

Технология монтажа большепролетных конструкций гражданских зданий на примере монтажа фермы многофункционального спортивного комплекса

А.П. Шестакова, Р.Р. Гизатулин

Тюменский индустриальный университет

Аннотация: В данной статье рассматривается технология монтажа фермы пролетом 50,3 м. многофункционального спортивного комплекса в г. Нефтеюганске. Авторами обоснована целесообразность монтажа рассматриваемой большепролетной конструкции в готовом виде и проанализированы преимущества и недостатки возможных вариантов выбранного метода монтажа. В Autodesk Revit смоделированы оба варианта монтажа фермы в готовом виде: монтаж одним гусеничным краном и спаренный монтаж двумя автомобильными кранами. Приведены преимущества и недостатки каждого из рассматриваемых вариантов.

Ключевые слова: большепролетная конструкция, ферма, монтаж в готовом виде, полунавесная сборка, стреловой кран, самоходный кран, гусеничный кран, грузоподъемные механизмы.

Большинство современных гражданских зданий представляют собой помещения с массовым пребыванием людей. Данные здания требуют наличия большого пространства согласно функциональному назначению и эксплуатационным условиям. Исходя из этого, гражданские здания большой площади проектируются как большепролетные, содержащие хотя бы одну большепролетную конструкцию с пролетом 36 метров и более [1]. Большепролетные конструкции подразделяют на две группы: плоскостные и пространственные. Один из самых распространенных видов плоскостных большепролетных конструкций – это ферма. При опирании на несущие колонны ферма образует рамно-балочную конструкцию большепролетного покрытия. Монтаж большепролетных конструкций является непростой задачей проекта организации строительства и может включать в себя уникальные решения.

Нами были рассмотрены методы монтажа фермы легкоатлетического блока большепролетного проектируемого здания многофункционального спортивного комплекса в г. Нефтеюганске. Ферма имеет арочную форму с

радиусом закругления 49,6 м, пролетом - 50,3 м, общей длиной - 55,8 м. Масса фермы – 19,5 тонн. Ферма шарнирно опирается на 2 колонны с каждой стороны. Требуется установить 10 ферм на колонны с шагом 5,35 м. Схема каркаса легкоатлетического блока здания, а также общий вид конструкций до установки ферм представлены на рис. 1, 2.

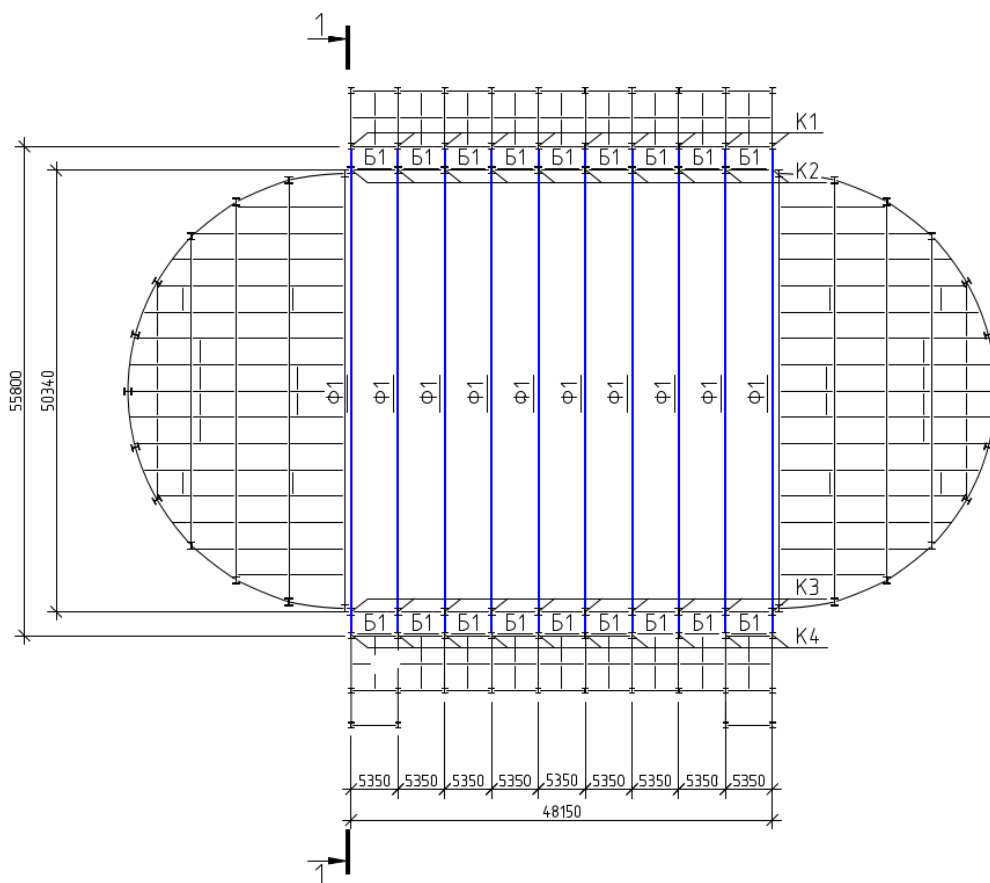


Рис. 1. – Схема каркаса легкоатлетического блока здания

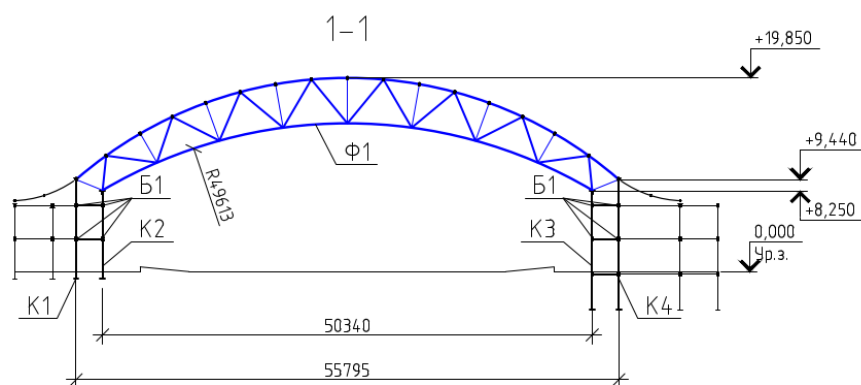


Рис. 2. – Разрез 1-1

Для данной фермы был рассмотрен вариант монтажа в готовом виде. Были отдельно проанализированы монтаж в готовом виде с помощью двух автомобильных кранов и с помощью одного гусеничного крана.

При монтаже в готовом виде ферма собирается на площадке для укрупнительной сборки и монтируется в готовом виде на проектную отметку. При данном методе исключаются верхолазные работы для укрупнения конструкции. Нет необходимости производить «раскружаливание» фермы, устраивать промежуточные монтажные опоры.

Далее подробно проанализируем каждый из подходов в рамках рассматриваемого метода.

1. Монтаж в готовом виде двумя автомобильными кранами Liebherr LTM 1060-3.1

Ранее предпочтительным методом монтажа большепролетных балочных, рамных, арочных конструкций являлся метод полунавесной сборки, когда конструкция монтировалась укрупненными фрагментами с временным опиранием на монтажные опоры. В связи с развитием средств связи и навигации, совершенствованием характеристик управляемости и надежности грузоподъемных механизмов все чаще применяют монтаж в готовом виде. В России [2, 3] и за рубежом [4, 5] накоплен значительный опыт монтажа большепролетных конструкций в готовом виде путем синхронной работы нескольких грузоподъемных механизмов. Развитие спаренных методов монтажа обусловлено появлением программных комплексов, позволяющих визуализировать и смоделировать в движении весь процесс монтажа, таких, как Autodesk Revit, Crane Planner 2.0 [6]. Для спаренного монтажа желательно отдавать предпочтение кранам одинаковой марки, так как это позволяет обеспечить идентичные последовательности движений и скорости.

В связи с тем, что ферма имеет арочную форму, расположение фермы в готовом виде поперек пролета является затруднительным из-за наличия распорок между колоннами. Для того, чтобы поднять ферму на проектную отметку двумя автомобильными кранами при наименьшем вылете, требуется через каждый шаг колонн обустроить площадки для укрупнительной сборки. Таким образом, на данных участках распорки между колоннами устанавливаются после монтажа ферм в предшествующем шаге колон. Для данного варианта, были подобраны два автомобильных крана Liebherr LTM 1060-3.1 [7], с длиной стрелы 10,3-48 м (грузоподъемностью 60 т), передвигающимися внутри здания.

Расчет высоты подъема крюка производился, исходя из превышения опоры монтируемого элемента над уровнем стоянки монтажного крана (8,25 м), высоты элемента над опорой (1 м), высоты элемента в монтажном положении (11 м), высоты полиспаста (1,5 м) и высоты строповки в рабочем положении (2 м) [8]. Высота подъема крюка составляет 24 метра.

Максимальное количество ферм, монтируемых с одной площадки, было определено по графику грузоподъемности, который представлен на рис. 3, где Ф1 – это первая монтируемая ферма с одной площадки укрупнительной сборки, а Ф2 – вторая ферма. Согласно графику, максимальный вылет, на котором 2 крана могут поднимать ферму - 13 м, минимальный вылет, обусловленный максимальным углом подъема (83 градуса) - 3 м. Однако на таком вылете кран не сможет поднять ферму, так как будет недостаточно места для ее размещения. Таким образом, первая ферма на стоянке монтируется на вылете 13 м, а вторая - на вылете 7,5 м.

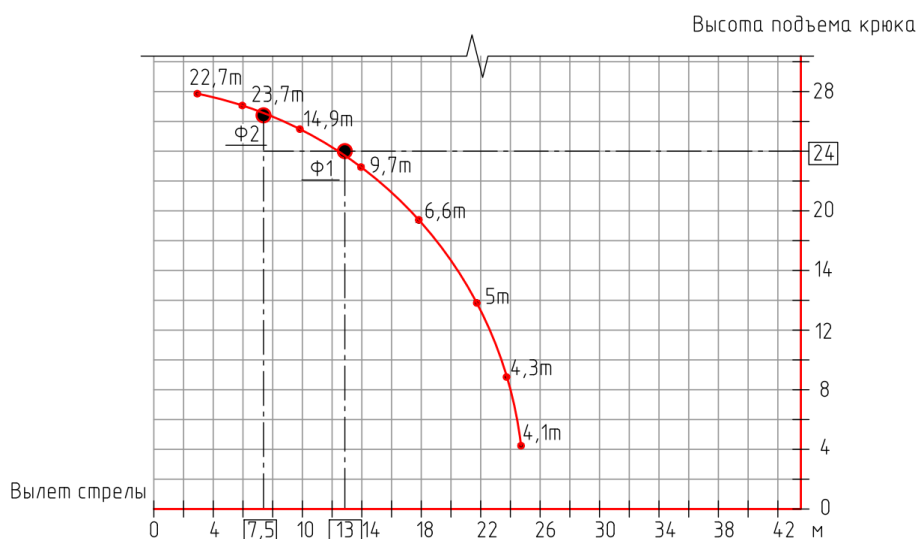


Рис. 3. – Фрагмент графика грузоподъемности крана Liebherr LTM 1060-3.1

Схема стоянок кранов и площадок укрупнительной сборки представлена на рис. 4, где Ф1 – монтируемая ферма, К1...К4 – несущие колонны, Б1 – распорки между колоннами, П1,2...П9,10 – это площадки для укрупнительной сборки фермы (1...10 – порядковый номер монтируемой фермы), Ст1...Ст5 – точки стоянки кранов.

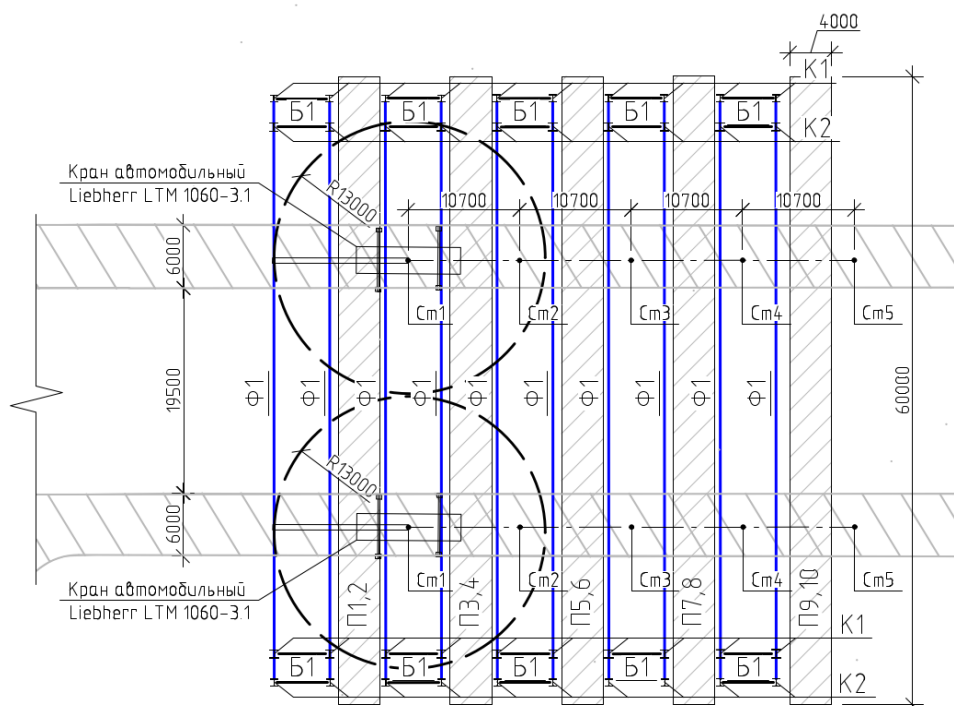


Рис. 4. – Схема стоянок крана и площадок укрупнительной сборки

Монтаж ферм легкоатлетического зала выполняется двумя автомобильными кранами Liebherr LTM 1060-3.1, передвигающимися внутри здания методом «на себя» по временным дорогам из сборных железобетонных плит. Для сбора большепролетных конструкций покрытия предусматривается устройство монтажных площадок – 5 штук размером 4х60 м из сборных железобетонных плит. Сборка фермы осуществляется в вертикальном положении на стенде [9].

Общий вид монтажа фермы двумя автомобильными кранами, спроектированный в Autodesk Revit, представлен на рис. 5.

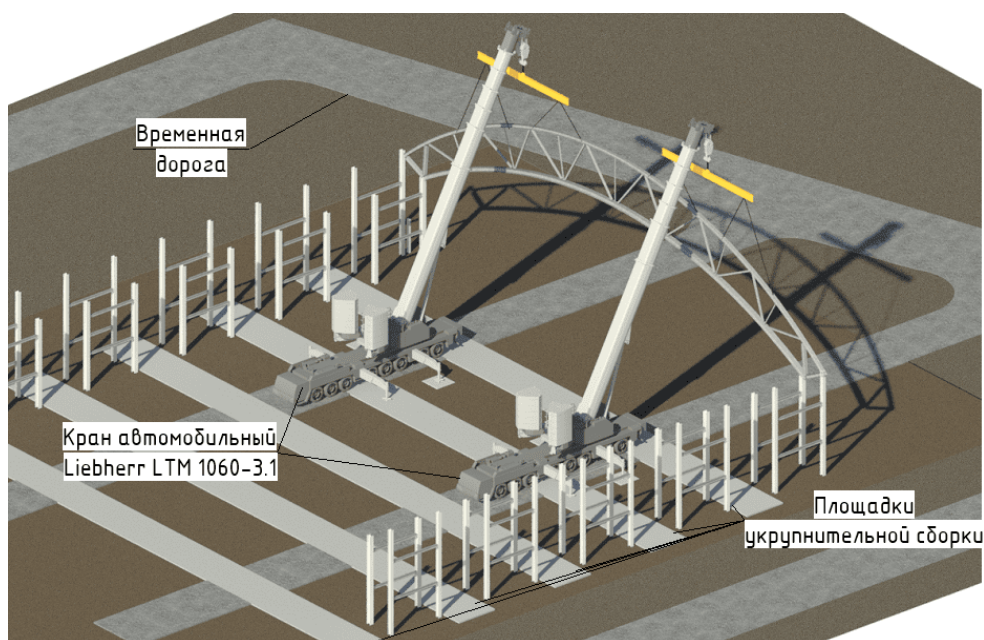


Рис. 5. – Общий вид монтажа фермы двумя автомобильными кранами

2. Монтаж в готовом виде одним гусеничным краном Liebherr HS 855 HD

Для данного метода монтажа не требуется устройство временных дорог, однако, может быть необходимо устройство усиленного основания, например, укладка геотекстиля для лучшего распределения нагрузки на основание. При монтаже гусеничным краном нет необходимости отсрочивать монтаж распорок между колоннами, так как ферма собирается в положении,

перпендикулярном ее проектному положению. Площадка для укрупнительной сборки, общая для всех ферм, размером 4х60 м из сборных железобетонных плит, располагается продольно пролету и выходит за пределы здания. Сборка фермы, как и при монтаже двумя автомобильными кранами, осуществляется в вертикальном положении на стенде. Благодаря тому, что нет необходимости переналаживать площадку для укрупнительной сборки, есть возможность совмещения во времени работ по укрупнению следующей фермы с монтажом предшествующей. Монтаж производится в следующей последовательности: гусеничный кран стропит ферму, поворачивается, затем едет к месту установки. Таким образом, высота подъема крюка составляет 24 м, как и в предыдущем методе, вылет стрелы – 8 м, длина стрелы 25 м, угол стрелы – 72 градуса. Исходя из грузоподъемность при данном вылете стрелы и ее длине был подобран гусеничный кран Liebherr HS 855 HD [10].

Схема стоянок крана и площадок укрупнительной сборки представлен на рис. 6, где Ф1 – монтируемая ферма, К1...К4 – несущие колонны, Б1 – распорки между колоннами, П1 – это площадка для укрупнительной сборки фермы, Ст1...Ст10 – точки стоянки крана.

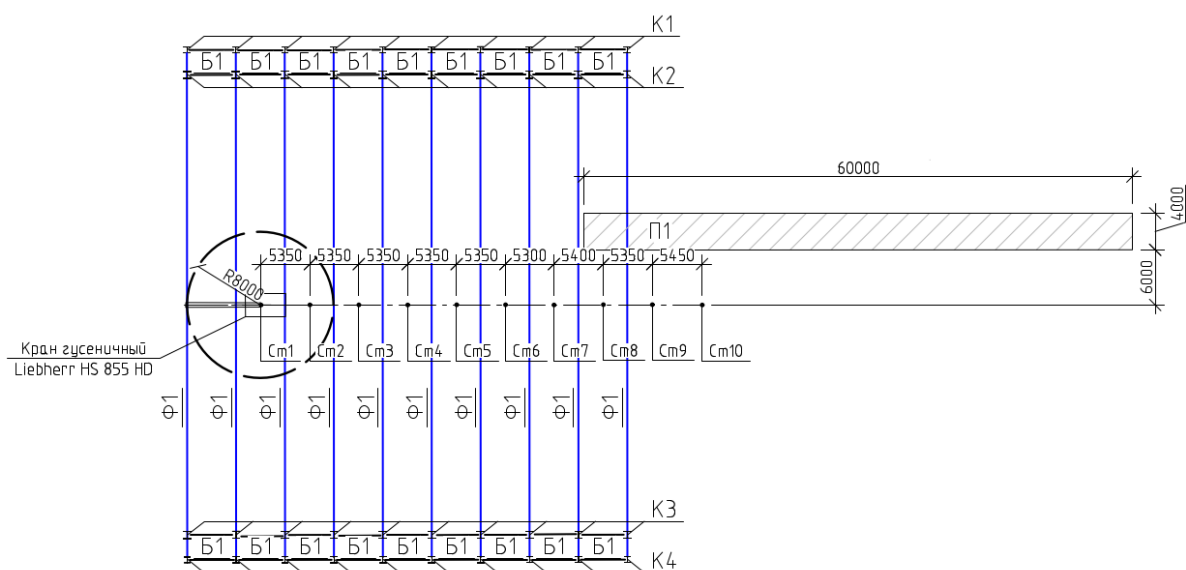


Рис. 6. – Схема стоянок крана и площадок укрупнительной сборки

На схеме синим цветом выделены фермы, показы временные дороги. Общий вид монтажа фермы одним гусеничным краном представлен на рис. 7.

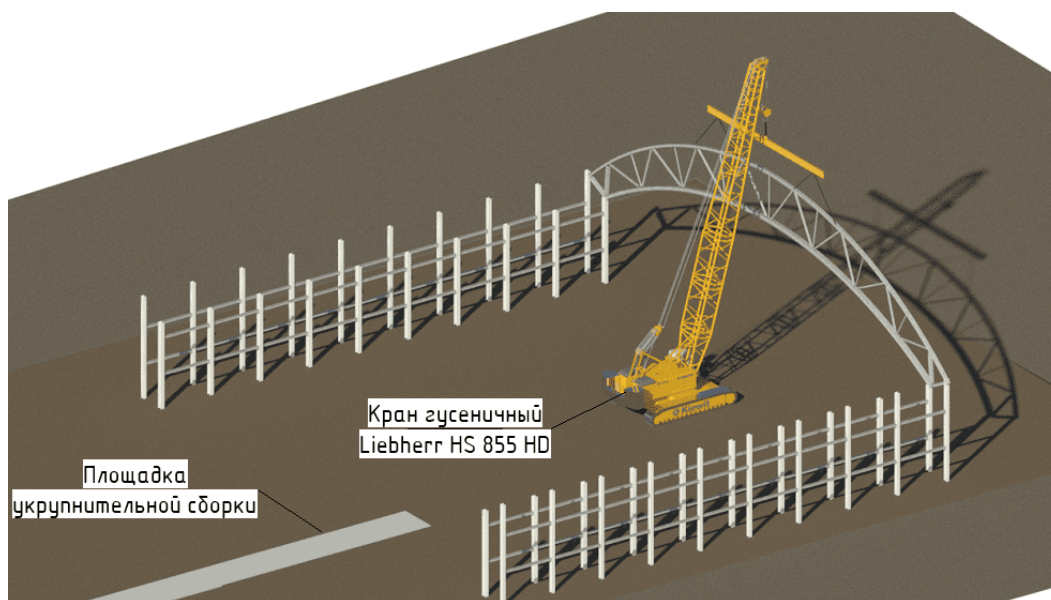


Рис. 7. – Общий вид монтажа фермы одним гусеничным краном

По результатам проведенного анализа нами были выявлены основные преимущества и недостатки каждого из возможных вариантов монтажа в готовом виде (таблица №1).

Важно отметить, что при всех рассмотренных методах монтажа, временное закрепления фермы массой 19,5 тонн производится с помощью установки расчалок между фермами. Расчалки крепят к якорям или к ранее смонтированным конструкциям, если устойчивость их при этом подтверждена расчетом. Связи и распорки монтируют с помощью крана. При чем на одну ферму должно приходиться не менее 3 расчалок [2].

Как видно из проведенного анализа, оба метода имеют определенные преимущества и недостатки. Отдавая предпочтение какому-либо из методов, необходимо учитывать имеющиеся в распоряжении грузоподъемные механизмы. Город строительства рассматриваемого объекта Нефтеюганск, расположенный на севере Тюменской области.

Таблица № 1

Результаты анализа технологии монтажа фермы

№	Преимущества	Недостатки
1	Монтаж в готовом виде	
	Минимальный объем верхолазных работ	Требуется пространство для маневра
	Отсутствие «раскруживания»	Требуется кран с высокой грузоподъемностью
1.1	двумя автомобильными кранами Liebherr LTM 1160-3.1	
	Нет необходимости совершать маневр поворота с конструкцией на весу	Невозможен при смонтированных балках между колоннами
	Доставляется на строительную площадку без применения специального транспорта	Большое количество площадок для укрупнительной сборки фермы
		Необходимо переналаживать площадку для укрупнительной сборки
1.3	одним гусеничным краном Liebherr HS 855 HD	
	Нет необходимости устройства временных дорог	Необходимость устройства усиленного основания
	Меньший размер площадки под укрупнительную сборку конструкции	Необходимость транспортировки до площадки строительства
	Меньшие габаритные размеры крана	

На текущий момент для данного района строительства недоступен кран Liebherr HS 855 HD или его аналог. Его транспортировка из другого региона может существенно повлиять на целесообразность его применения вследствие высокой стоимости. Для выбора наиболее рационального решения дополнительно группой экспертов может быть проведена балльно-рейтинговая оценка рассмотренных критериев.

Литература

1. Еремеев П.Г. Справочник по проектированию современных металлических конструкций большепролетных покрытий. Справочное издание. М.: Издательство АСВ, 2011. 256 с.

2. Теличенко В.И., Гныря А.И., Бояринцев А.П. Технология возведения высотных, большепролетных, специальных зданий. М.: Издательство АСВ, 2018. 744 с.

3. Федорцев И.В., Султанов Е.А. Технология возведения конструкций покрытия большепролетных зданий. Уфа: УГНТУ, 2008. 250 с.

4. Terex CC 2800-1 crawler cranes perform tandem lift in Berlin // The Construction Index URL: theconstructionindex.co.uk/the-digger-blog/view/terex-cc-2800-1-crawler-cranes-perform-tandem-lift-in-berlin (дата обращения: 16.11.2021).

5. Armeidan B.D.P., Darmawan M.F., Kurniawan A., Setiawan A.F. Erection Process of a Long Span Arch Steel Truss Roof Structure: Preparation, Execution, and Evaluation // Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur . Yogyakarta: 2021. С. 290-294.

6. Программное обеспечение для трехмерного планирования эксплуатации крана // URL: liebherr.com/ru/rus/продукты/мобильные-и-гусеичные-краны/сервисное-обслуживание/crane-planner/crane-planner.html (дата обращения: 17.11.2021).

7. LTM 1060-3.1 - наилучшее решение для любых дорог // Liebherr URL: liebherr.com/ru/rus/продукты/мобильные-и-гусеичные-краны/мобильные-краны/мобильные-краны/ltm-1060-3.1.html (дата обращения: 17.11.2021).

8. Калошина С.В., Пономарев А.Б., Захаров А.В., Золотозубов Д.Г. Проектирование установки монтажных кранов на строительной площадке. Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2016. 114 с.

9. Швиденко В. И. Монтаж строительных конструкций . М.: Издательство "Высшая школа", 1987. 43-52 с.

10. Техническое описание. Гидравлический гусеничный кран // Liebherr URL: liebherr.com/shared/media/construction-machinery/deep-foundation/pdf/data-sheet-archive/hs-8x5-series/liebherr-hs-855-hd-duty-cycle-crawler-crane-data-sheet-specifications-russian_10512304_2011.pdf (дата обращения: 17.11.2021).

References

1. Eremeev P.G. Spravochnik po proektirovaniyu sovremennyh metallicheskih konstrukcij bol'sheproletnyh pokrytij. Spravochnoe izdanie [The manual on designing of wide-span roofs modern metal structures] . М.: Izdatel'stvo ASV, 2011. 256 p.

2. Telichenko V.I., Gnyrya A.I., Boyarincev A.P. Tekhnologiya vozvedeniya vysotnyh, bol'sheproletnyh, special'nyh zdaniyx [Technology of erection of high-rise, large-span, special buildings]. М.: Izdatel'stvo ASV, 2018. 744 p.

3. Fedorcev I.V., Sultanov E.A. Tekhnologiya vozvedeniya konstrukcij pokrytiya bol'sheproletnyh zdaniy [Technology of erection of roof structures for large-span buildings]. Ufa: UGNTU, 2008. 250 p.

4. Terex CC 2800-1 crawler cranes perform tandem lift in Berlin The Construction Index. URL: theconstructionindex.co.uk/the-digger-blog/view/terex-cc-2800-1-crawler-cranes-perform-tandem-lift-in-berlin (accessed 16/11/2021).

5. Armeidan B.D.P., Darmawan M.F., Kurniawan A., Setiawan A.F. Erection Process of a Long Span Arch Steel Truss Roof Structure: Preparation, Execution, and Evaluation Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur . Yogyakarta: 2021. pp. 290-294.

6. Programmnoe obespechenie dlya trekhmernogo planirovaniya ekspluatatsii krana [Software for 3D planning of crane operation]. URL: [\[URL\]](#)



liebherr.com/ru/rus/продукты/мобильные-и-гусеичные-краны/сервисное-обслуживание/crane-planner/crane-planner.html (accessed 17/11/2021).

7. LTM 1060-3.1 - nailuchshee reshenie dlya lyubyyh dorog [LTM 1060-3.1 - the best solution for any roads]. URL: liebherr.com/ru/rus/продукты/мобильные-и-гусеичные-краны/мобильные-краны/мобильные-краны/ltm-1060-3.1.html (accessed 17/11/2021).

8. Kaloshina S.V., Ponomarev A.B., Zaharov A.V., Zolotozubov D.G. Proektirovanie ustanovki montazhnyh kranov na stroitel'noj ploshchadke [Design of the installation of erecting cranes at the construction site]. Perm': Izdatel'stvo Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta, 2016. 114 p.

9. Shvidenko V. I. Montazh stroitel'nyh konstrukcij [Installation of building structures] . M.: Izdatel'stvo "Vysshaya shkola", 1987. 43-52 p.

10. Tekhnicheskoe opisanie. Gidravlicheskiy gusenichnyj kran [Technical description. Hydraulic Crawler Crane]. URL: liebherr.com/shared/media/construction-machinery/deep-foundation/pdf/data-sheet-archive/hs-8x5-series/liebherr-hs-855-hd-duty-cycle-crawler-crane-data-sheet-specifications-russian_10512304_2011.pdf (accessed 17/11/2021).