

Эффективность применения большепролетных конструкций покрытия в промышленном и гражданском строительстве

А.А. Лафанов, Д.О. Вебер, Е.М. Пугач

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет*

Аннотация: В статье рассмотрены некоторые способы возведения большепролетных покрытий из сборных железобетонных элементов и металлических конструкций комплектной поставки. Для систематизации данных конструктивно-технологических решений и определения эффективности применения на основе параметров технологичности проведен сравнительный анализ. Технологии возведения были сопоставлены по следующим параметрам: удельная и общая трудоёмкость, уровень механизации, общее количество элементов, средняя и максимальная масса одного элемента, общая масса монтируемых элементов, коэффициент равновесности. Анализ показал, что для железобетонных конструкций наиболее эффективен монтаж блоками, предполагающий предварительное укрупнение на уровне земли с последующим подъёмом и установкой в проектное положение. Сборные железобетонные оболочки имеют более высокий уровень механизации и степень равновесности, что позволяет рационально использовать крановое оборудование, но по причине значительного веса требуют применения поддерживающих конструкций и кранов большой грузоподъёмности. Монтаж металлических конструкций комплектной поставки в целом виде с предварительным укрупнением на уровне земли наименее трудоемок, но необходимость монтажа значительного количества штучных элементов малой массы снижает технологичность.

Ключевые слова: монтаж большепролетных конструкций, монтаж трехслойных оболочек вращения двойной кривизны, монтаж балочных металлических конструкций, монтаж пространственного блока покрытия, монтаж конструкции покрытия в целом виде, поэлементный монтаж конструкции покрытия, крупноблочный монтаж конструкций покрытия, монтаж надвижкой, эффективность применения большепролетных конструкций, технологичность монтажа большепролетных конструкций.

Введение

Увеличение объёмов строительства общественных, культурно-зрелищных и промышленных зданий, появление новых тенденций и требований к их объёмно-планировочным решениям [1-3], определяет необходимость совершенствования конструктивно-технологических решений для перекрытия больших пролетов [4]. Большепролетные конструкции с укрупнённой сеткой колонн удовлетворяют современным требованиям, позволяют рационально использовать материалы [5], обладают относительно высокой несущей способностью и сейсмостойкостью [6-7]. Яркими

представителями конструкций покрытий с укрупненной сеткой колонн выступают сборные железобетонные пологие оболочки двойной положительной кривизны [8-10] и балочные металлические конструкции [11]. Важной задачей, определяющей перспективу использования таких конструкций, является повышение монтажной технологичности, снижение затрат труда, продолжительности и себестоимости работ, повышение безопасности труда [12].

Методология исследования

Рассмотрены основные технологии возведения покрытий зданий с укрупнённой сеткой колонн из сборного железобетона и металлических конструкций комплектной поставки. Размер ячейки составил 36×36 м, покрытие сформировано из 8 ячеек. Проведён качественный и количественный анализ, построенный на сопоставлении технологий возведения по следующим параметрам: удельная и общая трудоёмкость, уровень механизации, общее количество элементов, средняя и максимальная масса одного элемента, общая масса монтируемых элементов, коэффициент равновесности.

Обзор существующих решений

Сборные железобетонные пологие оболочки чаще всего проектируют с квадратной или прямоугольной сеткой колонн. Пролет составляет от 18 до 36 м, в некоторых случаях он может достигать 60 м и более. Проектирование несущих конструкций покрытия осуществляется из плит-оболочек 3×3 [13], 3×6 , 3×12 м [14]. При необходимости размеры могут быть увеличены. Например, при проектировании зданий с пролётами немодульной длины, ферм-диафрагм или контурных балок, на которые опираются плиты оболочек. Для данных оболочек используют поэлементный монтаж с применением

передвижного кондуктора, пространственных блочных лесов, крупноблочный монтаж методом вертикального подъёма и методом надвижки.

Поэлементный монтаж с применением передвижного кондуктора.

Кондуктор (рис. 1) представляет собой конструкцию из двух главных металлических ферм, на верхнем поясе которых устанавливают спаренные металлические фермы – кружальные прогоны, опирающиеся на четыре стойки, попарно соединённые между собой жёсткими связями (ТТК 07.21.03 «Монтаж сборных железобетонных оболочек зданий высотой до 15 м гусеничными кранами (оболочки размером 36×36 из плит 3×3 м конструкции ПИ-I)»)

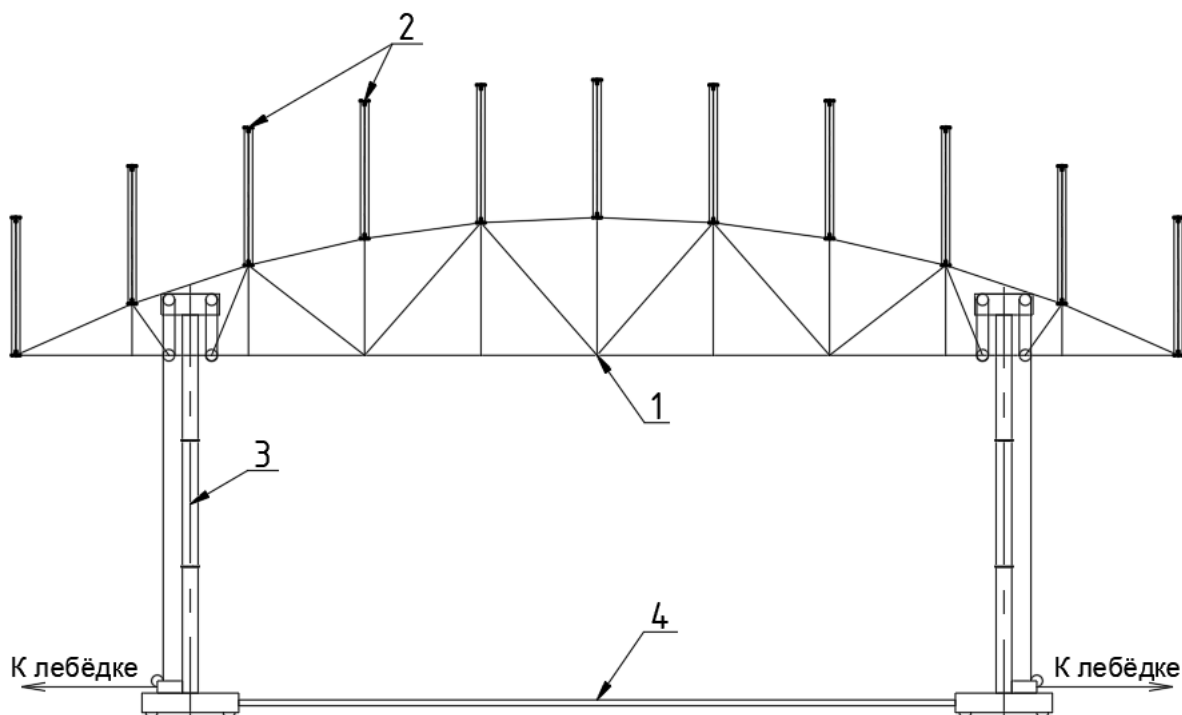


Рис. 1. Передвижной кондуктор для монтажа железобетонных оболочек двойной положительной гауссовой кривизны: 1 – главные фермы; 2 – кружальные прогоны; 3 – стойки; 4 – жёсткие связи

До начала монтажа производят сборку кондуктора и монтаж рельсовых путей движения тележек (рис. 2).

Процесс монтажа конструкции можно разделить на три этапа. На первом этапе производят монтаж первой контурной фермы, после чего устанавливают кондуктор в рабочее положение, удаляют половину прогонов кондуктора, осуществляют монтаж второй и третьей контурных ферм. По завершении подготовки кондуктора выполняют укладку первой половины плит покрытия, установку оставшихся кружальных прогонов с монтажом последней контурной фермы и укладкой последующих рядов плит оболочки.

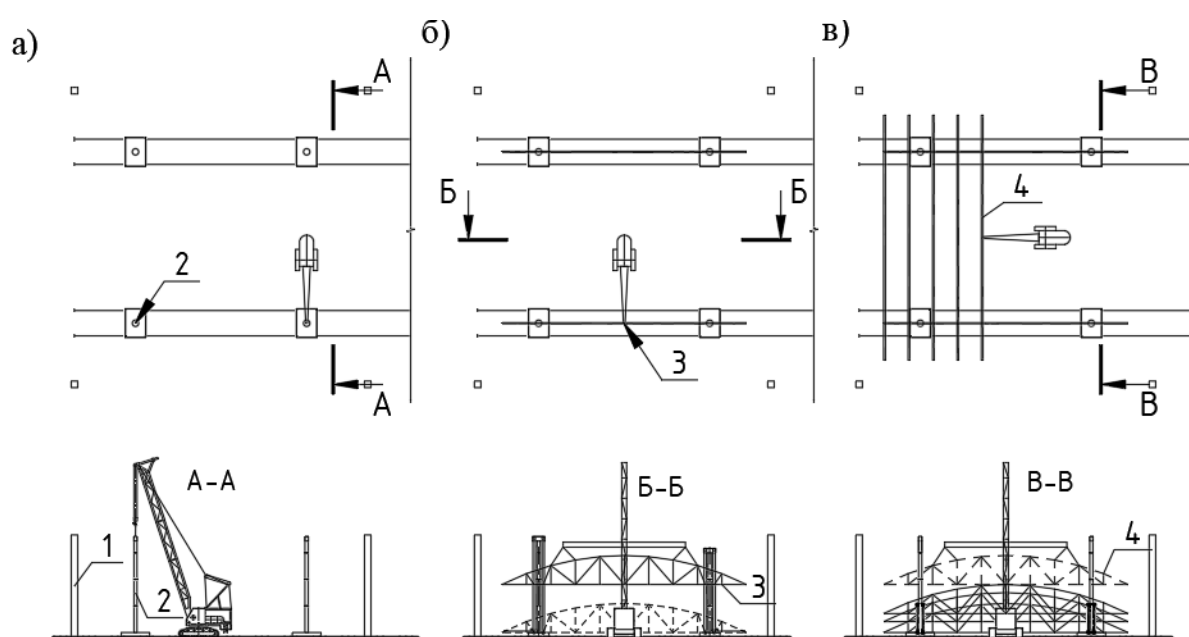


Рис. 2. Установка передвижного кондуктора для монтажа железобетонных оболочек двойной положительной гауссовой кривизны: а – монтаж опор на предварительно установленные пути; б – монтаж главных металлических ферм; в – установка кружальных прогонов; 1 – несущие колонны здания; 2 – опоры кондуктора; 3 – главные металлические фермы; 4 – кружальные фермы

На втором этапе устанавливают опалубку, замоноличивают швы между плитами, выдерживают бетон. Подачу бетонной смеси осуществляют бетононасосами небольшой производительности.

На третьем этапе кондуктор опускают и перемещают на следующую стоянку.

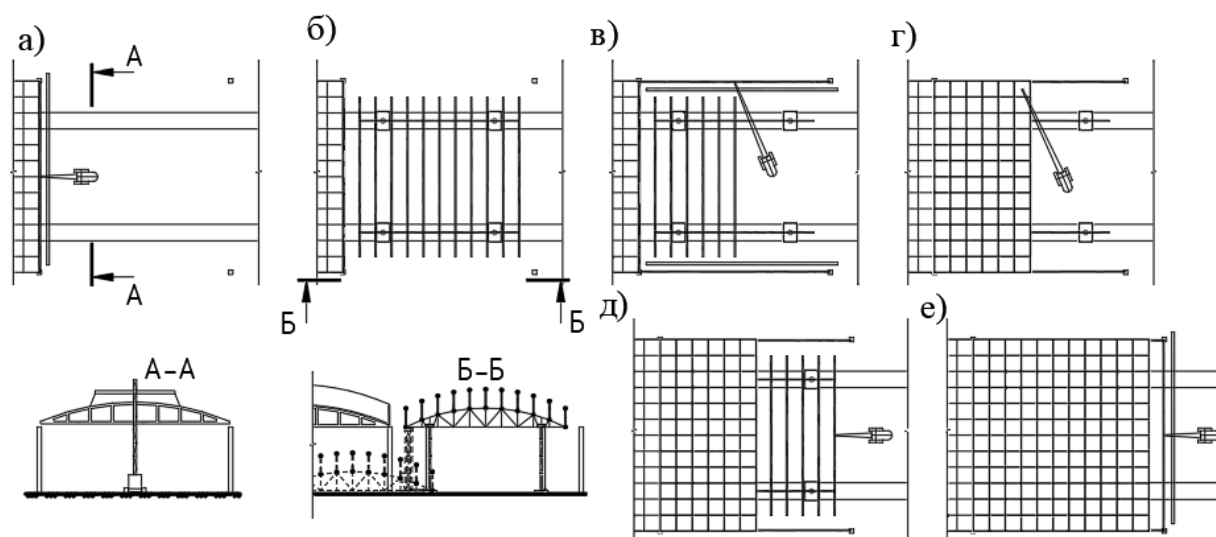


Рис. 3. Монтаж железобетонных оболочек двойной положительной гауссовой кривизны с применением механизированного кондуктора: а – монтаж первой контурной фермы; б – установка и подготовка кондуктора к монтажу; в – демонтаж пяти кружальных ферм и монтаж второй и третьей контурной фермы; г – монтаж плит покрытия на первой половине оболочки; д – монтаж пяти кружальных ферм; е – установка четвёртой фермы диафрагмы и монтаж плит покрытия на второй половине оболочки

Такой монтаж эффективен при невозможности использования кранов высокой грузоподъёмности и большим вылетом крюка, однако, является самым ресурсоемким.

Поэлементный монтаж на проектных отметках с помощью пространственных блочных лесов [15]. Метод мало отличается от монтажа оболочек с помощью механизированных кондукторов, разница в характере подготовительных работ и эксплуатации поддерживающих устройств.

Инвентарные блочные леса состоят из четырёх однотипных пространственных блоков размерами 11×11, 14×14 или 17×17 м. В

зависимости от размера пролётов устраивают с использованием трубчатых стоек с полиспастами, опорных конструкций с ручными домкратами, связей и расчалок.

Процесс монтажа (рис. 4) происходит в следующей последовательности. Сперва монтируют две контурные фермы и устанавливают три блока пространственных лесов на опоры, производят их выверку и закрепление на опорах. По окончании подготовки и устройства конструкций лесов производят монтаж третьей контурной фермы и укладку плит покрытия на трёх блоках лесов. Далее устанавливают четвёртый пространственный блок кондуктора, монтируют четвёртую контурную ферму и завершают монтаж плит оболочки, переходят к этапу замоноличивания швов между панелями оболочки и выдерживанию бетона.

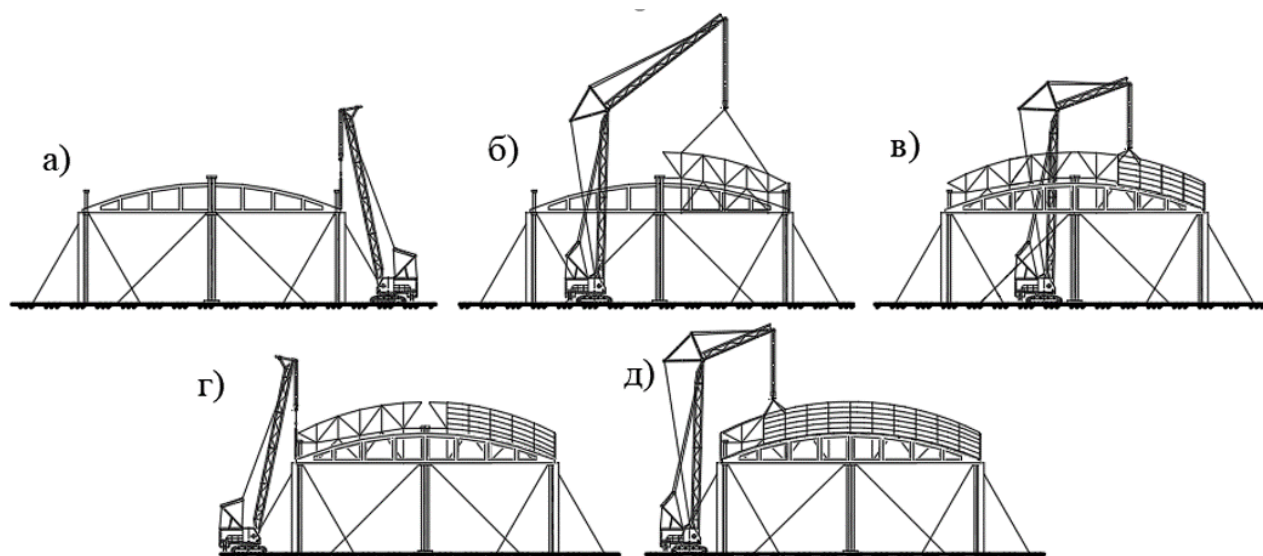


Рис. 4. Монтаж железобетонных оболочек двойной положительной гауссовой кривизны с применением пространственных блочных лесов: а – монтаж трёх контурных фермы; б – установка трех блоков пространственных лесов; в – монтаж плит покрытия; г – монтаж четвёртого блока лесов и установка фермы; д – монтаж плит покрытия последней четверти

За счет снижения массы монтажной оснастки и приспособлений, использование пространственных блочных лесов обладает меньшей ресурсоемкостью.

Крупноблочный монтаж методом вертикального подъёма [16]. Укрупнение оболочки производят на специальном стенде на отметке земли. Процесс можно разделить на два этапа. На первом – на предварительно организованном стенде укрупнительной сборки собирают оболочки покрытия до размера на одну ячейку: последовательно начиная с установки контурных ферм-диафрагм и заканчивая укладкой плит покрытия. После окончания сборки производят установку опалубки, замоноличивание швов и выдержку бетона.

На втором этапе двумя монтажными кранами поднимают оболочку на проектную отметку и закрепляют конструкцию на опорах (рис. 5).



Рис. 5. Монтаж оболочки в целом виде методом вертикального подъёма: 1 – укрупнённая оболочка покрытия; 2 – кондуктор для укрупнительной сборки пологой оболочки

Данный метод эффективен при возведении покрытия 36×144 м в один пролёт отдельно стоящих оболочек, что обусловлено необходимостью организации доступа двух кранов с разных сторон. Недостаток – применение устройств и монтажной оснастки большой грузоподъёмности.

Крупноблочный монтаж методом надвизки [17]. Суть данного метода заключается в приведении конструкций покрытия в проектное положение при помощи специализированного установщика или домкратов, установленных на тележки на рельсовом ходу. Технология подразумевает предварительное укрупнение конструкций на отметке земли на специальном сборочном стенде, который устанавливается на гидравлические подъёмники, при помощи которых укрупненные блоки поднимают над установщиком и укладывают на него [18].

Монтаж включает в себя укладку путей тележек подъёмников или установщиков, их сборку, организацию площадок укрупнительной сборки и сборку стенда. На собранном стенде укрупнительной сборки осуществляют укрупнение оболочки покрытия до размера на одну ячейку, замоноличивают швы и выдерживают бетон. Далее укрупненный блок с помощью гидравлических подъёмников или домкратов поднимают и перемещают установщиком в проектное положение.

Данный метод даёт возможность организации поточной линии укрупнения, исключить применение кранов при укрупнении и монтаже конструкций покрытия.

Металлические конструкции способны перекрывать значительные пролёты. Таким образом, сплошностенчатые балочные конструкции рационально использовать при пролётах до 20 м. По мере увеличения пролёта эффективность их использования уменьшается, а ферменных, напротив, возрастает. При особенно больших пролётах прибегают к использованию висячих покрытий, обеспечивающих необходимую прочность при минимальной материалоемкости [19]. Согласно ВСН 141-80 «Инструкция по поставке стальных конструкций заводами металлоконструкций», размер отправочных марок целесообразно принимать до 15 м.

Для стропильных ферм различают следующие виды монтажа: монтаж конструкций в целом виде с предварительным укрупнением на уровне земли, монтаж пространственных блоков с предварительным укрупнением на уровне земли, монтаж отправочными марками без предварительного укрупнения.

Монтаж конструкций в целом виде с предварительным укрупнением на уровне земли. До начала монтажа осуществляют подготовку стенда для укрупнительной сборки. Стенд укрупнительной сборки, представляющий собой сборно-разборные кассеты, устанавливают на подготовленный деревянный настил, уложенный на песчаное основание [20].

На следующем этапе производят укрупнение отправочных заводских марок в конструктивный элемент путем подноски, укладки и стыковки отправочных заводских элементов с наводкой отверстий с последующей постановкой постоянных высокопрочных болтов. Использование болтовых соединений также способствует повышению монтажной технологичности [21].

На третьем этапе осуществляют установку оттяжек и последующий монтаж стропильной и подстропильной ферм. Постоянное закрепление конструкций может осуществляться посредством монтажа связей по верхнему и нижнему поясу, распорок, растяжек, прогонов, плит перекрытия, сваркой закладных деталей, болтовым соединением конструктивных элементов. Если обеспечить постоянное закрепление конструкции в проектом положении не представляется возможным, то временную устойчивость конструкции обеспечивают установкой парных расчалок (рис. 6.)

Данный вид монтажа способствует повышению качества сборки, безопасности и технологичности работ.

Недостаток – необходимость применения грузоподъемных устройств и монтажной оснастки большой грузоподъемности. Потребность в организации стендов укрупнительной сборки также ведет к дополнительным затратам.

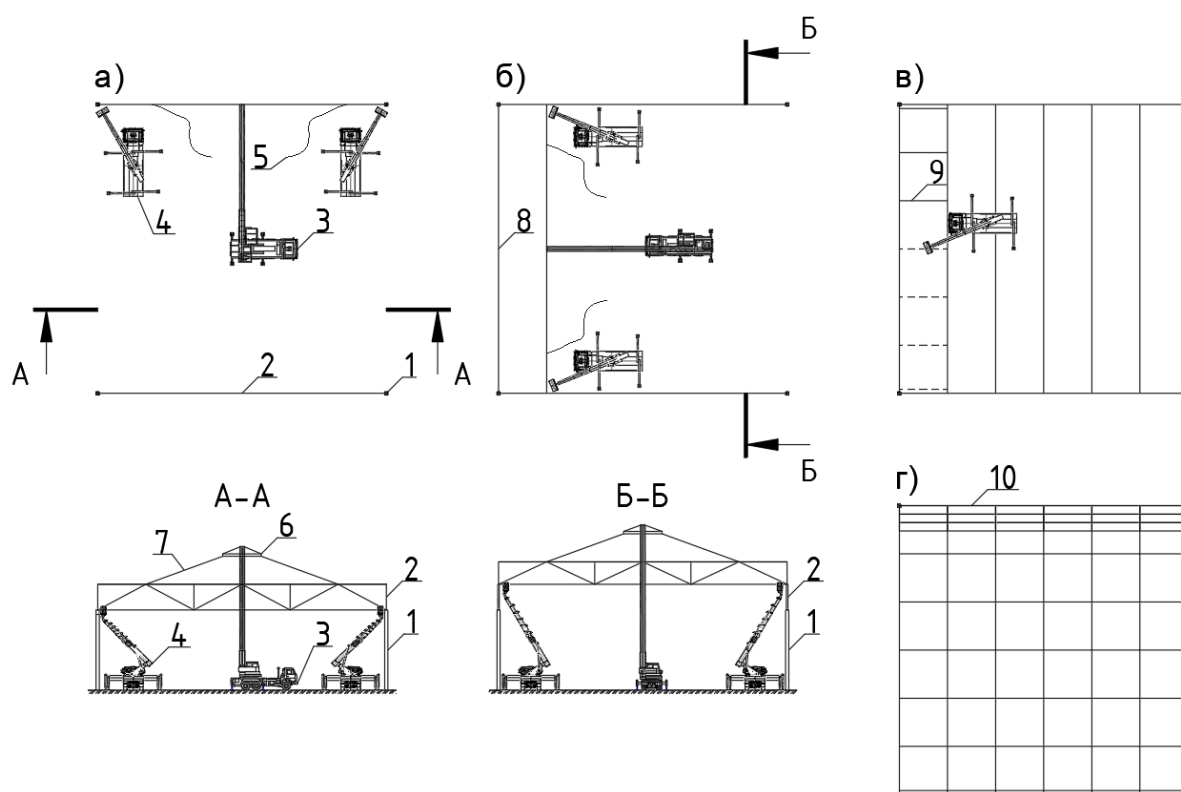


Рис. 6. Монтаж конструкций в целом виде с предварительным укрупнением на уровне земли: а – монтаж подстропильных ферм; б – монтаж стропильных ферм; в – монтаж прогонов и связей; г – монтаж стального профилированного настила; 1 – колонна; 2 – подстропильная ферма; 3 – автомобильный кран; 4 – автогидроподъемник; 5 – оттяжка; 6 – траверса; 7 – строп; 8 – стропильная ферма; 9 – прогон; 10 – профилированный лист

Укрупнительная сборка на уровне земли и монтаж конструкций в виде пространственного блока. Данный вариант является развитием монтажа конструкций с предварительным укрупнением на уровне земли, предполагает, что стропильные фермы укрупняются до пространственного блока путем установки постоянных связей (рис. 7) [22].

Размер пространственного блока назначается в соответствии с максимальной грузоподъемностью крана. При невозможности смонтировать

все несущие конструкции покрытия пространственными блоками, эффективность применения данного метода уменьшается.

К достоинствам метода можно отнести: отсутствие необходимости во временном закреплении конструкций, уменьшение числа подъемов и количества высотных работ. Главный недостаток – необходимость применения грузоподъемных устройств и монтажной оснастки большой грузоподъемности, потребность в дополнительном пространстве для организации площадки укрупнительной сборки.

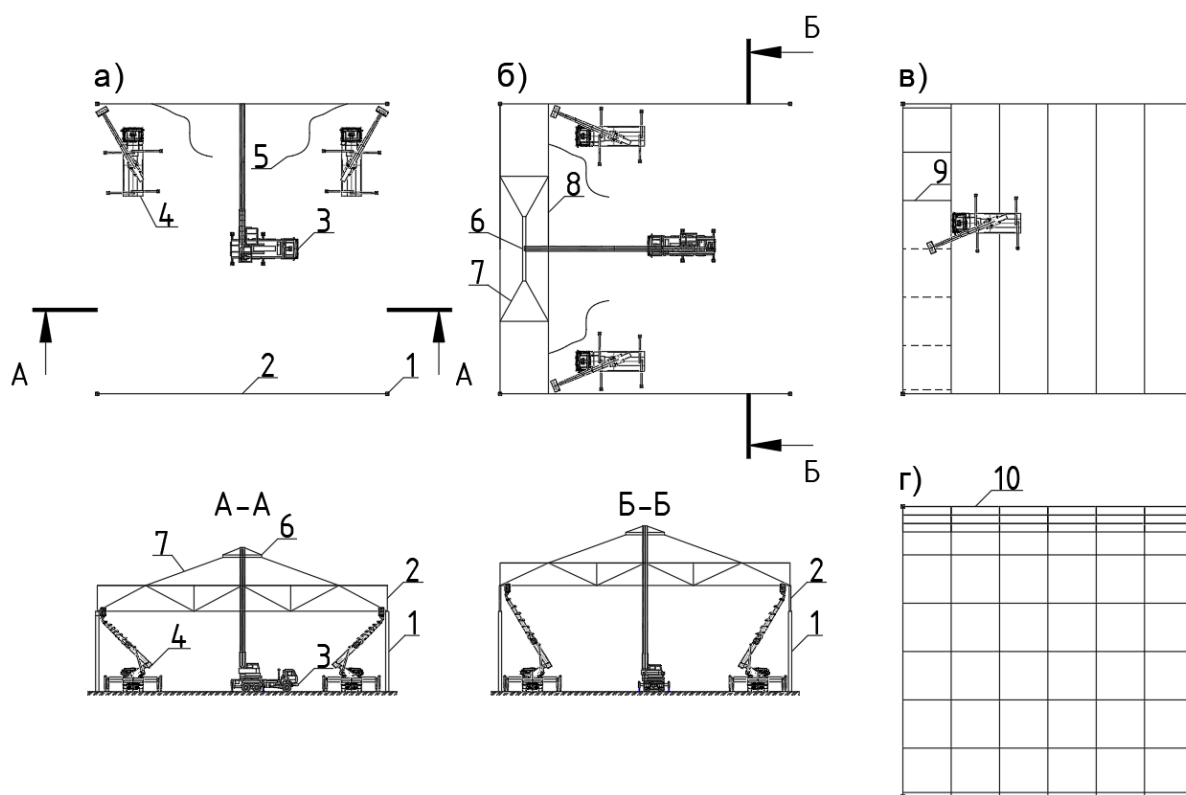


Рис. 7. Укрупнительная сборка на уровне земли и монтаж конструкций в виде пространственного блока: а – монтаж подстропильных ферм; б – монтаж пространственных блоков; в – монтаж прогонов; г – монтаж стального профилированного листа; 1 – колонна; 2 – подстропильная ферма; 3 – автомобильный кран; 4 - подъемник; 5 – оттяжка; 6 – траверса; 7 – строп; 8 – пространственный блок; 9 – прогон; 10 – профилированный лист

Монтаж отправочными марками без предварительного укрупнения.

При данном варианте монтажа до начала основных работ на подготовленный грунт основания устанавливают временные опоры, которые размещают в местах соединения отправочных марок (Пособие по проектированию отдельно стоящих опор и эстакад под технологические трубопроводы (к СНиП 2.09.03-85)).

На следующем этапе к монтируемым элементам фиксируют оттяжки и последовательно производят монтаж отправочных марок подстропильной и стропильной ферм. Временное закрепление конструкций может обеспечиваться установкой парных расчалок, крепление которых осуществляется к якорям.

На заключительном этапе осуществляют постоянное закрепление конструкций в проектном положении. Для этого по верхнему поясу устанавливают прогоны, по нижнему поясу и торцам ферм монтируют связи (рис. 8).

Главным преимуществом этого варианта монтажа является отсутствие потребности в применении механизмов большой грузоподъемности. К основным недостаткам данного метода можно отнести необходимость организации мероприятий по установке и перестановке временных опор, а также выполнение высотных малоэффективных работ связанных с временным закреплением конструкций, целью которых является обеспечение прочности и устойчивости элементов во время монтажа.

Эффективность применения данного метода существенно возрастает по мере увеличения веса монтируемой конструкции и сокращения числа отправочных марок. Это связано с уменьшением числа монтажных операций и возможностью использовать крановое оборудование наиболее эффективно.

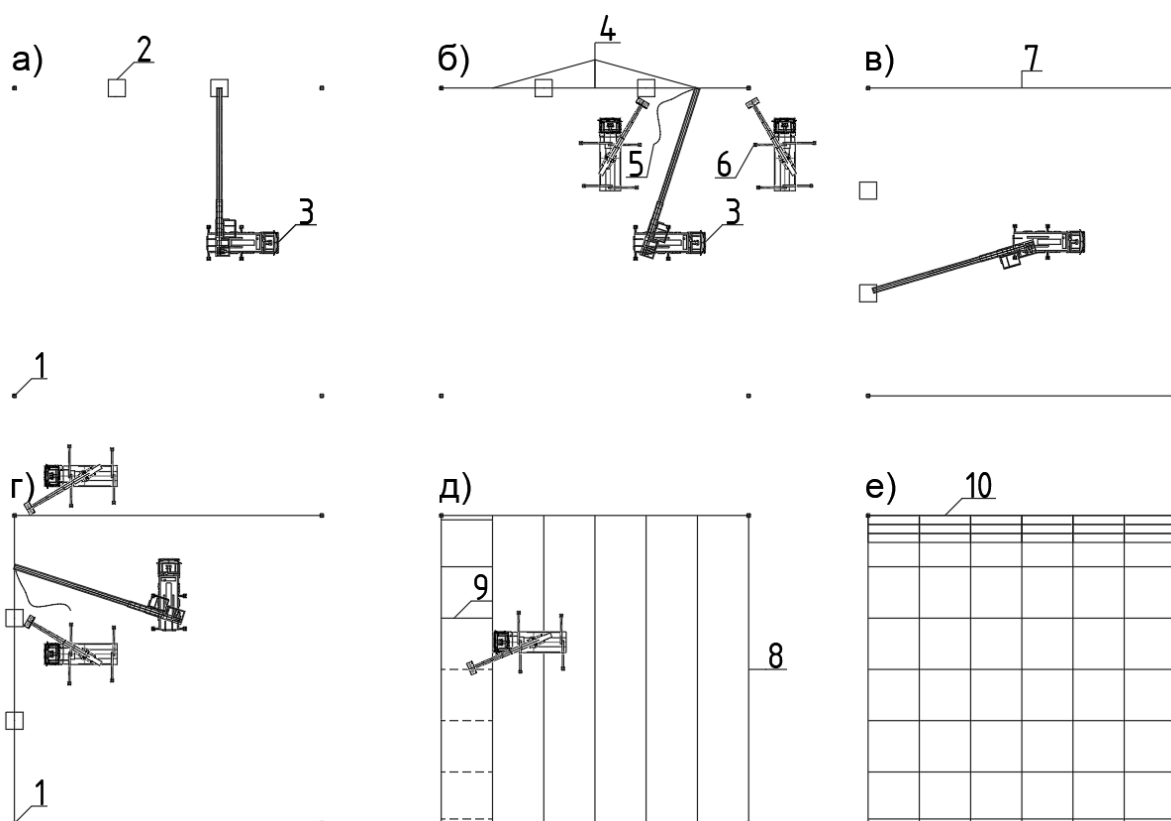


Рис. 8. Монтаж отправочными марками без предварительного укрупнения: а – монтаж временных опор подстропильной фермы; б – монтаж отправочных марок подстропильной фермы; в – перестановка временных опор; г – монтаж отправочных марок стропильной фермы; д – монтаж прогонов и связей; е – монтаж стального профилированного лист; 1 – колонна; 2 – временная опора; 3 – автомобильный кран; 4 – отправочная марка; 5 – оттяжка; 6 – автогидроподъемник; 7 – укрупненная подстропильная ферма; 8 – укрупненная стропильная ферма; 9 – прогон; 10 – профилированный лист

Сравнительный анализ эффективности применения решений

Для систематизации данных рассматриваемых конструктивно-технологических решений и определения эффективности применения на основе параметров технологичности проведен сравнительный анализ. Рассматривалась трудоёмкость монтажа, удельная трудоёмкость монтажа, уровень механизации, относительная масса и равновесность элементов. К абсолютным показателям, описывающим общую строительно-

технологическую характеристику сооружения с позиции монтажной технологичности, отнесены общее количество элементов, средняя и максимальная массы одного элемента, а также общая масса монтируемых элементов.

Удельная трудоемкость определена как отношение трудоёмкости монтажных работ к общей площади здания. Под относительной массой элементов принято отношение общей массы монтируемых элементов к общей площади здания. Равновесность монтируемых элементов характеризует эффективность использования кранового оборудования, определена как отношение средней массы одного элемента к максимальной массе элемента.

Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица № 1

Показатели количественной оценки эффективности применения
большепролетных конструкций на этапе возведения конструкции

Параметры	Варианты конструкций						
	Сборные железобетонные оболочки двойной положительной кривизны				Металлические конструкции комплектной поставки		
	Метод возведения						
	Крупноблочный монтаж методом вертикального подъёма	Поэлементный монтаж с применением передвижного кондуктора	Поэлементный монтаж с применением пространственных блочных лесов	Крупноблочный монтаж методом надвигки конструкции покрытия	Монтаж конструкций в целом виде с предварительным укрупнением на уровне земли	Укрупнительная сборка на уровне земли и монтаж конструкций в виде пространственного блока	Монтаж отпавочными марками без предварительного укрупнения
1	2	3	4	5	6	7	8
Трудоёмкость Т _{ручн.} (ч.-час)	1971,08	6983,2	4853,93	5116,68	3626,96	4024,45	3672,82

1	2	3	4	5	6	7	8
Машиноёмкость $T_{\text{мех.}}$ (маш.-час)	521,69	808,96	730,44	400,34	367,03	405,21	379,11
Удельная трудоёмкость (ч.-час/м ²)	0,19	0,67	0,47	0,49	0,35	0,39	0,35
Уровень механизации $\frac{T_{\text{мех.}}}{T_{\text{ручн.}} + T_{\text{мех.}}}$	0,21	0,10	0,13	0,07	0,092	0,091	0,094
Общее количество элементов (шт.)	1184				2515		2659
Средняя масса одного элемента (т)	1,66	1,46			0,29		0,27
Максимальная масса одного элемента (т)	245	18			14,9		5
Общая масса монтируемых элементов (т)	3920	1960			710,72		712,07
Относительная масса элементов (т/м ²)	0,38	0,16			0,069	0,069	0,069
Равновесность монтируемых элементов	0,007	0,08	0,08	0,08	0,019	0,019	0,055

Составлено авторами на основе имеющихся данных трудозатрат и машинного времени, а также о решениях рассматриваемых конструкций покрытия.

Основываясь на полученных данных, можно отметить, что для железобетонных конструкций наиболее эффективен монтаж блоками, предполагающий предварительное укрупнение на уровне земли с последующим подъёмом и установкой в проектное положение. В сравнении с другими вариантами, метод результативнее в 2,5 – 3,5 раза. Повышение эффективности достигается за счет исключения работ по устройству средств

подмащивания и сокращения трудоёмкости устройства поддерживающих конструкций.

Для металлических конструкций монтаж в целом виде с предварительным укрупнением на уровне земли по сравнению с другими вариантами наименее трудоемок. Сборка в проектном положении на временных опорах тоже эффективна, но немного уступает предварительному укрупнению. По сравнению с железобетонными конструкциями, возведение металлических конструкций требует меньших затрат труда и машинного времени.

Наибольший показатель уровня механизации в сравнении с металлическими и сборными железобетонными конструкциями, возводимыми с применением кондукторов или методом надвижки, имеет крупноблочный монтаж сборных железобетонных оболочек методом вертикального подъёма.

Оценивая абсолютные показатели, описывающие общую строительно-технологическую характеристику сооружения с позиции монтажной технологичности, можно выделить, что общее количество элементов у сборных железобетонных пологих оболочек меньше, чем у балочных металлических конструкций. Однако по таким параметрам как средняя, максимальная и общая масса элементов, вес металлических конструкции на 64-83% меньше, чем конструкций из сборного железобетона. По показателям относительной массы и равновесности элементов, которые определяют эффективность применения кранового оборудования в процессе монтажа, наиболее эффективными являются конструкции из сборного железобетона, возводимые на кондукторах или методом надвижки.

Выводы и заключение

Применение сборных железобетонных оболочек обосновано относительно малым количеством монтируемых элементов и высокими значениями показателей эффективности применения кранового оборудования.

Однако, такие конструкции имеют ряд недостатков, для решения которых необходимы исследования в области разработки новых методов монтажа и монтажных приспособлений, которые исключают необходимость применения материалоемких и трудоёмких поддерживающих устройств, кранов значительной грузоподъёмности.

Эффективность применения металлических конструкций комплектной поставки рациональна в связи с наименьшими трудозатратами. Однако, монтаж конструкций покрытия имеет множество недостатков, главным из которых является необходимость использования большого количества штучных элементов малой массы. Это оказывает негативное влияние как на параметры, характеризующие эффективность организационно-технологических решений, так и на абсолютные показатели.

Литература

1. Душкевич К. Н. Роль большепролетных оболочек в формообразовании общественных зданий // Архитектура и современные информационные технологии. 2017. №4(41). С. 163-178.
2. Ибрагимов А. М., Гнедина Л.Ю., Долгушева В.В. Проблемы применения и проектирования арочных комбинированных систем // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2021. №2. С. 25-35.
3. Мущанов В. Ф., Вишнякова Н.А. Сравнительный анализ эффективности конструктивных решений большепролетного покрытия на криволинейном плане // Металлические конструкции. 2018. Т. 24, №1. С. 5-15.
4. Гатин Т. Н. Тенденции формирования трансформаций в архитектуре общественных зданий // Ноэма (Архитектура. Урбанистика. Искусство). 2020. №2(5). С. 112-124.

5. Ожиганова И. С. Особенности формообразования архитектурных объектов на основе мембранных систем // Архитектура и современные информационные технологии. 2016. №2(35). С. 9.

6. Яров В. А., Иовенко А.А., Рихтер Д.А. Численные исследования НДС пространственного покрытия // Вестник МГСУ. 2012. №1. С. 37-40.

7. Кондратьева Л. Н., Поварова И.Б. Устойчивость пологих складчатых оболочек // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2007. №1(14). С. 102-110.

8. Seyfullaev Kh.K.D., Jabrayilova G. Kh. Ways of increasing of loading capacity of the reinforced concrete shallow shells with a flat rectangular contour // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2024. №20(1). С. 81-87. URL: doi.org/10.22337/2587-9618-2024-20-1-81-87

9. Юсупов А. К., Муселемов Х.М., Вишталов Р.И. Пространственные большепролетные конструкции // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2023. Т. 50, №1. С. 238-244.

10. Бакулин В. Н. Блочная конечно-элементная модель послойного анализа напряжённо-деформированного состояния трёхслойных в общем случае нерегулярных оболочек вращения двойной кривизны // Доклады Академии наук. 2019. Т. 484, №1. С. 35-40.

11. Еремеев П. Г. Разработка, исследование, проектирование и возведение большепролетных металлических конструкций уникальных зданий и сооружений // Вестник ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко "Исследования по теории сооружений". 2009. №1. С. 107-122.

12. Ульшин А. Н. Направления совершенствования технологичности монтажа стальных стержневых конструкций // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2015. №9-10(200-201). С. 40-41.

13. Авалишвили В. И. Заявитель Ордена Трудового Красного Знамени грузинский политехнический институт им. В.И. Ленина. Панель покрытия

сборной полой оболочке. Авторское свидетельство. SU 334352 A1. СССР. 1450541/29-14. 15.06.1970. 30.03.1972. URL: patents.su/2-334352-tentsh-tekhnika-ee-yad-bib-piot-enav-i-avalishvili.html

14. Шапиро А. В., Григорьева В. А., Лурье Н. А., Сарафанова М. Н., Хайдуков Г. К., Абрамов Д. С., Аверкиев Е. П., Кокорин О. А. Проектный институт N1 ГосСтроя СССР. Сборная оболочка. Авторское свидетельство. SU 1046443 A1. СССР. 3463299. 30.04.1982. 07.10.1983. URL: patents.su/6-1046443-sbornaya-obolochka.html

15. Гребенник Р. А. Возведение пространственных конструкций покрытий в промышленном строительстве. 1972. 223 с.

16. Гребенник Р. А., Егнус М. Я., Кодыш Э. Н., Мачабели Ш. Л., Петров И. А. ЦНИИОМТП, ЦНИИПРОМЗДАНИЙ. Способ монтажа зданий предварительно укрупненными блоками. Авторское свидетельство. SU 533711 A1. СССР. 1997761. 12.02.1974. 30.10.1976. URL: patents.su/3-533711-sposob-montazha-zdaniij-predvaritelno-ukrupnennymi-blokami.html

17. Тюфяков П. Д., Бордюгов В. Д. Всесоюзный научно-исследовательский проектный институт "ПРОМСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ". Способ монтажа блока строительной конструкции. Авторское свидетельство. SU 1567751 A1. СССР. 4431404. 30.05.1988. 30.05.1990. URL: patents.su/4-1567751-sposob-montazha-bloka-stroitelnojj-konstrukcii.html

18. Волков В. Л., Кокорин О. А., Ходулин Б. Н., Гребенник Р. А., Зайцев В. П. проектно-Технологический Трест По Разработке И Внедрению Новой Техники В Строительство "Оргтехстрой". Установка для сборки и монтажа оболочек покрытия конвейерным методом. Авторское свидетельство. SU 1325156 A1. СССР. 3803980. 22.10.1984. 23.07.1987. URL: patents.su/5-1325156-ustanovka-dlya-sborki-i-montazha-obolochek-pokrytiya-konvejjernym-metodom.html

19. Кудишин Ю. И. Металлические конструкции. 2011. С. 175, 264, 518.

20. Ульшин А. Н. Кассета для укрупнительной сборки стропильных ферм. Патент. RU 2540138 С1. Россия. 2014105013/03. 11.02.2014. 10.02.2015. URL: patenton.ru/patent/RU2540138C1

21. Kitayama S., Luorio O. Using bolted connections for the construction, deconstruction and reuse of lightweight exterior infill walls: Experimental study // Architecture, Structures and Construction. 2024. № 4. С. 123-133. URL: doi.org/10.1007/s44150-024-00108-0

22. Югов А. М., Мазур В. А., Шевченко В. Д., Тимошко А. А. Из опыта организации конвейерной сборки и монтажа блоков покрытия стана «3000» металлургического завода // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. 2019. №53. С. 28-35.

References

1. Dushkevich K. N. Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii. 2017. №4(41). pp. 163-178.

2. Ibragimov A. M., Gnedina L.Yu., Dolgusheva V.V. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Materialy. Konstruktsii. Tekhnologii. 2021. №2. pp. 25-35.

3. Mushchanov V. F., Vishnyakova N.A. Metallicheskie konstruktsii. 2018. V. 24, №1. pp. 5-15.

4. Gatin T. N. Nojema (Arhitektura. Urbanistika. Iskusstvo). 2020. №2(5). pp. 112-124.

5. Ozhiganova I. S. Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii. 2016. №2(35). 9 p.

6. Yarov V. A., Iovenko A.A., Rikhter D.A. Vestnik MGSU. 2012. №1. pp. 37-40.

7. Kondrat'eva L. N., Povarova I.B. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2007. №1(14). pp. 102-110.

8. Seyfullaev Kh.K.D., Jabrayilova G. Kh. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2024. №20(1). pp. 81-87. URL: doi.org/10.22337/2587-9618-2024-20-1-81-87
9. Yusupov A. K., Muselemov Kh.M., Vishtalov R.I. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2023. V. 50, №1. pp. 238-244.
10. Bakulin V. N. Doklady Akademii nauk. 2019. V. 484, №1. pp. 35-40.
11. Ereemeev P. G. Vestnik TsNIISK im. V.A. Kucherenko "Issledovaniya po teorii sooruzheniy". 2009. №1. pp. 107-122.
12. Ul'shin A. N. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2015. №9-10(200-201). pp. 40-41.
13. Avalishvili V. I. Panel' pokrytiya sbornoy pologoy obolochki [The panel covering the prefabricated hollow shell]. Soviet Patent № 334352 A1. URL: patents.su/2-334352-tentsh-tekhnologii4eeyad-bib-piot-enav-i-avalishvili.html
14. Shapiro A. V., Grigor'eva V. A., Lur'e N. A., Sarafanova M. N., Khaydukov G. K., Abramov D. S., Averkiev E. P., Kokorin O. A. Sbornaya obolochka [Prefabricated shell]. Soviet Patent № 1046443 A1. URL: patents.su/6-1046443-sbornaya-obolochka.html
15. Grebennik R. A. Vozvedenie prostranstvennykh konstruktsiy pokrytiy v promyshlennom stroitel'stve [The construction of spatial structures of coatings in industrial construction]. 1972. 223 p.
16. Grebennik R. A., Egnus M. Ya., Kodysh E. N., Machabeli Sh. L., Petrov I. A. Sposob montazha zdaniy predvaritel'no ukрупnennymi blokami. Avtorskoe svidetel'stvo [The method of installing buildings in pre-enlarged blocks]. Soviet Patent № 533711 A1. URL: patents.su/3-533711-sposob-montazha-zdaniij-predvaritelno-ukрупnennymi-blokami.html
17. Tyufyakov P. D., Bordyugov V. D. Sposob montazha bloka stroitel'noy konstruktsii [The method of mounting the block of the building structure]. Soviet

Patent № 1567751 A1. URL: patents.su/4-1567751-sposob-montazha-bloka-stroitelnojj-konstrukcii.html

18. Volkov V. L., Kokorin O. A., Khodulin B. N., Grebennik R. A., Zaytsev V. P. Ustanovka dlya sborki i montazha obolochek pokrytiya konveyernym metodom [Installation for assembly and installation of coating shells by conveyor method]. Soviet Patent № 1325156 A1. URL: patents.su/5-1325156-ustanovka-dlya-sborki-i-montazha-obolochek-pokrytiya-konvejjernym-metodom.html

19. Kudishin Yu. I. Metallicheskie konstruksii [Metal structures]. 2011. P. 175, 264, 518.

20. Ul'shin A. N. Kasseta dlya ukрупnitel'noy sborki stropil'nykh ferm [A cassette for the expansion assembly of rafter trusses]. RU Patent № 2540138 C1. patenton.ru/patent/RU2540138C1

21. Kitayama S., Luorio O. Architecture, Structures and Construction. 2024. № 4. pp. 123-133. URL: doi.org/10.1007/s44150-024-00108-0

22. Yugov A. M., Mazur V. A., Shevchenko V. D., Timoshko A. A. Sbornik nauchnykh trudov Donetskogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. 2019. №53. pp. 28-35.

Дата поступления: 7.05.2025

Дата публикации: 27.06.2025