

ИЗМЕНЕНИЕ N 3

к СП 387.1325800.2018 "Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. Правила проектирования"

ОКС 91.080.40

Дата введения 2024-01-12

УТВЕРЖДЕНО И ВВЕДЕНО В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 11 декабря 2023 г. N 901/пр

Содержание

Дополнить наименованием раздела 17 и нумерованными заголовками в следующей редакции:

"17 Гнutoформованные элементы и пространственные конструкции из них

Основные положения

Расчет конструкций из гнutoформованных элементов

Конструирование

".

Введение

Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"Настоящий свод правил разработан в целях обеспечения соблюдения требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" с учетом требований Федерального закона от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ "О техническом регулировании" и содержит требования к расчету и проектированию железобетонных пространственных конструкций покрытий и перекрытий."

Дополнить пятым абзацем в следующей редакции:

"Изменение N 3 разработано авторским коллективом АО "НИЦ "Строительство" - НИИЖБ им.А.А.Гвоздева (руководитель разработки - канд. техн. наук *Б.С.Соколов*; канд. техн. наук *В.А.Титаев, Д.В.Пасхин*)."

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 25820. Заменить год утверждения: "2014" на "2021";

СП 14.13330. Дополнить ссылку словами: "(с изменениями N 2, N 3)";

СП 16.13330. Заменить слова: "(с изменениями N 1, N 2)" на "(с изменениями N 1, N 2, N 3, N 4, N 5)";

СП 20.13330. Заменить слова: "(с изменениями N 1, N 2, N 3)" на "(с изменениями N 1, N 2, N 3, N 4)";

СП 22.13330. Заменить слова: "(с изменениями N 1, N 2, N 3)" на "(с изменениями N 1, N 2, N 3, N 4)";

СП 28.13330. Заменить слова: "(с изменениями N 1, N 2)" на "(с изменениями N 1, N 2, N 3)";

СП 48.13330.2019. Дополнить ссылку словами: "(с изменением N 1)";

СП 63.13330. Заменить слова: "(с изменением N 1)" на "(с изменениями N 1, N 2)";

СП 131.13330.2020. Дополнить ссылку словами: "(с изменениями N 1, N 2)".

4 Общие указания

4.1 Основные положения

Пункт 4.1.1. Ненумерованный подзаголовок "по способу изготовления и возведения".

Перечисление г). Изложить в новой редакции:

"г) панели-оболочки и панели-складки, изготавливаемые и монтируемые в готовом виде, не требующие расчетного замоноличивания швов между ними, размерами, соответствующими пролету между опорами и габаритам, установленным с учетом условий изготовления, транспортирования и монтажа";

Пункт 4.1.7. Первый абзац. Заменить слово: "рекомендуется" на "следует".

Заменить слова: ", как правило, ребристых" на "ребристых или гладких".

4.2 Основные расчетные требования

Пункт 4.2.3. Второй абзац. Заменить слова: "по методам" на "методами".

Заменить слова: "как правило," на "в линейной или нелинейной постановке".

Пункт 4.2.13. Первое предложение. Изложить в новой редакции:

"4.2.13 Передачу сосредоточенных нагрузок следует предусматривать на ребра жесткости, диафрагмы и бортовые балки оболочек и складок".

Пункт 4.2.21. Первый абзац. Второе предложение. Исключить слова: ", как правило,".

6 Основные требования к конструированию

6.1 Монолитные пространственные конструкции

Пункт 6.1.1. Первый абзац. Исключить слова: ", как правило,".

6.3 Сборные пространственные конструкции

Пункт 6.3.3. Первый абзац. Первое предложение. Заменить слова: ", как правило, должны быть" на "следует принимать".

Пункт 6.3.6. Второй абзац. Заменить слова: "должны быть достаточно" на "следует проектировать".

Исключить слова: "как правило,".

6.4 Стыки сборных конструкций

Пункт 6.4.2. Первый абзац. Второе предложение. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 6.4.5. Первый абзац. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 6.4.7. Первый абзац. Изложить в новой редакции:

"6.4.7 В стыках элементов, работающих на растяжение или изгиб, все растягивающие усилия должны быть восприняты арматурой, предусматриваемой специально или являющейся продолжением основной арматуры ребер стыкуемых элементов.".

Четвертый абзац. Первое предложение. Заменить слова: "как правило, не учитываются" на "не следует учитывать".

6.6 Деформационные швы

Пункт 6.6.1. Третье перечисление. Второе предложение. Исключить слова: ", как правило,".

7 Своды

Пункт 7.1. Второй абзац. Изложить в новой редакции:

"Сводчатые покрытия прямоугольных в плане однопролетных или многопролетных зданий следует проектировать из сборных железобетонных элементов или монолитного железобетона с опиранием по продольным краям (вдоль образующей) на колонны, стены или непосредственно на фундаменты.".

Пункт 7.22. Второй абзац. Заменить слово: "рекомендуется" на "следует". Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 7.24. Второй абзац. Первое предложение. Изложить в новой редакции:

"Ширину b примыкающих друг к другу тонкостенных складчатых арок (складок), образующих свод, принимают в соответствии с шагом несущих колонн, равной 6-12 м.".

Пункт 7.25. Первый абзац. Первое предложение. Заменить слово: "рекомендуется" на "следует". Исключить слово: "обычной".

Пятое предложение. Дополнить слова: "ширину панелей" словами: ", транспортируемых горизонтально,". Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 7.29. Первый абзац. Первое предложение. Заменить слова: "учитывать, что их монтаж выполняется, как правило," на "предусматривать монтаж".

Пункт 7.38. Второй абзац. Пятое предложение. Заменить слова: ", как правило, принимают" на "следует принимать".

8 Треугольные и трапециевидные складки

Пункт 8.2. Второй абзац. Первое предложение. Исключить.

Пункт 8.3. Пятый абзац. Второе предложение. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 8.9. Первый абзац. Первое предложение. Заменить слово: "рекомендуется" на "следует". Исключить слова: ", как правило,".

9 Цилиндрические и складчатые оболочки

Пункт 9.12. Заменить слова: "на расстояние" на "на расстояние z ";

Дополнить первый абзац абзацем в следующей редакции:

"Для сводов со стрелой подъема $f = (1/6 - 1/8)l_2$ приближенное значение z допускается определять по формуле

$$z = h_0 - 0,25f \quad (9.3)$$

и принимать не более $0,8 h_0$."

Пункт 9.17. Первый абзац. Исключить слова: ", как правило,".

Третий абзац. Изложить в новой редакции:

"Диафрагмы проектируют вертикальными, а при необходимости - наклонными и криволинейными."

Пункт 9.19. Четвертый абзац. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 9.21. Четвертое предложение. Исключить.

Пункт 9.25. Третий абзац. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 9.47. Третий абзац. Исключить слова: ", как правило,". Заменить условие: " $h/l_1 > 1/33$ " на " $h/l_1 > 1/32$ ".

Пункт 9.64. Первый абзац. Заменить слова: "Как правило, бортовые" на "Бортовые".

Пункт 9.65. Четвертый и пятый абзацы. Изложить в новой редакции:

"Диафрагмы пролетом не более 24 м проектируют цельными. Для пролетов более 24 м выполняется устройство составных сталежелезобетонных диафрагм, монтируемых из отдельных блоков с помощью переставных подмостей. Блоки стыкуют сваркой закладных деталей, а затяжки выполняют из прокатного металла."

10 Купола

Пункт 10.1. Второй абзац. Первое предложение. Исключить слова: ", как правило,".

11 Пологие оболочки положительной гауссовой кривизны на прямоугольном плане

Пункт 11.5. Первый абзац. Заменить слова: "рекомендуется, как правило, проектировать" на "проектируют".

12 Оболочки отрицательной гауссовой кривизны на прямоугольном плане

Пункт 12.12. Второй абзац. Первое предложение. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 12.13. Первый абзац. Первое предложение. Исключить слова: ", как правило,".

13 Висячие оболочки

Пункт 13.5. Первый абзац. Исключить слова: ", как правило,".

Заменить слово: ", значительно" на "или";

Пункт 13.6. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 13.18. Первое предложение. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 13.56. Первое предложение. Заменить слова: "как правило -" на "чаще".

Пункт 13.58. Второй абзац. Второе предложение. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 13.59. Первый абзац. Второе предложение. Исключить слова: ", как правило - с шагом 6 м".

14 Панели-оболочки "на пролет здания" и сводчатые конструкции из них

Пункт 14.1.20. Второй абзац. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 14.3.2. Первое предложение. Заменить слова: ", как правило, только" на "- только".

15 Вспарушенные панели с плоской верхней поверхностью

Пункт 15.5. Исключить слова: ", как правило,".

16 Шатровые конструкции

Пункт 16.1. Первый абзац. Первое предложение. Заменить слова: "как правило," на "чаще".

Пункт 16.2. Первый абзац. Первое предложение. Исключить слова: ", как правило,". Третий абзац. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 16.13. Первый абзац. Первое предложение. Исключить слова: ", как правило,".

Пункт 16.16. Второй абзац. Второе предложение. Исключить слова: ", как правило,".

Пятый абзац. Второе предложение. Заменить слова: "(как правило, канатную) рекомендуется" на "следует".

Дополнить разделом 17 в следующей редакции:

"17 Гнутоформованные элементы и пространственные конструкции из них

Основные положения

17.1 Гнутоформованный сборный элемент, имеющий в плане форму ромба, представляет собой окаймленную по контуру ребром тонкую плиту, изогнутую по поверхности, близкой к поверхности гиперболического параболоида, что обеспечивает большую пространственную жесткость элементов и их высокую несущую способность в работе в составе сооружения.

Основные геометрические параметры унифицированного пространственного ромбического элемента приведены на рисунке 17.1.

Размеры элемента (b , l , h) и стрела его подъема f_1 определяются геометрическими параметрами и формой поверхности сборной конструкции, а также грузоподъемностью кранового оборудования и транспортными габаритными ограничениями.

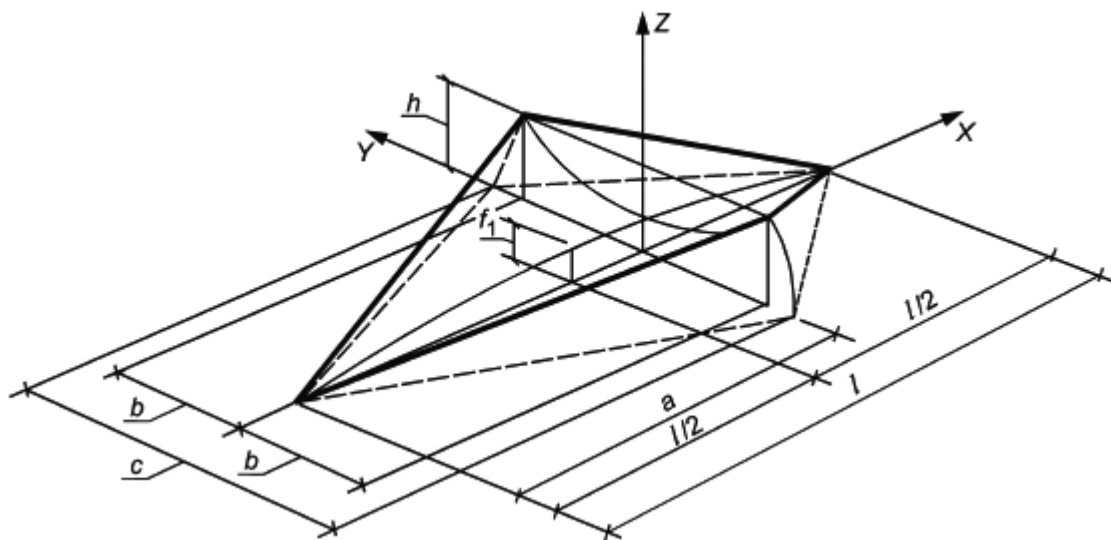
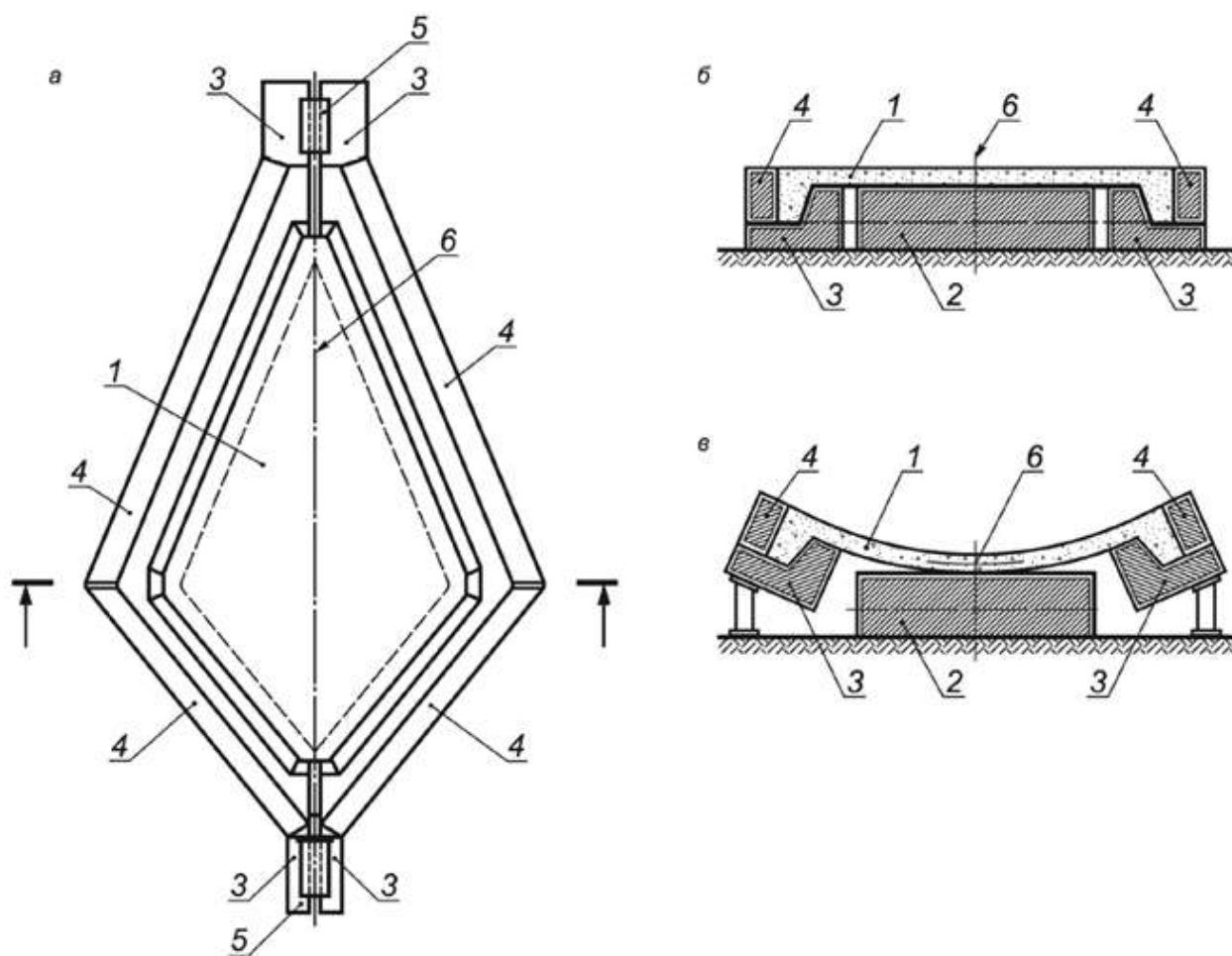


Рисунок 17.1 - Общий вид гнутоформованного ромбического элемента

17.2 Гнутоформованные элементы изготавливают по технологии формования на плоскости с последующим погибом. Плоскую плиту габаритами $c \times l$, контур которой показан пунктиром на рисунке 17.1, готовят в форме, представляющей соединенные линейным шарниром на оси X две половины жесткой рамы (рисунок 17.2), к которой прикреплен гибкий стальной лист.



a - план; $b, в$ - поперечный разрез соответственно в исходном и согнутом состоянии; 1 - гибкий поддон; 2 - жесткий поддон; 3 - элемент жесткой рамы; 4 - откидной борт; 5 - соосные шарниры; 6 - ось шарниров

Рисунок 17.2 - Схема формы для изготовления гнутоформованных элементов

После формования плоской плиты борта формы поднимают на требуемую высоту h , при этом свежесформованная плита, провисая на стальном листе, изгибается, приобретая проектное криволинейное очертание и проектные размеры в плане $2b \times l$. После достижения бетоном необходимой прочности борта формы откидываются, и изделие извлекается из формы.

17.3 Ромбические элементы могут иметь в плане форму ромба или вытянутого четырехугольника (рисунок 17.3).

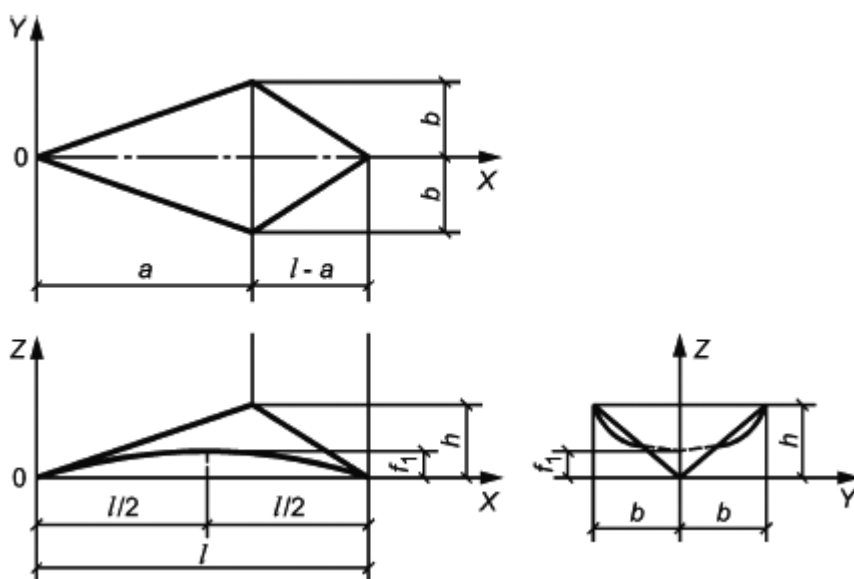


Рисунок 17.3 - Геометрические параметры ромбического элемента в форме вытянутого четырехугольника

В общем случае элемента в форме вытянутого четырехугольника поверхность готового элемента в системе координат с точкой $[0;0;0]$ в начале длинной диагонали (рисунок 17.3) может быть описана уравнением

$$z = f_{x2} \left(\frac{y}{b_x} \right)^2 + f_{x1}, \quad (17.1)$$

где

$$f_{x1} = \frac{4f_1}{l^2} x(l-x); \quad (17.2)$$

$$f_{x2} = h_x - f_{x1}. \quad (17.3)$$

В формулах (17.1) и (17.3):

- при $x \leq a$

$$b_x = \frac{b}{a} x; \quad h_x = \frac{h}{a} x;$$

- при $x > a$

$$b_x = \frac{b}{l-a} (l-x); \quad h_x = \frac{h}{l-a} (l-x).$$

Величина f_1 для ромба ($a=l/2$) может быть приближенно определена по формуле

$$f_1 = h - f_2 \approx h - 0,87 \sqrt{b(c-2b)}. \quad (17.4)$$

Значение f_1 может быть уточнено определением значения стрелы провиса f_2 из равенства ширины плоской плиты c (рисунок 17.1) длине параболы сечения плиты после ее изгиба:

$$c = b \sqrt{1 + \left(\frac{2f_2}{b}\right)^2} + \frac{b^2}{2f_2} \ln \left[\frac{2f_2}{b} + \sqrt{1 + \left(\frac{2f_2}{b}\right)^2} \right]. \quad (17.5)$$

Для элементов в форме вытянутого четырехугольника ($a \gg l/2$) определение величины f_1 выполняется по формулам (17.4), (17.5) с заменой b, h и c величинами соответственно

$$b' = \frac{l}{2} \cdot \frac{b}{a}, \quad h' = \frac{l}{2} \cdot \frac{h}{a}, \quad c' = 2\sqrt{b'^2 + h'^2}.$$

$$f_1 = h' - f_2' \approx h' - 0,87\sqrt{b'(c' - 2b')}, \quad (17.6)$$

$$c' = b' \sqrt{1 + \left(\frac{2f_2'}{b'}\right)^2} + \frac{b'^2}{2f_2'} \ln \left[\frac{2f_2'}{b'} + \sqrt{1 + \left(\frac{2f_2'}{b'}\right)^2} \right]. \quad (17.7)$$

17.4 В проектном положении ромбический элемент располагается под некоторым углом α к горизонту. Преобразование координат точек поверхности поворотом на угол α вокруг оси Y (рисунок 17.4) осуществляется с использованием зависимостей:

$$\begin{aligned} x_i' &= x_i \cos \alpha - z_i \sin \alpha; \\ y_i' &= y_i; \\ z_i' &= x_i \sin \alpha + z_i \cos \alpha. \end{aligned} \quad (17.8)$$

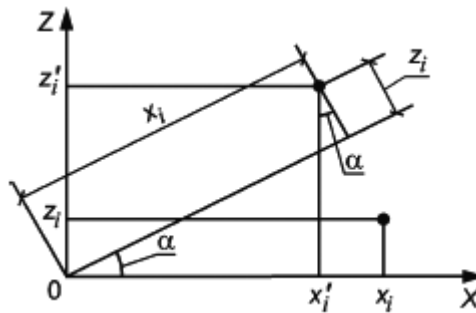
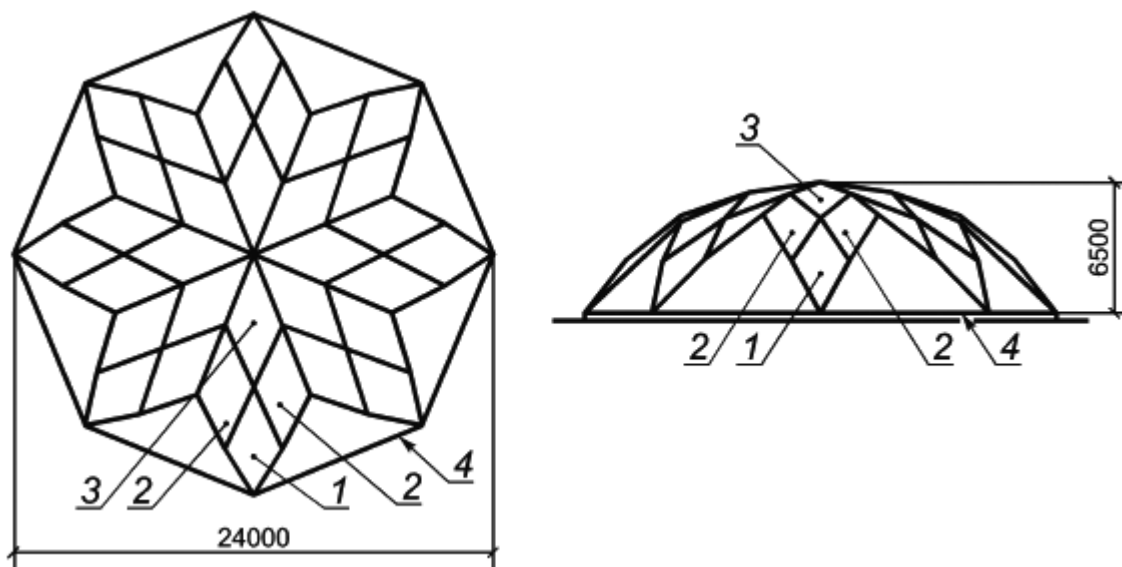
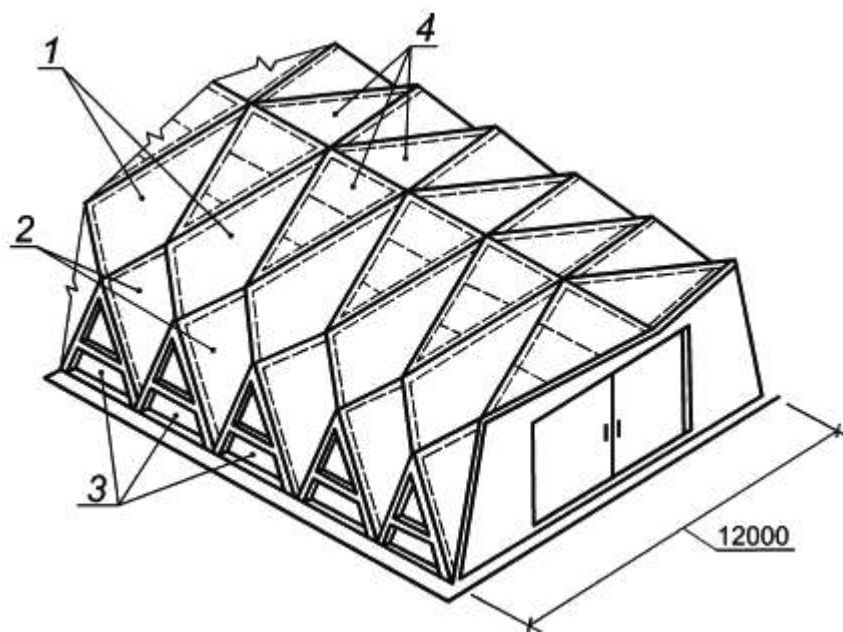


Рисунок 17.4 - Преобразование координат

17.5 Сочетание ромбических элементов позволяет осуществить оптимальное членение поверхностей вращения (купольных и цилиндрических) на минимальное число типоразмеров сборных элементов. На основе различных комбинаций однотипных ромбических элементов выполняются пространственные несущие системы зданий купольной (рисунок 17.5) и сводчатой (рисунок 17.6) форм, а также сочетаний этих форм, в том числе с использованием плоских сборных элементов.



1, 2, 3 - ромбические элементы соответственно 1, 2 и 3-го ярусов; 4 - затяжка
Рисунок 17.5 - Купольная оболочка пролетом 24 м в виде многогранника, вписанного в часть сферы радиусом 14,3 м



1 - пространственные элементы покрытия; 2 - стеновые пространственные элементы; 3, 4 - плоские ребристые треугольные элементы

Рисунок 17.6 - Сводчатое здание многоцелевого назначения из гнутоформованных элементов и плоских треугольных плит

17.6 При конструировании сопряжений сборных элементов двугранные углы между сопрягаемыми поверхностями ввиду жесткости бортовых ребер ромбических элементов принимаются равными углам сопряжения условных ромбических складок с ребром по длинной оси и внутренним углом между треугольными гранями ψ

$$\psi = 2 \arcsin \frac{2b}{c} \quad (17.9)$$

Положение сопрягаемых плоскостей граней условных складок в пространстве описывается координатами трех основных точек, что позволяет определить значения двугранных углов сопряжения методами аналитической геометрии.

Расчет конструкций из гнутоформованных элементов

17.7 Расчет конструкций из гнутоформованных ромбических элементов следует выполнять

методом конечных элементов с учетом физической нелинейности (неупругих деформаций бетона и арматуры, возможного образования трещин).

Железобетонные, армоцементные и сталефибробетонные гнутоформованные элементы выполняются с применением мелкозернистого бетона. Прочностные и деформационные характеристики мелкозернистого бетона следует принимать в соответствии с СП 63.13330.

Для интегрального учета влияния ползучести при длительном действии нагрузки расчетные значения модулей деформаций и сдвига следует принимать пониженными в соответствии с СП 63.13330.2018 (пункт 6.1.15).

В соответствии с 4.2.19 расчет по устойчивости формы тонкостенных оболочек ромбических элементов следует производить с учетом начальных несовершенств и деформаций ползучести бетона при длительном действии нагрузки. Учет начальных несовершенств в оболочках ромбических элементов выполняется умножением модуля деформаций бетона на коэффициент 0,75.

17.8 Оценка несущей способности зданий из гнутоформованных элементов может быть выполнена на основе метода предельного равновесия с использованием схемы излома и формы разрушения, установленных испытаниями моделей конструкций до разрушения.

17.9 Учет действия снеговых нагрузок на покрытия сводчатой и купольной форм выполняется по равномерной и неравномерной схемам распределения соответственно по СП 20.13330.2016 (пункт Б.1, рисунок Б.1, вариант 2; пункт Б.8, рисунок Б.11, в, вариант 2), принимая для расчета внешние габаритные размеры здания.

17.10 Учет действия ветровых нагрузок на покрытия сводчатой и купольной форм выполняется по внешним габаритным размерам здания соответственно по СП 20.13330.2016 (пункты В.1.3, В.1.4).

17.11 Расчет конструкций выполняется по двум группам предельных состояний в соответствии с требованиями СП 63.13330 и раздела 4.2.

17.12 Расчет устойчивости зданий из гнутоформованных элементов от прогрессирующего обрушения выполняется для сводчатых зданий в предположении исключения из работы поля опорного ромбического элемента, для купольных зданий - в предположении отказа одной из вертикальных опор вследствие разрушения опорного ромбического элемента или опорного узла.

17.13 Расчет несущей способности конструкций на стадии монтажа выполняется по отдельным расчетным моделям по 17.26.

Конструирование

17.14 Поле оболочки ромбических элементов армируется ткаными сетками из стальной проволоки или стальной фиброй.

Контурные ребра сборных гнутоформованных элементов армируются плоскими каркасами из стальной стержневой арматуры (рисунок 17.7).

Закладные детали и монтажные петли ромбических и плитных элементов располагаются в контурных ребрах и крепятся вязальной проволокой или сваркой к плоским каркасам ребер.

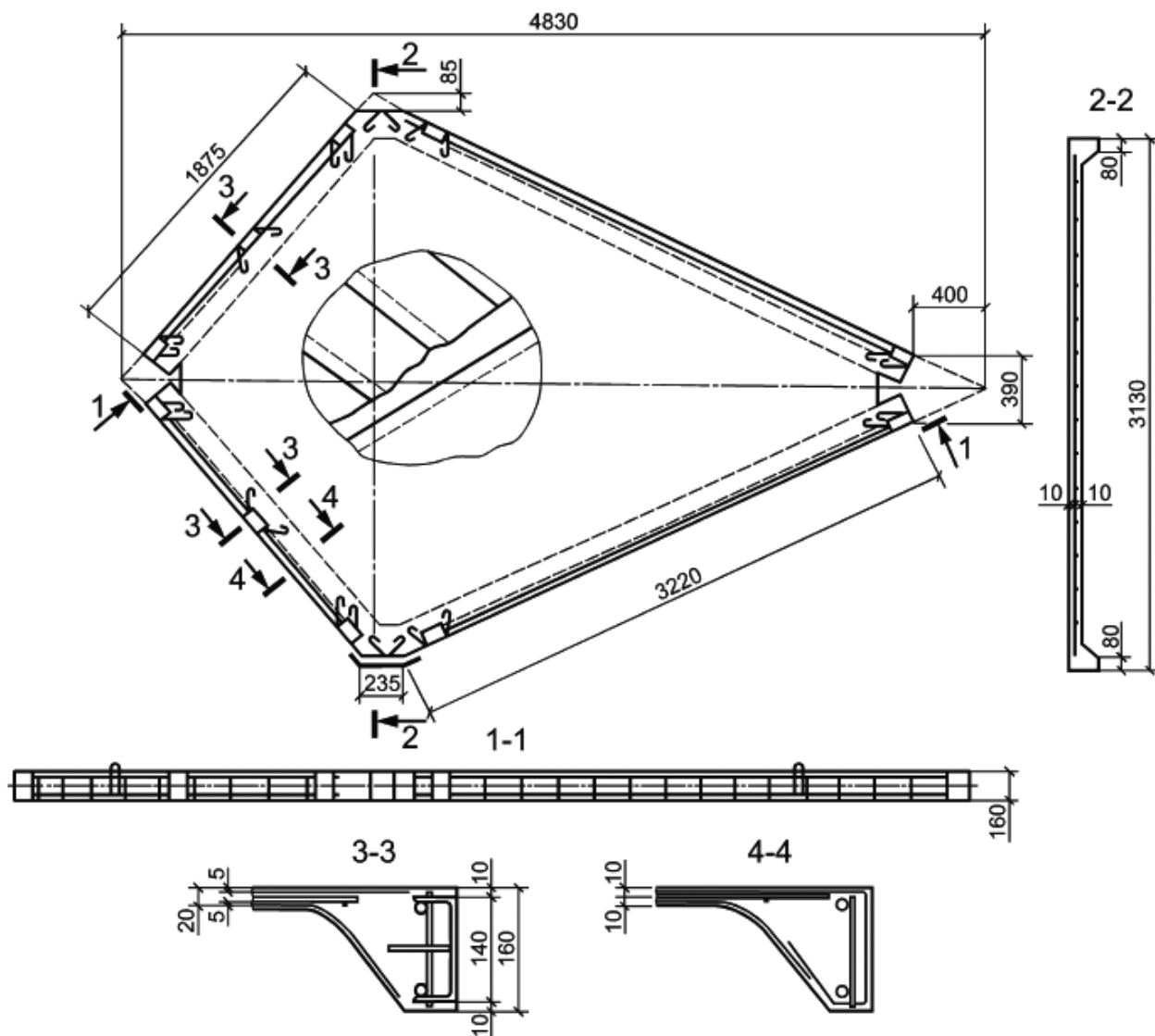


Рисунок 17.7 - Принципиальное решение армирования ромбического элемента

17.15 Технология погиба плоских свежесформованных плит базируется на свойстве свежесушеного на гибком поддоне слое бетона претерпевать под действием собственного веса деформации изгиба без нарушения его целостности.

Во избежание выпучивания сеток и расслоения бетона в процессе изготовления гнущих элементов при свободном провисании гибкого поддона со свежесформованной плитой тканые сетки следует располагать под углом 30° - 45° к оси погиба. В этом случае тканая сетка в процессе погиба деформируется за счет изменения формы ячейки сетки.

17.16 Непосредственно перед съемом ромбических элементов с формы на них устанавливается монтажная затяжка, обеспечивающая их целостность при складировании, транспортировании и монтаже. Затяжка устанавливается на верхней поверхности в наиболее широком сечении элемента и крепится к бортовым закладным деталям болтовым соединением. Демонтаж затяжек выполняется после сварки закладных деталей сборных элементов, установленных в проектное положение.

17.17 Высоту сводчатых покрытий в коньке следует принимать равной $0,4$ - $0,6$ длины пролета. Уклон покрытия сводчатого здания следует принимать не менее 15% .

17.18 Рекомендуемая высота купольных покрытий в вершине составляет не менее $0,25$ диаметра опорного контура здания.

17.19 Ширину ромбических элементов следует принимать максимально возможной для данного архитектурно-конструктивного решения в пределах транспортных габаритных ограничений.

17.20 Внутренние двугранные углы между поверхностями сопрягаемых сборных элементов сводчатого здания следует принимать не менее 90° .

17.21 Геометрические размеры ромбических элементов купольного здания следует принимать такими, чтобы внутренние двугранные углы между поверхностями сопрягаемых ромбических элементов оставались в пределах 120° - 150° .

17.22 Толщину оболочек ромбических элементов сводчатых покрытий пролетом до 12 м следует принимать не менее 25 мм, пролетом более 12 м - не менее 30 мм.

17.23 Толщину оболочек ромбических элементов купольных покрытий диаметром до 24 м следует принимать не менее 25 мм, диаметром более 24 м - не менее 30 мм. В ромбических элементах первого яруса следует предусматривать двухкратное утолщение поля оболочки на длине опорных участков не менее 0,2l.

17.24 Восприятие усилий распора обеспечивается стальными затяжками между опорными узлами покрытий.

При конструировании опорных узлов купольных покрытий следует минимизировать эксцентриситет приложения усилий в затяжке и обеспечить шарнирность опорного узла в радиальном направлении. С этой целью опорная закладная деталь ромбического элемента первого яруса должна быть выполнена с соответствующим стальным элементом, позволяющим обеспечить отсутствие горизонтальных смещений в кольцевом направлении при возможности горизонтального смещения в радиальном направлении и поворота на опоре. Элементы затяжки следует крепить к закладной детали фундаментной опоры.

17.25 Монтажные узловые соединения сборных элементов следует выполнять сваркой закладных деталей с последующим замоноличиванием швов между сборными элементами.

Прочность бетона замоноличивания швов между сборными элементами следует принимать не менее прочности бетона сборных элементов.

17.26 Монтируемые конструкции и монтажные стойки должны проектироваться на восприятие следующих нагрузок.

Для сводчатых зданий при расположении монтажных стоек по линии конька здания под узлами опирания ромбических элементов на нагрузку:

- от собственного веса;
- от собственного веса установленных в проектное положение с одной стороны от стойки ромбического и плоского треугольного элементов покрытия (учитывается вертикальная и горизонтальная составляющая опорной реакции, коэффициент динамичности - 1,6);
- от собственного веса установленных в проектное положение с обеих сторон от стойки ромбических и треугольных элементов покрытия, а также снеговую нагрузку (учитывается вертикальная опорная реакция, ситуация до выполнения сварки узлов).

Для купольных зданий, монтируемых блоками из четырех предварительно собранных элементов трех ярусов на монтажную стойку под вершиной купола на нагрузку:

- от веса одного монтажного блока, установленного в проектное положение (учитывается вертикальная и горизонтальная составляющая опорной реакции, коэффициент динамичности - 1,6);
- от веса двух монтажных блоков, установленных в проектное положение с противоположных относительно стойки сторон, и снеговую нагрузку на них (учитывается вертикальная опорная реакция);
- от веса всех монтажных блоков в проектном положении до сварки узлов и снеговую нагрузку (учитывается вертикальная опорная реакция).

Приложение А

Четвертый абзац. Пятое обозначение. Заменить значения: "S и S" на "S и S".

УДК 624.074

ОКС 91.080.40

Ключевые слова: железобетонные пространственные конструкции, оболочка, свод, складка, купол, покрытие, перекрытие, расчет, конструирование
