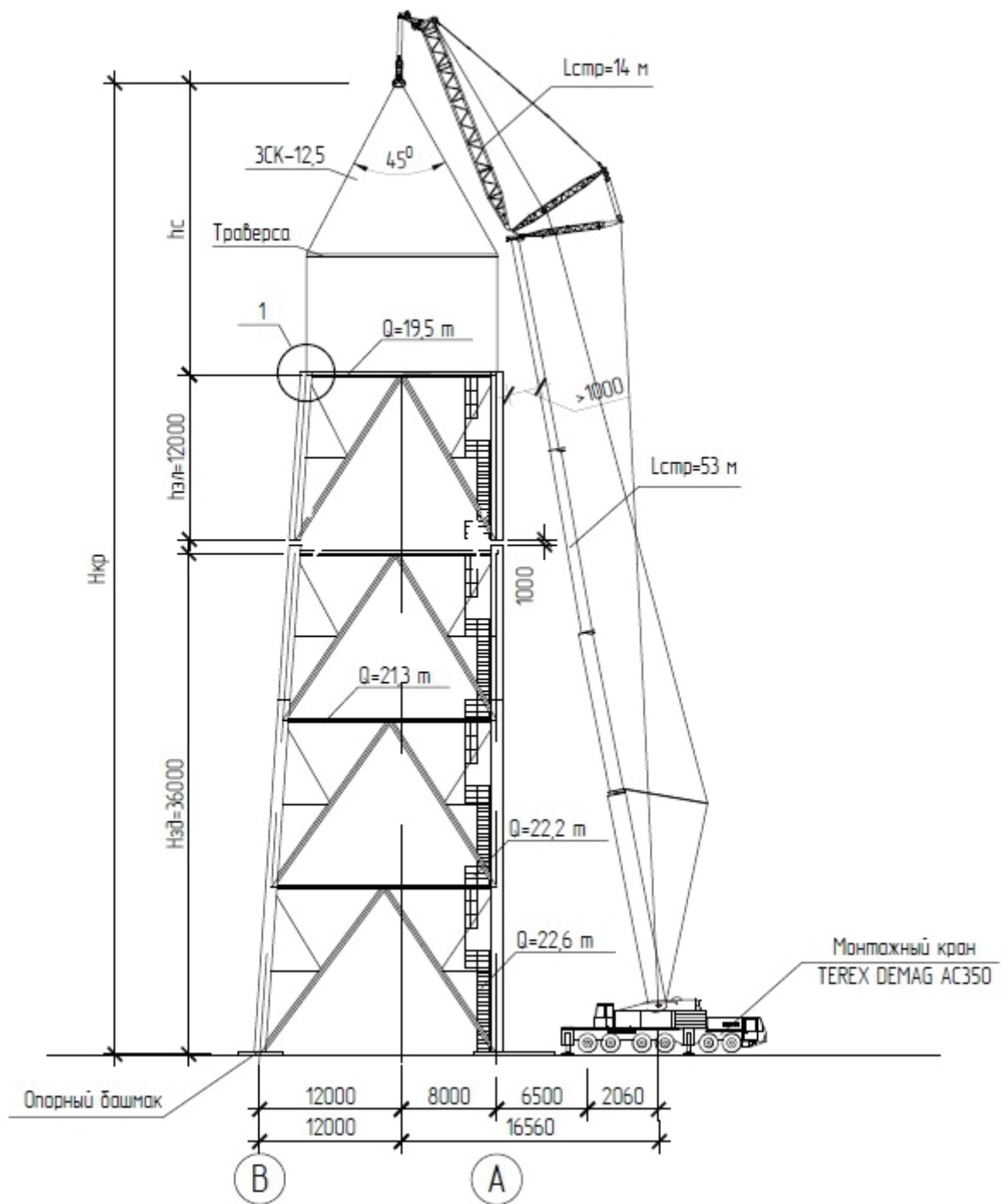


Рисунок 5 – Схема монтажа секций С-1, С-2, С-3, С-4 монтажным краном TEREX DEMAG AC350

Figure 5 – Scheme of the S-1, C-2, C-3, C-4 sections' construction by the TEREX DEMAG AC350- installation crane

Для данного метода монтажа был принят самоподъёмный кран по типовому проекту ОАО «НИПИ Промстальконструкция». Расположе-

ние в плане монтажного крана УПК-4 представлено на рисунке 6.

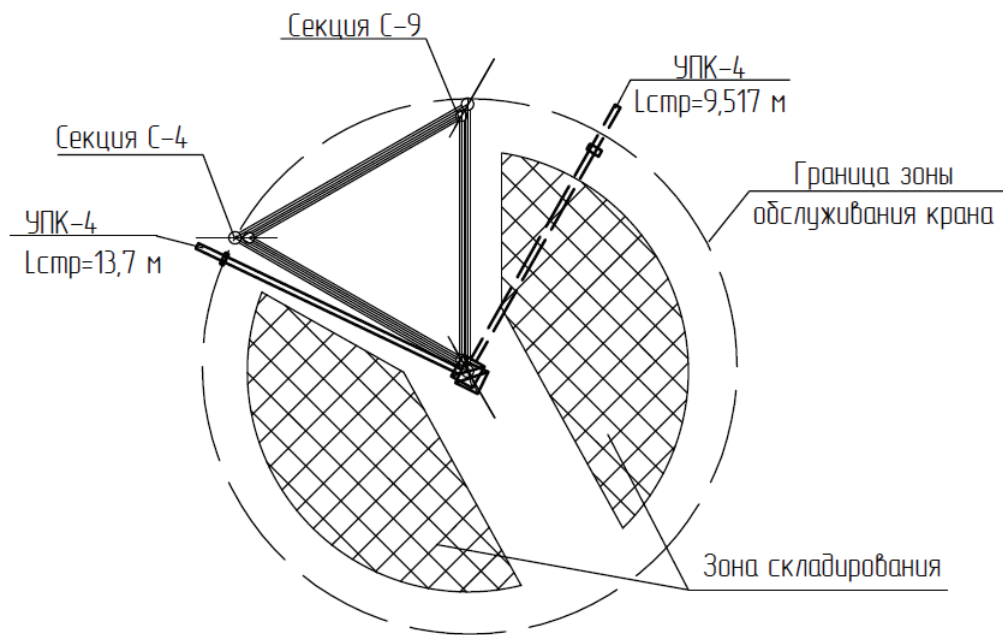


Рисунок 6 – Расположение в плане монтажного крана УПК-4

Figure 6 – Location of the installation crane on the UPK-4 plan

Схема опирания крана УПК-4 на опорную балку показана на рисунке 7.
На рисунке 8 приведена схема монтажа секций башни монтажным краном УПК-4.

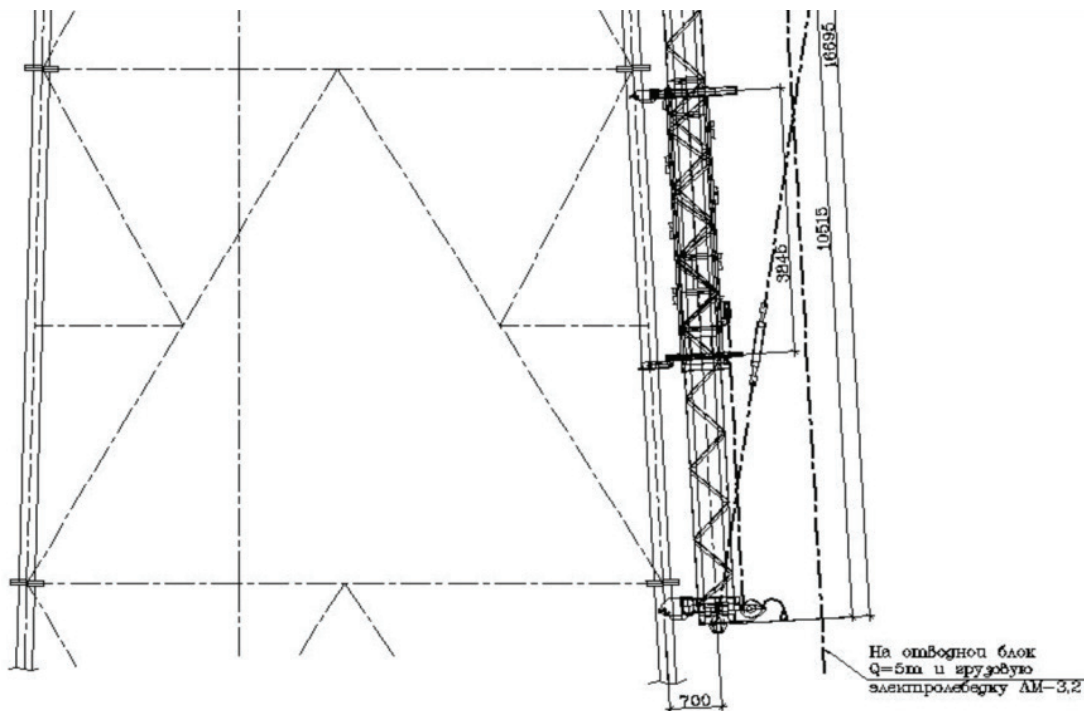


Рисунок 7 – Схема опирания крана УПК-4 на опорную балку

Figure 7 – Diagram of crane support on the beam

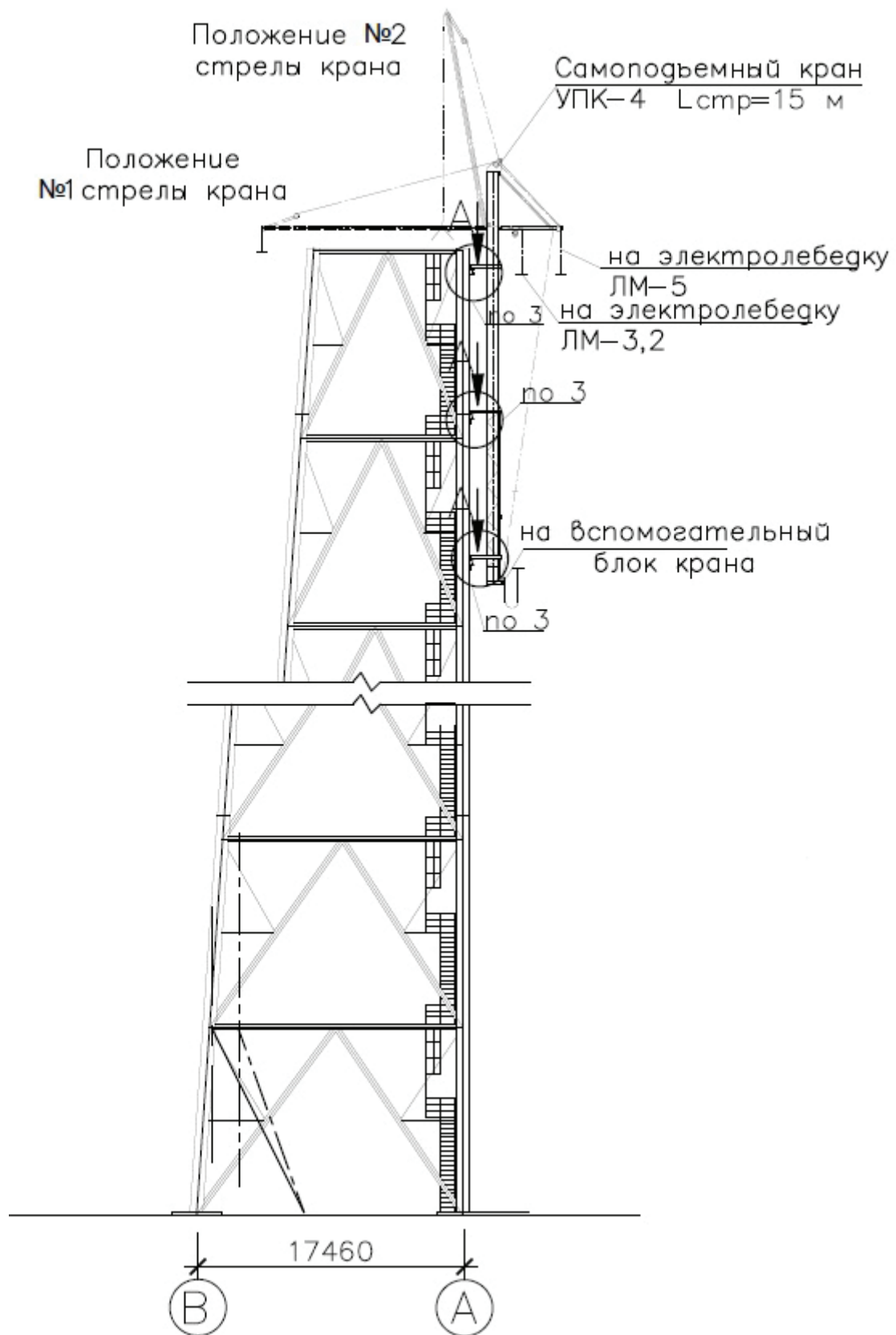


Рисунок 8 – Схема монтажа секций выше 48 м краном УПК-4

Figure 8 – Scheme of the sections' construction above 48 m by the UPK-4 crane

Главным аргументом при выборе данного крана были его технические характеристики: максимальная грузоподъемность – 4,0 т; максимальный вылет стрелы – 11,63 м; минимальный вылет стрелы – 1,5 м. Кроме того, у данного крана есть ещё одно преимущество – собственный вес составляет всего 3,681 т, что на порядок меньше массы аналогичных моделей (масса аналогичного крана СПК-5У грузоподъемностью 5 т составляет 11,7 т. По проекту самоподъемный кран опирается на опорные балки.

В ходе укрупнительной сборки необходимо установить в проектное положение все монтажные столики и опорную балку. Элементы башни укрупняются в монтажную панель.

Порядок монтажа следующий: автокраном устанавливается самоподъемный кран УПК-4 на первую стоянку и закрепляется на смонтированной части сооружения согласно проекту; автокраном подается из зоны укрупнительной сборки укрупненная монтажная панель по грани башни; затем стропят монтируемую панель к крану УПК-4, поднимают, устанавливают и закрепляют её в проектное положение. Далее монтажную панель следует расстропить. При подъёме монтажная панель удерживается от вращения и касания ранее смонтированных конструкций двумя оттяжками. Затем следует переместить с предыдущей стоянки опорную балку крана УПК-4 и далее вести монтаж поэлементно, собирая связи между смонтированными монтажными панелями. Кран УПК-4 перемещается на новую стоянку и аналогично предыдущим пунктам монтаж выполняется до проектной отметки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для выбора рационального метода монтажа факельной башни по смешанной схеме было выполнено следующее:

1. Произведен обзор отечественных и зарубежных публикаций по данной теме, что подтверждает актуальность темы исследования.
2. Рассмотрены современные монтажные краны, способные выполнить монтаж факельной башни.
3. Выполнено обоснование рационального метода монтажа факельной башни.

На основании полученных технико-экономических расчетов можно сделать вывод, что предлагаемый нами метод монтажа факельной башни по смешанной схеме представляет собой комплексный подход в решении поставленной инженерной задачи и позволяет

получить обоснованное и эффективное ее решение.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

А.Н. Руденский в работе [17] отмечает, что формирование строительных систем вертикальных зданий (в особенности уникальных многофункциональных строительных объектов) требует системного подхода в разработке технологии, организации и управлении строительством, что повышает показатели эффективности и положительно отражается на продолжительности строительства. Авторы Т.В.Боброва и П.М.Панченко в работе [23] рассматривают нормирование работы кранов при монтаже конструкций с использованием BIM технологий и отмечают необходимость постоянного совершенствования организационно-технологического проектирования при разработке ППР до начала строительства объектов. Выполненные исследования и полученные результаты имеют большое практическое значение, так как публикации, отражающие аналогичные исследования и решения по технологии возведения факельных башен в составе факельных установок на нефтеперерабатывающих предприятиях, отсутствуют.

Выполненные исследования, расчеты и предлагаемые инженерные решения будут полезны как для заказчика, так и для подрядчика при заключении контрактов на строительство. Вопросы технологии возведения данного типа сооружений требуют дополнительных исследований. Возможно рассмотрение дополнительных критериев для принятия рационального технологического решения возведения факельной башни (показатели стоимости по вариантам проекта, трудоемкости, энергоёмкости и др.), которые повлияют на принятие окончательного решения и будут способствовать сокращению сроков строительства данного типа сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исаков А.И. Высотное строительство в России // Международный научный журнал «Синергия наук». 2015. № 6. С. 141–152.
2. Fudge J., Brown S. Prefabricated modular concrete construction. Building engineer, 2011, no. 86(6). pp. 20-21.
3. Generalova E., Generalov V. Designing High-Rise Housing: The Singapore Experience // CTBUH Gornal. Chicago, Illinois Institute of Technology. 2014. Issue IV. P. 40-45.
4. Макарова Т.В., Данкер М.П., Бобрешов А.В., Замолоцких П.С. Проблемы строитель-

ства высотных зданий в крупных городах России // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2012. №1. С.145–149.

5. Lawson R.M., Richards J. Modular design for high-rise buildings. *Proceedings of the ICE – Structures and Buildings*, 2010, no. 163(3), pp.151-164.

6. Афанасьев А.А., Король Е.А., Каган П.Б., Комиссаров С.В., Зуева А.В. Технологические особенности возведения высотных зданий // Вестник МГСУ. 2011. №6. С. 369–373.

7. Ali M., Al-Kodmany K. Tall Buildings and Urban Habitat of the 21st Century^ A Global Perspective // *Buildings*. 2012. № 2. С.384-423.

8. Elbakheit A.R. Why Tall Buildings? The Potential of Sustainable Technologies in Tall Buildings // *International Journal of High-rise Buildings*. Vol.1. 2012. №2. pp.117-123.

9. Синенко С.А., Эммин Э., Грабовый П.Г., Вильман Ю.А., Грабовый К.П. Опыт применения новых технологий при возведении современных зданий и сооружений (на примере комплекса ММДЦ «Москва-Сити») // Вестник МГСУ. 2012. №4. С.165–169.

10. Building in the 21st Century. Author (s): Cook; Subject; Construction Published OCT 2007.

11. Liu J., Chow W.K. Determination of Fire Load and Heat Release for High-rise Residential Buildings // *Procedia Engineering*. 2014. Volume 84. pp. 491-497.

12. Самосудова Н.В. Обзор современных тенденций развития строительных технологий в Китае // Международный научно-технический журнал «Недвижимость: экономика, управление». 2012. С.69–74.

13. Самосудова Н.В., Черкасс А.Д. Инновационные решения в современном строительстве // Современные инновации. 2015. №2(2). С.30–32.

14. Кирнев А.Д. Строительные краны и грузоподъемные механизмы: справочник (для выполнения курсового и дипломного проектирования по технологии и организации в строительстве и для специалистов-строителей) / А.Д. Кирнев, Г.В. Несветаев. Ростов н/Д: Феникс, 2013. 667 с.

15. Субботин О.С. Инновационные материалы и технологии в олимпийских стадионах Сочи // Жилищное строительство. 2016. №8. С.19–25.

16. Леденев В.В., Чхум А. Конструктивные решения уникальных зданий и сооружений // Вопросы современной науки и практики. Уни-

верситет им В.И.Вернадского 2014. №2(51). С. 60–70.

17. Руденский А.Н. Организационно-технологические аспекты строительства вертикальных многофункциональных административных комплексов// Успехи современной науки. 2017.Том 4. №4. С. 190–193.

18. Дисиков Ю.Ю. Современные тенденции проектирования и строительства уникальных зданий и сооружений // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. 2017. № 2. С.66–68.

19.Олейник П.П., Бродский В.И. Организация строительства как вид работ, влияющих на безопасность объектов // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 7. С. 71–75.

20. Абдуллаев Г.И. Оценка уровня надежности с учетом организационно-технологических параметров строительства // Инженерно-строительный журнал. №8. 2009. С.62–64.

21. Синенко С.А., Славин А.М. К вопросу выбора оптимального организационно-технологического решения возведения зданий и сооружений // Научное обозрение. 2016. № 1. С. 98–103.

22. Чебанова С.А., Бурлаченко О.В., Поляков В.Г. Организационно-технологические решения строительства в стесненных городских условиях // Инженерный вестник Дона. 2018. №1. С.65–70.

23. Bobrova T.V., Panchenko P.M. Technical Normalization of Working Processes in Construction Based on Spatial-Temporal Modeling. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. no. 08(76). pp.84-97.

REFERENCES

1.Isakov A.I. Vysotnoe stroitel'stvo v Rossii [High-rise construction in Russia]. *Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Sinergiya nauk»*, 2015, no 6, pp. 141–152 (in Russian).

2. Fudge J., Brown S. Prefabricated modular concrete construction. *Building engineer*, 2011, no. 86(6), pp.20–21.

3.Generalova E, Generalov V. Designing High-Rise Housing: The Singapore Experience. *CTBUH Gornal. Chicago, Illinois Institute of Technology*, 2014, Iss. IV, pp.40–45 (in Russian).

4. Makarova T.V., Danker M.P., Bobreshov A.V., Zamolockih P.S. Problemy stroitel'stva vysotnyh zdaniy v krupnyh gorodah Rossii [Problems of high-rise construction in the major cities of Russia]. *Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Construction. Series: High Technology. Ecology*, 2012, no 1, pp. 145–149 (in Russian).

5. Lawson R.M., Richards J. Modular design for high-rise buildings. *Proceedings of the ICE – Structures and Buildings*, 2010, no. 163(3), pp.151–164.

6. Afanas'ev A.A., Korol' E.A., Kagan P.B., Komissarov S.V., Zueva A.V. Tekhnologicheskie osobennosti vozvedeniya vysotnyh zdaniy [Technological peculiarities of high-rise buildings]. *Vestnik MGSU*, 2011, no 6, pp. 369–373 (in Russian).

7. Ali M., Al-Kodmany K. Tall buildings and urban habitat of the 21st Century. A Global Perspective. *Buildings*, 2012, no 2, pp.384–423 (in Russian).

8. Elbakheit A.R. Why Tall Buildings? The potential of sustainable technologies in tall buildings. *International Journal of High-rise Buildings*, 2012, vol.1, no 2, pp.117–123 (in Russian).

9. Sinenko S.A., EHmin EH., Graboviy P.G., Vil'man YU.A., Graboviy K.P. Opyt primeneniya novykh tekhnologiy pri vozvedenii sovremennykh zdaniy i sooruzheniy (na primere kompleksa MMDC «Moskva-Siti») [Experience with the use of new technologies in the construction of modern buildings and constructions (in example of the “Moscow-city” complex)]. *Vestnik MGSU*, 2012, no 4, pp.165–169 (in Russian).

10. Building in the 21st Century. Author (s): Cook; Subject; Construction Published OCT 2007.

11. Liu J., Chow W.K. Determination of fire load and heat release for high-rise residential buildings. *Procedia Engineering*, 2014, vol. 84, pp. 491–497.

12. Samosudova N.V. Obzor sovremennykh tendentsiy razvitiya stroitel'nykh tekhnologiy v Kitae [Review of current trends in the development of construction technologies in China]. *international scientific and technical journal “Real Estate: Economics, Management”*, 2012, no 2, pp.69–74 (in Russian).

13. Samosudova N.V., Cherkass A.D. Innovacionnye resheniya v sovremennom stroitel'stve [Innovative solutions in modern construction]. *Sovremennye innovatsii*, 2015, no 2(2), pp.30–32 (in Russian).

14. Kirnev A.D. Nesvetaev G.V. *Stroitel'nye krany i gruzopod'emnye mekhanizmy: spravochnik (dlya vypolneniya kursovogo i diplomnogo proektirovaniya po tekhnologii i organizatsii v stroitel'stve i dlya specialistov-stroitelej)* [Construction cranes and lifting devices: a handbook (course and diploma design technology and organization in construction for engineers)]. Rostov n/D, Feniks, 2013. 667 p.

15. Subbotin O. S. Innovative materials and technologies in Sochi Olympic stadiums [Innovative materials and technologies in Sochi Olympic stadiums// Housing construction]. *Housing construction*, 2016, no 8, pp. 19–25 (in Russian).

16. Ledenev V.V., Chkhum A. Konstruktivnye resheniya unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy [Design solutions of unique buildings and structures]. *Questions of modern science and practice. University named after V. I. Vernadsky*, 2014, no 2(51), pp.60–70 (in Russian).

17. Rudenskij A.N. Organizatsionno-tekhnologicheskie aspekty stroitel'stva vertikal'nykh mnogofunktsional'nykh administrativnykh kompleksov [Organizational and technological aspects of the construction of vertical multifunctional administrative complexes]. *Advances in modern science*, 2017, vol. 4, no.4, pp.190–193 (in Russian).

18. Disikov YU. Sovremennye tendentsii proektirovaniya i stroitel'stva unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy [Current trends in the design and construction of unique buildings and structures]. *New science: Theoretical and practical view*, 2017, no. 2. pp.66–68 (in Russian).

19. Olejnik P.P., Brodskij V.I. Organizatsiya stroitel'stva kak vid rabot, vliyayushchih na bezopasnost' ob"ektov [Organization of construction as a type of work affecting the objects safety]. *Industrial and civil construction*, 2015, no 7, pp. 71–75. (in Russian).

20. Abdullaev G. I. Assessment of the level of reliability taking into account the organizational and technological parameters of construction. [Assessment of the level of reliability taking into account the organizational and technological parameters of construction]. *Magazine of civil Engineering*, 2009, no 8, pp. 62–64 (in Russian).

21. Sinenko S.A., A.M. Slavin A.M On the issue of choosing the optimal organizational and technological solution for the construction of buildings and structures [On the issue of choosing the optimal organizational and technological solution for the construction of buildings and structures]. *Scientific review*, 2016, no 1, pp. 98–103 (in Russian).

22. Chebanova S.A., Burlachenko O.V., Polyakov V.G. Organizational and technological solutions for construction in cramped urban conditions [Organizational and technological solutions for construction in cramped urban conditions]. *Engineering Bulletin of the Don*, 2018, no 1, pp.65–70.

23. Bobrova T.V., Panchenko P.M. Technical normalization of working processes in construction

based on spatial-temporal modeling. *Civil Engineering Journal*, 2017, no 08(76), pp.84–97.

Поступила 28.08.2018, принята к публикации 19.10.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Андрюшенков Александр Федорович (г. Омск, Россия) – канд. экон. наук, доц. кафедры «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВО «СиБАДИ», ORCID 0000-0002-8400-8370 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: andryushenkov_af@mail.ru).

Воловник Наталья Сергеевна (г. Омск, Россия) – канд. техн. наук, доц. кафедры «Организация и технология строительства» ФГБОУ ВО «СиБАДИ», ORCID 0000-0002-4057-6528 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: volovnik.natalya@mail.ru).

Андрюшенков Александр Александрович – (г. Омск, Россия), магистрант института магистратуры и аспирантуры Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СиБАДИ), SM17-MA5, ORCID 0000-0003-1831-6129 (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: andryushenkov_aa@mail.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andryushenkov Aleksander Fedorovich – PhD (Economics), Associate Professor of the Organization and Construction Technology Department, Siberian State Automobile and Highway University, ORCID ID 0000-0002-8400-8370 (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: andryushenkov_af@mail.ru).

Volovnik Natalya Sergeevna – PhD (Engineering), Associate Professor of the Organization and Construction Technology Department, Siberian State Automobile and Highway University, ORCID ID 0000-0002-4057-6528 (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: volovnik.natalya@mail.ru).

Andryushenkov Alexander Alexandrovich – Master of Science, Siberian State Automobile and Highway University, SM17-MA5, ORCID ID 0000-0003-1831-6129 (644080, Omsk, 5, Mira Ave., e-mail: andryushenkov_aa@mail.ru).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Андрюшенков А.Ф. Формулирование цели исследования, проектная документация на факельную башню, обзор публикаций по теме исследований.

Воловник Н.С. Разработка вариантов технологии возведения факельной башни и их технико-экономическое обоснование. Редактирование и оформление статьи.

Андрюшенков А.А. Разработка и оформление рисунков к статье, расчет такелажных приспособлений для монтажа и укрупнительной сборки секций факельной башни (С-1, С-2, С-3, С-4) в ПК «ЛИРА».

CO-AUTHORS CONTRIBUTION

Andryushenkov A.F. Formulation of research objectives, the project documentation of the flare tower, an overview of the publications on the research topic.

Volovnik N. S. Development of options for the flare tower construction technology, article editing and design.

Andryushenkov A.A. Development and design of the pictures to the paper, the calculation of lifting equipment for the installation and pre-assembly of the (C-1, C-2, C-3, C-4) flare tower sections in "LIRA" enterprise.