

УДК 624.074.2

**Д. В. БЕЛОВ, А. М. ЮГОВ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **МОНТАЖНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КУПОЛОВ-ОБОЛОЧЕК**

**Аннотация.** В данной статье предложена новая купольная монтажная система, которая позволяет решить некоторые технические трудности при возведении сборных железобетонных куполов-оболочек, показано устройство монтажной системы и принцип её работы на различных стадиях возведения купола. Приводится детальное описание выполнения работ с помощью предложенной системы. Подробно освещены технология выполнения работ и преимущества нового технологического решения по монтажу железобетонного купола-оболочки.

**Ключевые слова:** купола-оболочки, монтаж купола, сектора, кружала, опорное кольцо купола.

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ**

Технологические и функциональные требования обуславливают постоянное увеличение пролетов конструктивных элементов зданий и сооружений. Купола из сборных железобетонных элементов позволяют перекрывать большие площади промышленных и гражданских зданий без промежуточных опор при минимальном расходе материалов. Улучшение конструктивных решений и методов монтажа куполов из сборных железобетонных элементов во многом способствует более широкому их применению в строительстве.

Вследствие больших габаритов и масс конструктивных элементов куполов-оболочек их не всегда возможно монтировать в укрупненном виде традиционными методами с применением единичных грузоподъемных средств (крана или мачты) [1].

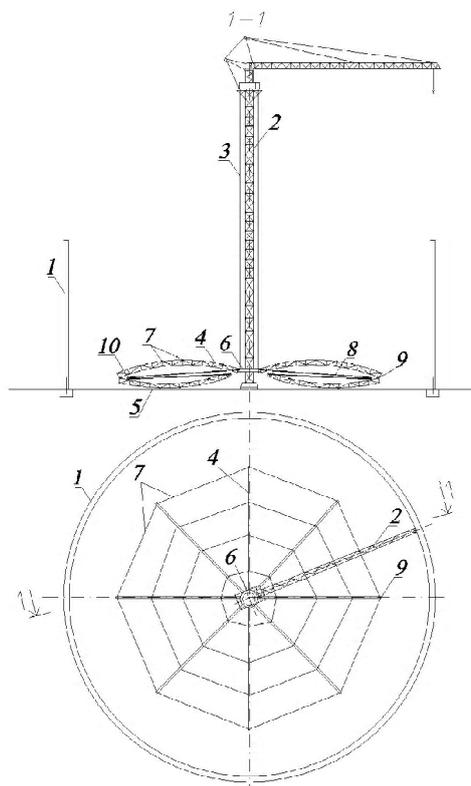
Купола-оболочки имеют ряд конструктивных особенностей, затрудняющих их монтаж в сравнении с ребристыми, сетчатыми и ребристо-кольцевыми куполами, имеющими несущий каркас [2]. Купола-оболочки традиционно монтируются двумя основными методами навесной сборки: монтаж кольцевыми ярусами без поддерживающих лесов на оттяжках и монтаж с применением фермы, которая одним концом опиралась на поворотное устройство на башне крана, а другим (с помощью тележки) перемещалась по кольцевому рельсу на уровне опорного кольца. Ферма служит шаблоном при установке плит, которые выверяются с помощью установленных на ферме винтовых домкратов. Консольный конец панели закрепляется с помощью гибких подвесок к стойкам, установленным по периметру купола. Затем ферму перемещают на смежную позицию [3].

И в первом и во втором случае возникает необходимость во временном закреплении и трудоемкой выверке каждого элемента купола-оболочки, что значительно увеличивает трудоемкость и продолжительность строительства.

Поэтому целью статьи является предложение усовершенствованных организационно-технологических решений сооружения сборных железобетонных куполов-оболочек за счет применения принципиально новой монтажной купольной системы.

#### *Порядок работы монтажной системы*

В геометрическом центре возводимого купола устанавливается монтажный башенный кран 2, с помощью которого сооружаются постоянные опоры купола 1. Кран 2 является также и временной опорой для монтируемого купола-оболочки и оснащается подъемным кольцом 6 с тросами 3 (рис. 1).



**Рисунок 1** – Устройство монтажной системы: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки.

Кружала состоят из верхнего 4 и нижнего 5 радиальных полукружал, соединенных друг с другом шарниром 9. Верхнее полукружало 4 соединено также шарнирно с подъемным кольцом 6. Радиальные полукружала 4 и 5 выполнены в виде стальных ферм с заданными параметрами кривизны возводимого купола и в начальной стадии располагаются друг над другом в одной плоскости [4]. Между полукружалами 4 и 5 устроена в сложенном состоянии затяжка 8, в середине которой имеется шарнир 10. Затяжка 8 закреплена шарнирно к нижнему полукружалу 5 и к подъемному кольцу 6.

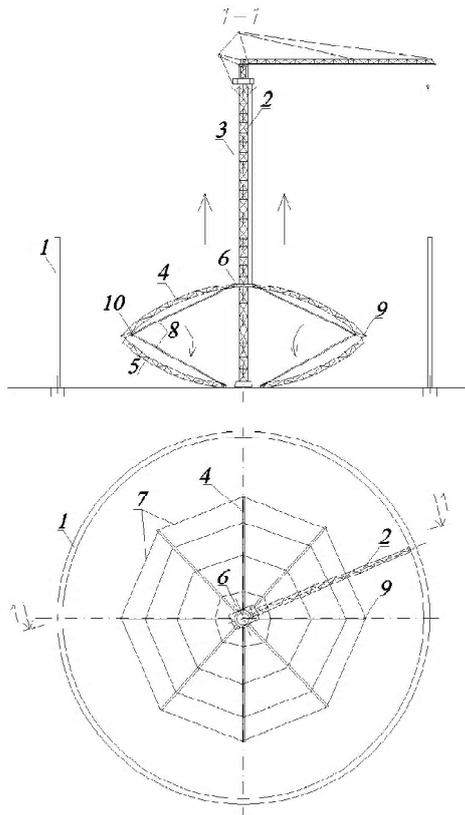
В плане радиальные кружала жестко соединены друг с другом концентрическими кружалами 7.

После сборки кружал подъемное кольцо 6, охватывающее башню монтажного крана 2, начинает с помощью тросов 3 подниматься вверх [5]. Подъем кольца 6 может осуществляться от силового оборудования монтажного крана 2. При этом верхний конец полукружал 4 и затяжки 8 поворачивается в шарнирах подъемного кольца 6. Также происходит поворот в шарнире кружал 9 и в шарнире затяжки 10, начинает происходить «раскрытие» монтажной системы (рис. 2).

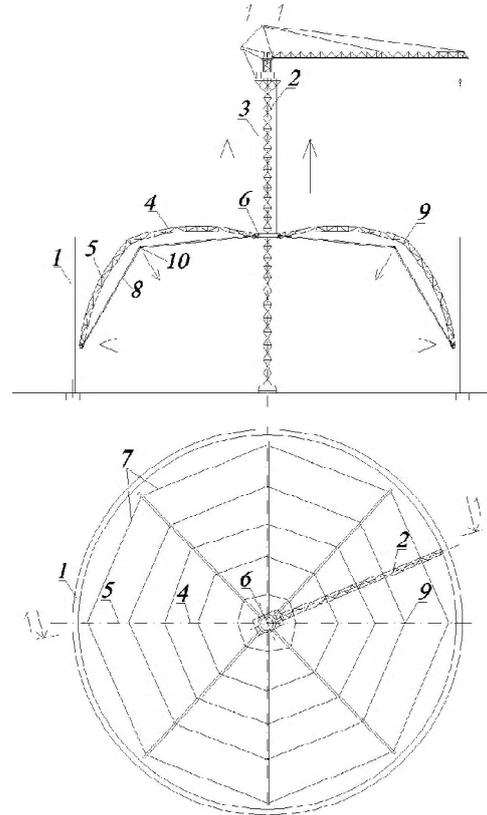
В процессе дальнейшего подъема кольца 6 затяжки 8 под действием силы собственной тяжести совершают поворот в трех точках: в шарнире затяжки 10, в шарнире подъемного кольца 6 и в шарнире на конце нижнего радиального кружала 5. Нижние концы полукружал 5 при этом совершают горизонтальное перемещение, а шарнир 10 затяжки 8 перемещается в нижнее положение. Происходит изменение монтажной системы в плане (рис. 3).

При достижении подъемного кольца 6 верхней проектной точки происходит полное раскрытие монтажной системы. Нижние концы полукружал 5 опираются на постоянные опоры купола 1. Подъемное кольцо 6 фиксируют в верхнем крайнем положении (рис. 4).

После фиксации монтажной системы начинается монтаж элементов купола-оболочки: нижнего и верхнего опорных колец, плит оболочки купола. Монтаж ведется в противоположных секторах от нижнего яруса к верхнему. Стрела монтажного крана 2 вращается по ходу монтажа на 360°. Монтируемые элементы купола 11 перед монтажом раскладываются по внешнему периметру возводимого сооружения (рис. 5).



**Рисунок 2** – Начало подъема монтажной системы: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки.



**Рисунок 3** – Промежуточное положение монтажной системы при подъеме: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки.

Элементы купола 12 соединяют друг с другом сваркой через закладные детали, швы замоноличивают.

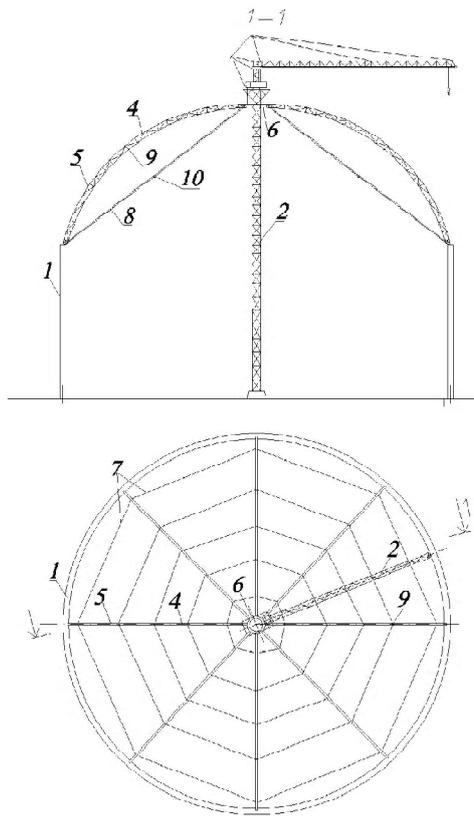
После окончания монтажа сборного железобетонного купола производится демонтаж системы. Подъемное кольцо 6 начинает движение вниз по башне крана 2. Затяжка 8 поворачивается в шарнире подъемного кольца 6 и начинает складываться в шарнире 10. При этом образуется горизонтальная сила в нижнем конце радиального полукружала 5, сдвигая его с постоянных опор купола 1.

Для того, чтобы затяжка 8 в начальной стадии демонтажа не стремилась под действием собственного веса вернуть полукружала 4 и 5 в начальное состояние, до начала демонтажа в пятую часть кружал устраивают гибкие оттяжки 13. По мере движения монтажной системы вниз по башне крана 2 оттяжки 13 подтягивают край кружал 5 к основанию башни крана. Осуществляется поворот затяжки 8 в шарнире 10 и полукружал 4 и 5 в шарнирах 9 (рис. 6).

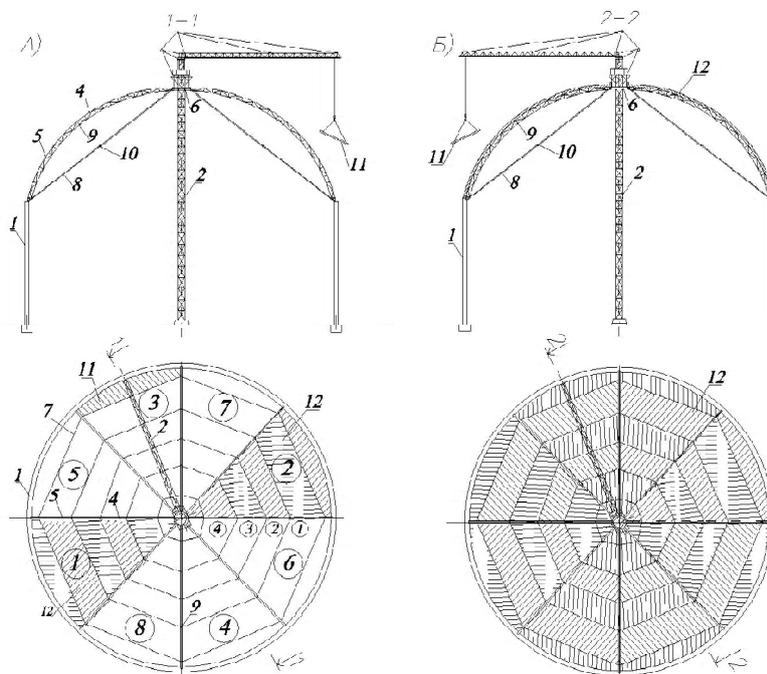
Кружала достигают отметки основания, и система окончательно складывается, выполняется поэлементный демонтаж всех элементов. Демонтаж крана 2 производится через верхнее опорное кольцо внутри купола.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

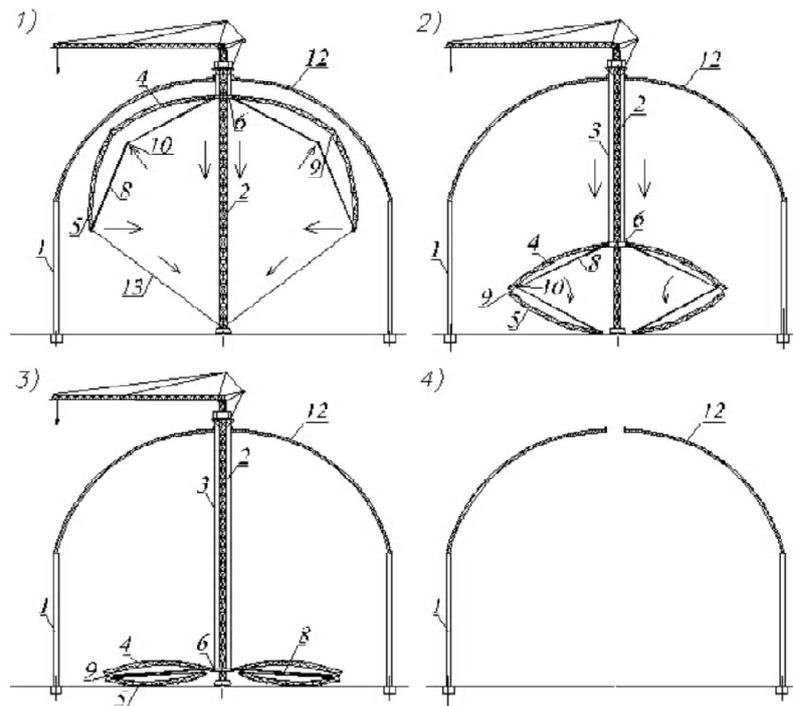
Возведение куполов-оболочек методами навесной сборки, кольцевыми ярусами на оттяжках и с применением подвижной фермы требует достаточно больших трудозатрат. Значительная часть трудоемкости приходится на временное закрепление и выверку каждого элемента оболочки купола. Монтаж куполов-оболочек с помощью подвижной фермы имеет в своей основе динамическую, подвижную монтажную систему, что в свою очередь сказывается на точности и трудоемкости монтажа.



**Рисунок 4** – Окончание подъема системы и её установка на проектные опоры: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки.



**Рисунок 5** – Монтируемые элементы купола: а) монтаж элементов купола-оболочки б) окончание монтажа купола-оболочки: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки; 11 – монтируемый элемент оболочки купола; 12 – сектор оболочки купола; (1) – (8) – порядок монтажа секторов оболочки купола; (1) – (4) – порядок монтажа элементов в секторе.



**Рисунок 6** – Демонтаж монтажной системы: 1 – постоянные опоры купола; 2 – кран монтажный; 3 – тросы; 4 – верхнее радиальное полукружало; 5 – нижнее радиальное полукружало; 6 – подъемное кольцо; 7 – концентрические кружала; 8 – затяжка кружал; 9 – шарнир кружал; 10 – шарнир затяжки; 11 – монтируемый элемент оболочки купола; 12 – сектор оболочки купола; 13 – оттяжки.

Монтаж куполов-оболочек с помощью предложенной монтажной системы дает возможность снизить трудоемкость вспомогательных работ, повышает скорость и точность монтажа элементов за счет временных кружал, повторяющих геометрию купола. Система статична во весь период монтажа и не требует перестановки или вращения её элементов.

Раскружаливание системы не требует сложного оборудования, демонтаж кружал осуществляется поэлементно в уровне земли, что позволяет сократить объем высотных работ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липницкий, М. Е. Купольные покрытия для строительства в условиях сурового климата [Текст] / М. Е. Липницкий – Л. : Стройиздэт, 1987. – 196 с.
2. Тур, В. И. Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности [Текст] / В. И. Тур. – М. : АСВ, 2004. – 96 с.
3. Зверев, А. Н. Большепролетные конструкции покрытий общественных и промышленных зданий [Текст] / А. Н. Зверев. – Л. : Санкт-петербургский государственный архитектурно строительный университет, 1998. – 142 с.
4. Пат. 48589 Україна, МПК E04G 11/04. Опалубка для зведення великопролітних куполів [Текст] / Белов Д. В., Югов А. М. ; заявник і патентовласник Белов Д. В., Югов А. М. – № 200909928 ; заявл. 29.09.2009 ; опубл. 02.02.2010, Бюл. № 6. – 4 с.
5. Пат. 69212 Україна, МПК E04G 11/04. Опалубка для зведення куполів [Текст] / Белов Д. В., Югов А. М. ; заявник і патентовласник Белов Д. В., Югов А. М. – № 201111228 ; заявл. 21.09.2011 ; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 7 с.

Получено 02.09.2017

Д. В. БЕЛОВ, А. М. ЮГОВ  
МОНТАЖНА СИСТЕМА ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КУПОЛІВ-  
ОБОЛОНОК  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У даній статті запропонована нова купольна монтажна система, яка дозволяє вирішити деякі технічні труднощі при зведенні збірних залізобетонних куполів-оболонок, показано улаштування монтажної системи і принцип її роботи на різних стадіях зведення купола. Надається детальний опис виконання робіт з допомогою запропонованої системи. Ретельно висвітлені технологія виконання робіт і переваги нового технологічного рішення з монтажу залізобетонного купола-оболонки.

**Ключові слова:** купола-оболонки, монтаж купола, сектори, кружала, опірне кільце купола.

DENIS BELOV, ANATOLIY YUGOV  
ASSEMBLY SYSTEM FOR ERECTION OF REINFORCED-CONCRETE DOMES-  
ENVIRONMENTS  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** In the given article the new dome assembly system which allows to solve some technical difficulties at erection of modular reinforced-concrete domes – environments has been suggested, the device of assembly system and a principle of its work at various stages of erection of a dome has been shown. The detailed description of performance of works with the help of the offered system has been resulted. Technical process of execution of work and advantages of the new technological decision on installation of reinforced-concrete dome of building envelop have been given.

**Key words:** domes of building envelop, installation of dome, sector, cross-beam, basic ring of dome.

**Белов Денис Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при строительстве монолитных сооружений.

**Югов Анатолий Михайлович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция и усиление строительных металлических конструкций, технология и организация работ, при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

**Белов Денис Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: технологія і організація робіт при будівництві монолітних споруд.

**Югов Анатолій Михайлович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування, монтаж, експлуатація, технічна діагностика, оцінка технічного стану, реконструкція та підсилення будівельних металевих конструкцій, технологія та організація робіт при будівництві та реконструкції будівель та споруд

**Belov Denis** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technological processes at erection of monolithic constructions.

**Yugov Anatoliy** – D. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: planning, editing, exploitation, technical diagnostics, estimation of the technical state, reconstruction and strengthening of build metallic constructions, technology and organization of works, at building and reconstruction of buildings and buildings.