

EDN: OZJPNF

УДК 624.073.7

Д. В. БЕЛОВ, А. В. АУЛОВФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевский, г. Макеевка

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ МОНТАЖЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНОГО МЕМБРАННОГО ПОКРЫТИЯ

Аннотация. В данной статье рассмотрены методы и мероприятия по монтажу большепролётных мембранных покрытий для зданий различного функционального назначения. Показываются принципиальная схема работы, технология устройства и конструктивные решения рассматриваемых мембранных систем, а также возможные варианты технологических методов монтажа большепролётных мембранных конструкций. Приводится перечень работ и мероприятий, необходимых для монтажа большепролётного мембранного покрытия здания. Детально освещаются стадии устройства стальных мембранных покрытий с применением различных технологий и средств механизации. Представлены ведущие строительные машины и специальные вспомогательные средства для производства работ. Даются варианты технологий, и выполняется анализ их технико-экономических показателей для выявления оптимального решения по устройству мембранных покрытий большепролётных промышленных и гражданских зданий различного назначения.

Ключевые слова: мембранные конструкции, опорный контур, стрела провиса, подкладной барабан, полотнище, отводной блок.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Современные тенденции в области строительства увеличение перекрываемого пролёта и снижение собственно массы конструкций в наибольшей мере удовлетворяют комбинированные висячие покрытия, состоящие из тонколистовой двухосно растянутой металлической пролётной конструкции и сжатого железобетонного опорного контура. В этом конструктивном решении наилучшим образом используются механические качества каждого материала. Сталь, хорошо работающая на растяжение, идет на изготовление собственно мембраны, отчего вес пролётной части конструкции оказывается минимальным. Другая, сжатая часть конструкции – опорный контур выполняется в железобетоне, хорошо работающем на сжатие [1].

Если традиционные покрытия состоят из несущих и ограждающих конструкций, то в мембранах эти функции совмещены. Работа стального листа мембраны в двух направлениях обеспечивает возможность перекрывать большие пространства, и собственная масса такой конструкции всегда будет меньше массы конструкции плоскостной стержневой системы.

Благодаря двухосной работы материала тонким стальным листом можно перекрывать пролет 200 м при толщине мембраны всего 2 мм, т. е. с расходом стали на пролётное строение 16 кг/м². Наряду с малым расходом стали мембранные покрытия обладают повышенным запасом прочности, локальные несовершенства конструкций и металла в мембранах не столь опасны, как в линейных системах [2].

Поэтому **целью** данной статьи является анализ и выбор рациональных технологических решений монтажа большепролётного мембранного покрытия.

Основными элементами мембранных покрытий являются металлическая тонколистовая пролётная конструкция и опорный контур. По конструктивным решениям мембранные системы разделяются на провисающие и первоначально плоские. Тонколистовыми конструкциями перекрывают пролёты от 24 до 300 м, с разнообразной формой плана квадрат, прямоугольник, треугольник, круг, овал, или комбинированного очертания.

© Д. В. Белов, А. В. Аулов, 2023



Мембранные оболочки проектируют с формой поверхности – нулевой, положительной и отрицательной гауссовой кривизны, а также составными, в виде комбинации оболочек с одинаковой или различной формой поверхности [3] (рис. 1).

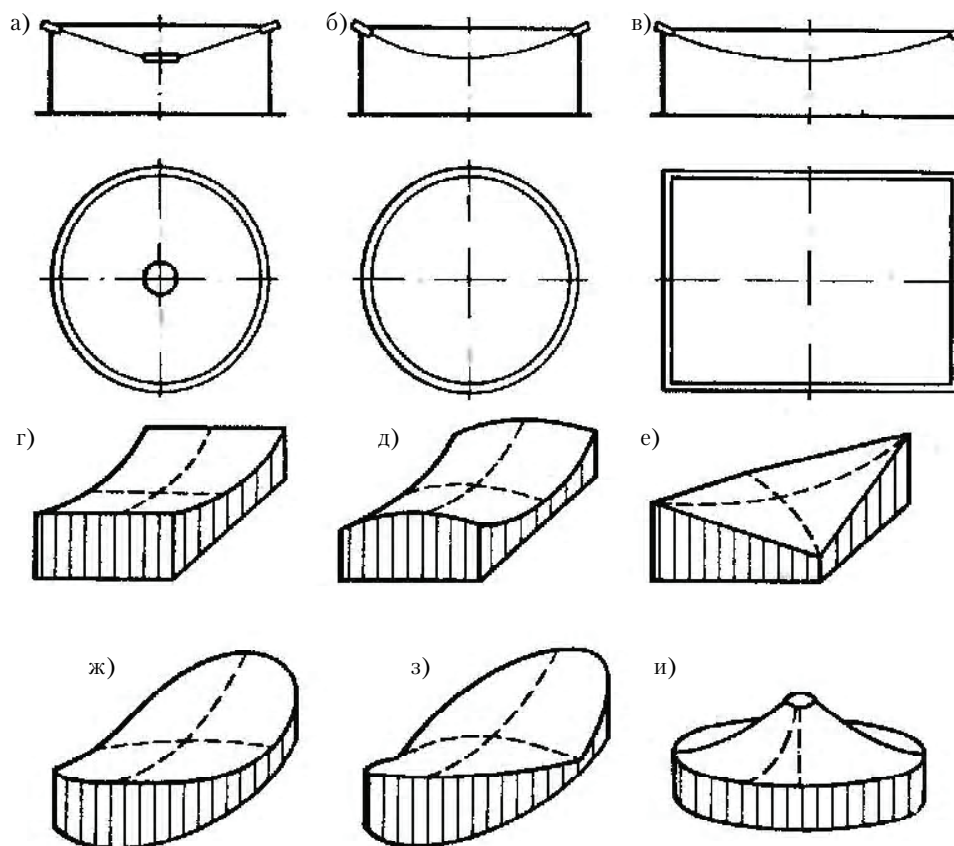


Рисунок 1 – План и форма поверхности отдельно стоящих мембранных покрытий: а), г) нулевой гауссовой кривизны; б), в) положительной гауссовой кривизны; д), е), ж), з), и) – отрицательной гауссовой кривизны.

«Постели» направляющие элементы предназначенные для формообразования мембран, принимают гибкими, из полосы шириной от 300 до 500 мм и толщиной от 1,3 до 1,5 раза больше толщины стальной мембраны.

Мембранные полотнища следует соединять между собой и с контуром внахлестку на сварке (непрерывным угловым швом, точечной сваркой проплавлением) или на высокопрочных болтах (рис. 2).

Форму поперечного сечения контура принимают прямоугольной (сплошной или пустотелой), двутавровой, трапециевидной, круглой (трубобетон) [4] (рис. 3).

Монтаж пролетной конструкции сплошных тонкостенных мембран с первоначально заданной стрелой провиса рекомендуется осуществлять на проектную отметку следующими способами: 1) навесным способом – раскаткой полотнищ мембраны длиной на пролет по системе предварительно смонтированных монтажных элементов (постель); 2) укрупненными пространственными блоками – сборкой в кондукторе на уровне земли; 3) комбинированным – частично блоками (через один) частично с монтажом навесным способом (рис. 4).

При монтаже **мембранных покрытий навесным способом с помощью раскатки** монтаж постели выполняется блоками, включающими как минимум пару направляющих длиной на перекрываемый пролет и расположенными между ними поперечными элементами. В случае выполнения направляющих из гибких элементов блок собирают на спланированной площадке на уровне земли с последующим подъемом на проектную отметку полиспастами, лебедками, траверсами или траверсами-распорками. Монтаж постели, определяющей начальную форму поверхности мембранной оболочки, завершается выверкой её геометрии и окончательным креплением к контуру. Поверхность монтажной сетки рекомендуется регулировать подтяжкой к упорам на контуре хвостовиков, которыми

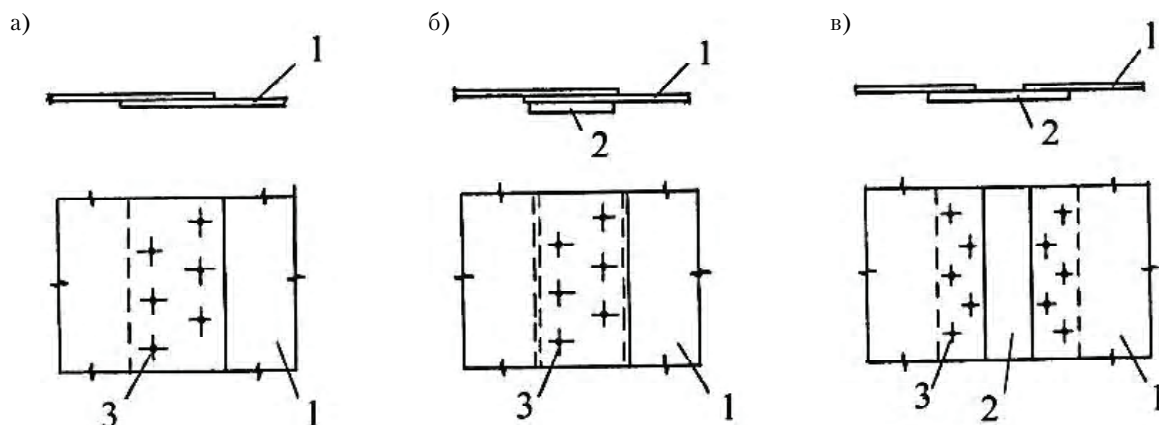


Рисунок 2 – Узлы сопряжения полотнищ мембраны: а) без «постели»; б) с «постелью», внахлестку полотнищ мембраны; в) с «постелью», внахлестку на направляющих элементах; 1 – мембрана; 2 – направляющие элементы «постели»; 3 – болты или сварные точки.

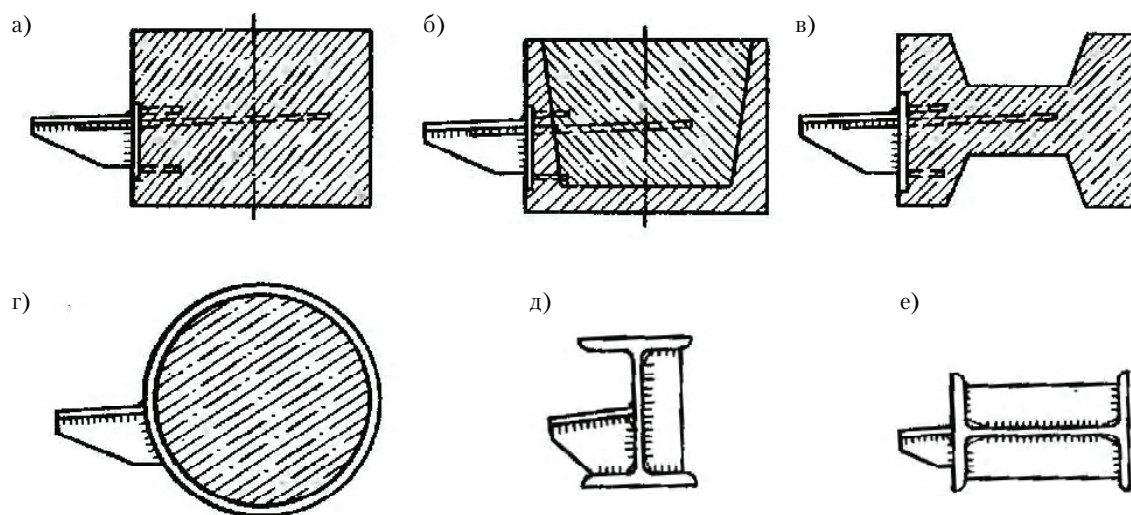


Рисунок 3 – Форма поперечного сечения опорного контура мембран: а) сборный или монолитный элемент; б) сборно-монолитный элемент; в) двутавровый элемент; г) трубобетонный элемент; д) вертикальный двутавр; е) горизонтальный двутавр.

заканчиваются направляющие. В некоторых случаях монтаж постели можно выполнять поэлементно [5].

Раскатку свернутых в рулон на специальный барабан полотнищ мембраны по смонтированной и выверенной монтажной постели производят с помощью лебедок. Станок с барабаном устанавливается на опорном контуре или на земле за пределами сооружения. В последнем случае на опорный контур рекомендуется устанавливать приспособление в виде вращающейся катушки для плавного перегиба в этом месте полотнища при вытягивании на покрытие.

При монтаже мембранных покрытий навесным методом по предварительно навешенным элементам постели соединения полотнищ одного с другим рекомендуется выполнять после укладки и временного закрепления всех полотнищ в проектом положении (рис. 4, а).

Укрупнительную сборку пространственных блоков при **монтаже мембран укрупненными пространственными блоками** рекомендуется производить на стендах-кондукторах с учетом фактического положения смонтированных конструкций контура и закладных деталей. Элементы блока могут изготавливаться в виде панелей полной заводской готовности. Ширина блока принимается равной ширине полотнища мембраны, а длина – пролету покрытия или его части. Размеры блока назначаются с учетом грузоподъемности кранового оборудования и возможностей его размещения на строительной площадке [6].

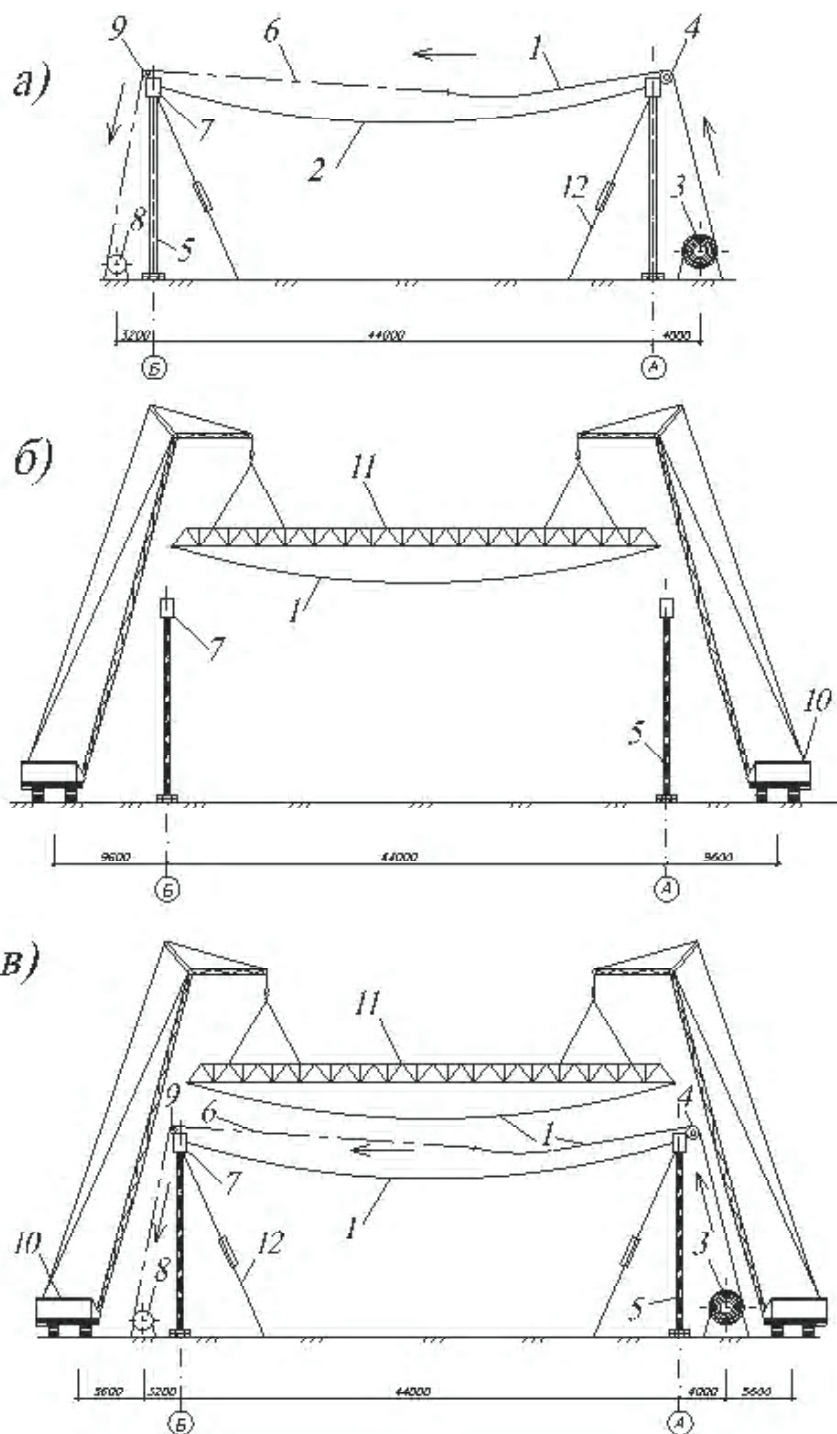


Рисунок 4 – Варианты методов монтажа большепролетного мембранного покрытия: а) навесной способом – раскаткой полотнищ; б) укрупненными пространственными блоками; в) комбинированный способ; 1 – стальная мембрана; 2 – направляющие элементы (постель); 3 – барабан с рулоном; 4 – подкладной барабан; 5 – постоянные опоры; 6 – строп для надвигки мембраны; 7 – опорный контур; 8 – лебедка; 9 – отводной блок; 10 – кран монтажный; 11 – траверса-распорка; 12 – временные распорки.

Подъем блоков в проектное положение производится траверсами или траверсами-распорками (рис. 4, б).

Монтаж круглых и овальных в плане покрытий с радиально-кольцевой системой подкрепления производится с одновременной укладкой четырех элементов по двум взаимно ортогональным направлениям. Следующие четыре элемента покрытия устанавливают посередине между смонтированными

элементами и т. д. Монтаж прямоугольных в плане покрытий с ортогональным расположением подкрепляющих элементов производится от краев к центру, демонтаж траверс, траверс-распорок необходимо выполнять после установки нескольких симметрично расположенных элементов, развязывающих контур. При сварке полотнищ мембраны рекомендуется применять автоматическую сварку с минимальным количеством сварных швов, выполняемых на монтаже. Отверстия под высокопрочные болты необходимо сверлить по месту с использованием специальных приспособлений и устройств.

На основании калькуляций, графиков производства работ и сравнительного расчета вариантов методов монтажа большепролетного мембранного покрытия, выполнена таблица сравнения показателей (таблица). Построены гистограммы технико-экономических показателей представленных методов монтажа (рис. 5).

Таблица – Сравнение показателей монтажа большепролетного мембранного покрытия на 2 400 м²

№ п/п	Наименование метода монтажа	Трудоемкость работ		Стоимость монтажа		Продолжительность работ	
		чел-дн	%	руб.	%	дни	%
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Монтаж стального большепролетного мембранного покрытия навесным способом раскаткой.	489,3	100	757 642	100	44	100
2	Монтаж стального большепролетного мембранного покрытия укрупненными пространственными блоками.	533,4	109	1 659 466	219	52	118,2
3	Комбинированный монтаж стального большепролетного мембранного покрытия.	501,5	102,5	1 148 412	151,6	30	68,2

Полученные гистограммы технико-экономических показателей сравниваемых методов монтажа большепролетной стальной мембраны покрытия площадью 2 400 м² (рис. 5) показали, что наиболее рациональным по критериям трудоемкости и стоимости монтажа, является: монтаж навесным способом раскаткой (метод № 1). Снижение трудозатрат составляет – от 2,5 до 9,0 %. Снижение стоимости производства работ составляет – 51,6 – 119 %. Однако, продолжительность монтажа мембранного покрытия навесным способом выше на 31,8 % в сравнении с комбинированным монтажом, что вызвано относительно низкой скоростью раскатки рулона при монтаже, а также необходимостью устройства направляющих элементов под разворачиваемые полосы мембран.

Эффективность применения методов монтажа должна определяться с учетом рентабельности использования ведущих и вспомогательных монтажных машин и механизмов во времени, необходимых сроках возведения объекта, а также возможностей своевременной доставки монтажного оборудования для возведения большепролетного мембранного покрытия [7].

Основными преимуществами применения навесного метода монтажа раскаткой являются: технологичность и относительная простота применяемого монтажного оборудования, размещение разворачиваемых рулонов в уровне земли сокращает объем монтажных работ на высоте. Использование данного метода исключает применение тяжелого грузоподъемного оборудования, что снижает стоимость монтажных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов, Г. К. Технология возведения специальных зданий и сооружений / Г. К. Соколов, А. А. Гончаров. – Москва : Стройиздат, 2005. – 173 с. – Текст : непосредственный.
2. Персион, А. А. Справочник по монтажу специальных сооружений / А. А. Персион, Ю. И. Седых, Ю. Н. Маркман. – Киев : Будівельник, 1981. – 267 с. – Текст : непосредственный.

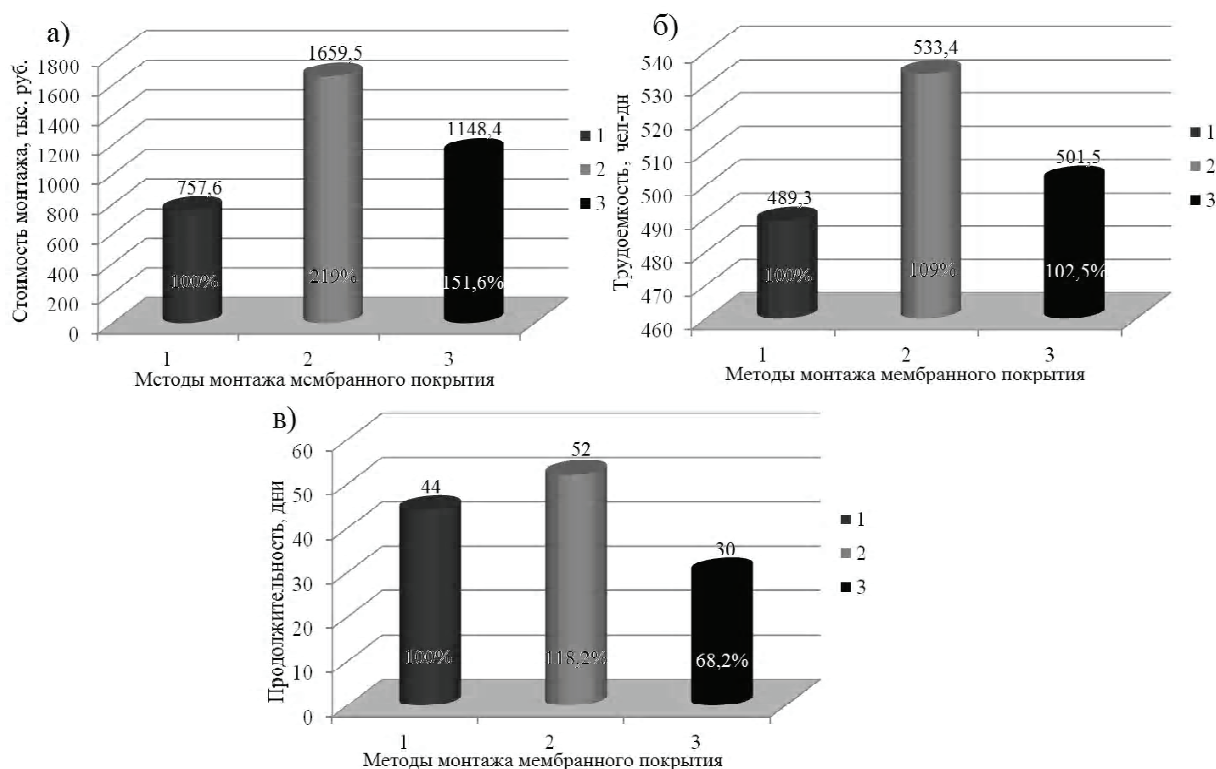


Рисунок 5 – Гистограммы технико-экономических показателей при монтаже большепролетного мембранного покрытия площадью 2 400 м²: а) стоимость работ; б) трудоемкость работ; в) продолжительность работ: 1 – монтаж навесным способом раскаткой; 2 – монтаж укрупненными пространственными блоками; 3 – комбинированный монтаж.

- Сизов, В. Н. Монтаж строительных конструкций / В. Н. Сизов, В. С. Тимофеевич, В. М. Усенко. – Москва : Высшая школа, 1969. – 407 с. – Текст : непосредственный.
- Теличенко, В. И. Технология возведения зданий и сооружений / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лапидус. – Москва : Высшая школа, 2004. – 441 с. – Текст : непосредственный.
- Трофимов, В. И. Мембранные (тонколистовые) висячие покрытия / В. И. Трофимов, П. Г. Еремеев, Е. Ю. Давыдов. – Москва : ВНИИИС, 1981. – 85 с. – Текст : непосредственный.
- СТО 0053-2006. Стандарт организации ОАО НИПИ «Промстальконструкция». Монтаж и демонтаж стальных строительных конструкций / ЦНИИПСК им. Мельникова, ОАО НИПИ «Промстальконструкция». – Москва : Предисловие, 2006. – 182 с. – Текст : непосредственный.
- Рекомендации по проектированию мембранных покрытий на прямоугольном плане для реконструируемых зданий и сооружений ; 2-е изд., испр. и доп. / Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В. А. Кучеренко. – Москва : Стройиздат, 1989. – 98 с. – Текст : непосредственный.

Получена 10.10.2023

Принята 24.11.2023

DENIS BELOV, ALEXANDER AULOV
 ANALYSIS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR
 THE INSTALLATION OF A LARGE-SPAN MEMBRANE COATING
 FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian
 Federation, Makeevka

Abstract. This article discusses methods and measures for the installation of large-span membrane coatings for buildings of various functional purposes. The schematic diagram of operation, device technology and design solutions of the membrane systems under consideration, as well as possible options for technological methods of installation of large-span membrane structures are shown. The list of works and measures necessary for the installation of a large-span membrane coating of the building is given. The stages of the construction of steel membrane coatings using various technologies and means of mechanization are covered in detail. The leading construction machines and special auxiliary means for the production of works are

presented. Variants of technologies are given, and an analysis of their technical and economic indicators is carried out to identify the optimal solution for the installation of membrane coatings of large-span industrial and civil buildings for various purposes.

Keywords: membrane structures, support contour, sag boom, lining drum, panel, outlet block.

Белов Денис Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при строительстве стальных и железобетонных большепролетных зданий и сооружений.

Аулов Александр Владимирович – магистрант кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: технология и организация работ при строительстве стальных большепролетных зданий и сооружений.

Belov Denis – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technology and organization of work in the construction of steel and reinforced concrete large-span buildings and structures.

Aulov Alexander – master's student, Technology and Management in Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: technology and organization of work in the construction of steel concrete large-span buildings and structures.