



СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ

ISSN 1681-6560

05 2015

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
www.seismic-safety.ru





Ю.С. МАКСИМОВ,
канд. техн. наук, профессор, директор,

Г.А. ВАЩЕНКО,
гл. инженер проектов

ТОО «Институт Проектстальконструкция»
(г. Алматы, Республика Казахстан)

СОВРЕМЕННЫЕ СТАЛЬНЫЕ СЕЙСМОСТОЙКИЕ КОНСТРУКЦИИ УНИКАЛЬНЫХ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ ЗДАНИЙ ЛЕДОВОЙ АРЕНЫ В Г. АЛМАТЫ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

В статье приведены современные конструктивные решения двух уникальных большепролетных покрытий зданий Ледовой Арены на 12000 зрительских мест в г. Алматы Республики Казахстан и способы повышения их сейсмостойкости.

Ключевые слова: большепролетные покрытия, сейсмостойкость, гофрированные стенки, энергопоглотители.

В г. Алматы (Республика Казахстан) в стадии монтажа покрытий строится Ледовая Арена для проведения спортивных мероприятий Всемирной Универсиады в 2017 году. Проект КМ покрытий выполнен в ТОО «Институт Проектстальконструкция» (г. Алматы). Комплекс зданий Ледовой Арены имеет в плане сложную форму и состоит из трех смежных бло-

ков (рис. 1), из которых два блока — Основной блок (Блок А) на 12000 зрительских мест, запроектированный как здание многофункционального назначения (хоккей, фигурное катание, концерты и т.п.), и Тренировочный каток с физкультурно-оздоровительным комплексом (Блок Б) имеют эллипсо-видную форму в плане с размерами 139,0 x 109,8 м и 105,0 x 84,8 м соответственно. Третий Блок В с бассейном, с техническими и служебными помещениями имеет форму прямоугольника с размерами в плане 42,0 x 60,0 м. Максимальная высота Блока А — примерно 35,0 м, Блока Б — 31,5 м, Блока В — 7,2 м. Строительство зданий блоков Ледовой Арены осуществляется на площадке, расположенной в районе с сейсмичностью 9 баллов и грунтами III (третьей) категории по сейсмическим свойствам. Уточненное значение сейсмичности площадки строительства Ледовой Арены равно 10 баллам. Все три блока разделены сейсмическими швами.



Рисунок 1 — Ледовая Арена на 12 000 зрительских мест в г. Алматы



Рисунок 2 — Общий вид Блока А во время монтажа покрытия

Размеры Блоков А и Б объекта превышают максимальные размеры зданий в плане, принятые в сейсмических нормах Республики Казахстан [1], поэтому проектирование металлических покрытий Блоков А и Б велось по специальным техническим условиям (СТУ), разработанным в ТОО «Институт Проектстальконструкция» (г. Алматы). Величины снеговых и ветровых нагрузок, а также сейсмических нагрузок, определенных с учетом требований Еврокода, приняты по СТУ на проектирование, разработанным АО «КазНИИСА» (г. Алматы).

Конструктивную схему металлических пространственных большепролетных покрытий Блоков А и Б определили:

■ **для Блока А:**

– функциональное назначение блока здания (основной каток на 12 000 зрительских мест), для которого необходимо обеспечить свободным от внутренних колонн пролет равный 85,8 м на длине 116,8 м;

– возможность размещения металлических конструкций опорного контура под пространственное большепролетное покрытие балочного типа из ферм по всему периметру здания;

■ **для Блока Б:**

– функциональное назначение блока здания (тренировочный каток), для которого необходимо обеспечить свободным от внутренних колонн пролет равный 44,0 м на длине 68,0 м.

Эти требования определили целесообразность применения при проектировании покрытий Блоков А и Б перекрестных систем пространственных металлических конструкций балочного типа из ферм и сварных двутавровых балок.

Блок А. Подземная часть блока (подвал) с отметкой пола минус 4.200 м и три надземных этажа здания блока

на всей площади и высоте до отметки 18.150 м выполнены по рамно-связевой схеме из железобетонных конструкций, имеют форму эллипса с размерами в плане по главным осям 139,0 x 109,8 м без разделения сейсмическими швами.

Металлические конструкции пространственного большепролетного покрытия блока соединяются с металлическими конструкциями опорного контура, которые опираются на железобетонное перекрытие на отметке 18.150 м (рис. 2).

Перекрестная система покрытия блока включает (рис. 3):

- основные стропильные фермы пролетом 85,8 м, расположенные по цифровым осям, с высотой посередине пролета 8,0 м, уменьшающейся к опорам, с сегментным очертанием верхних поясов и с горизонтальными нижними поясами.

- стропильные фермы с сегментным очертанием верхних поясов пролетом 37,0 м, расположенные по буквенным осям (рис. 4), и пролетом 30,0 м — по радиальным осям;

- вертикальные связи между стропильными фермами.

Для повышения пространственной неизменяемости покрытия устанавливаются:

- конструкции опорного контура по всему периметру покрытия, состоящего из опорных стоек с вертикальными связями в двух направлениях между ними и балок;

- горизонтальные связи по верхним и нижним поясам ферм и балок;

- прогоны, включенные в систему горизонтальных связей.

Верхние пояса всех стропильных ферм запроектированы из эффективных легких сварных двутавровых сечений с тонкими ($t_w = 6,0$ мм) поперечно-гофрированными стенками по а.с. СССР № 1074977 для обеспечения возможности восприятия местных нагрузок при внеузловом опирании прогонов, снижения трудоемкости изготовления и расхода

План по верхнему поясу ферм покрытия

План по нижнему поясу ферм покрытия

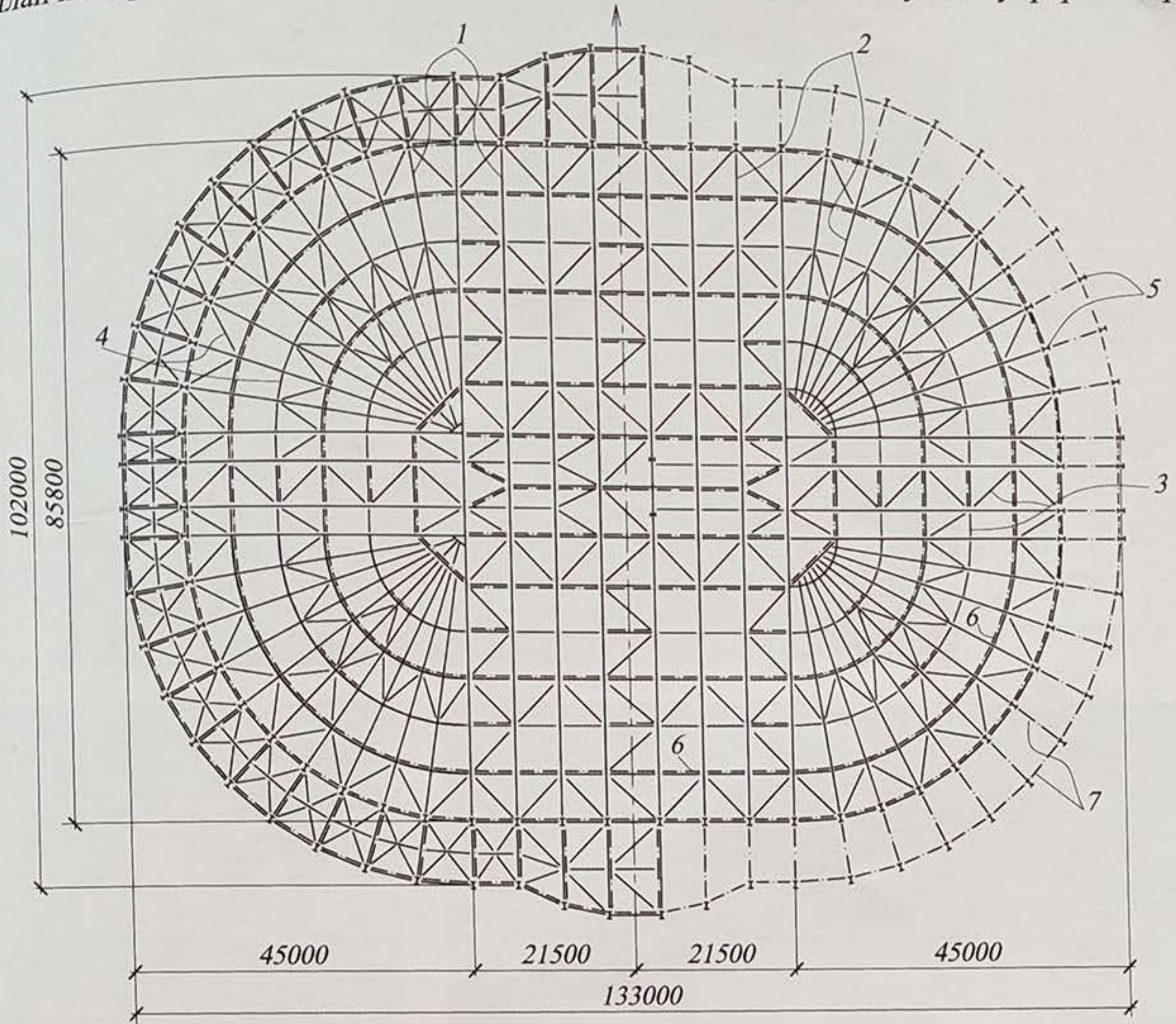


Рисунок 3 — План покрытия Блока А

- 1 — верхний сжатый пояс ферм покрытия; 2 — нижний растянутый пояс ферм покрытия;
3 — горизонтальные связи по нижнему поясу ферм покрытия; 4 — горизонтальные связи по верхнему поясу ферм покрытия;
5 — стойки опорного контура; 6 — вертикальные связи по фермам; 7 — вертикальные связи по опорному контуру



Рисунок 4 — Смонтированные стропильные фермы пролетом 37,0 м

Рисунок 5 — Несущие конструкции опорного контура

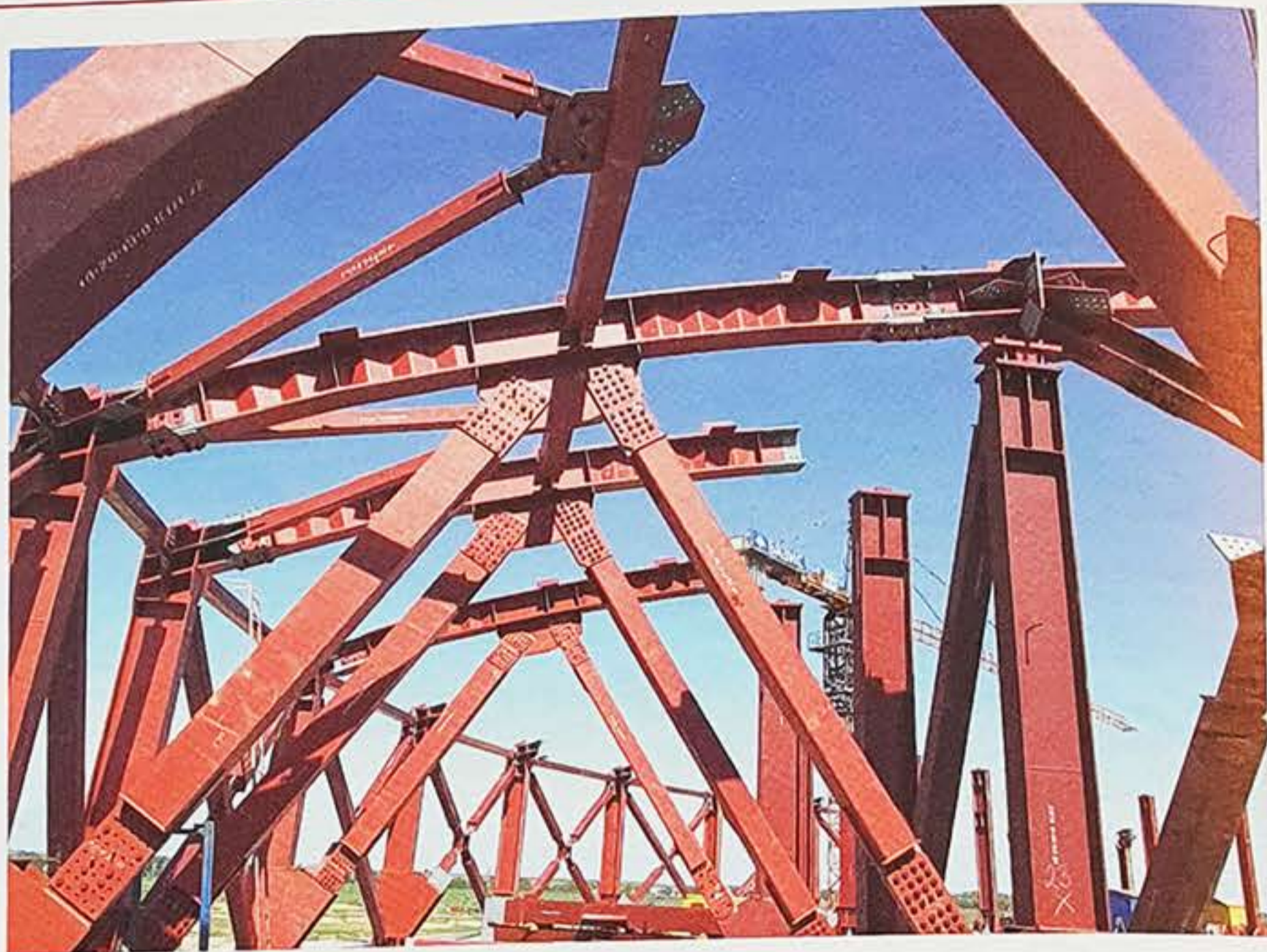


Рисунок 6 — Конструкция сдвигового энергопоглотителя в крестовых связях



Рисунок 7 — Конструкция сдвигового энергопоглотителя в подкосных связях

стали (рис. 4). Нижние пояса ферм запроектированы из сварных двутавровых сечений с плоскими стенками. Решетка всех ферм, а также элементы связей по фермам и прогоны запроектированы из замкнутых профилей квадратного или прямоугольного сечений.

Несущие конструкции опорного контура (рис. 5) включают:

- опорные стойки — сварного двутаврового сечения;
- сегментные балки покрытия — сварного двутаврового сечения с гофрированными стенками;
- вертикальные и горизонтальные связи и прогоны — из замкнутых профилей квадратного сечения.

Для повышения сейсмостойкости несущих конструкций покрытия в вертикальных связях по стойкам опорного контура установлены энергопоглотители. В связях крестового типа применены энергопоглотители по а.с. СССР № 958640 (рис. 6), в связях подкосного типа применены энергопоглотители по а.с. СССР № 973770 (рис. 7) [2].

Соединение наружных стоек опорного контура с сегментными балками покрытия опорного контура запроектировано жестким, соединение внутренних стоек опорного контура с фермами покрытия запроектировано шарнирным.

Блок Б. Подземная часть блока (подвал) с отметкой пола минус 4.200 м и два надземных этажа здания блока на всей

План по верхнему поясу балок покрытия

План по нижнему поясу балок покрытия

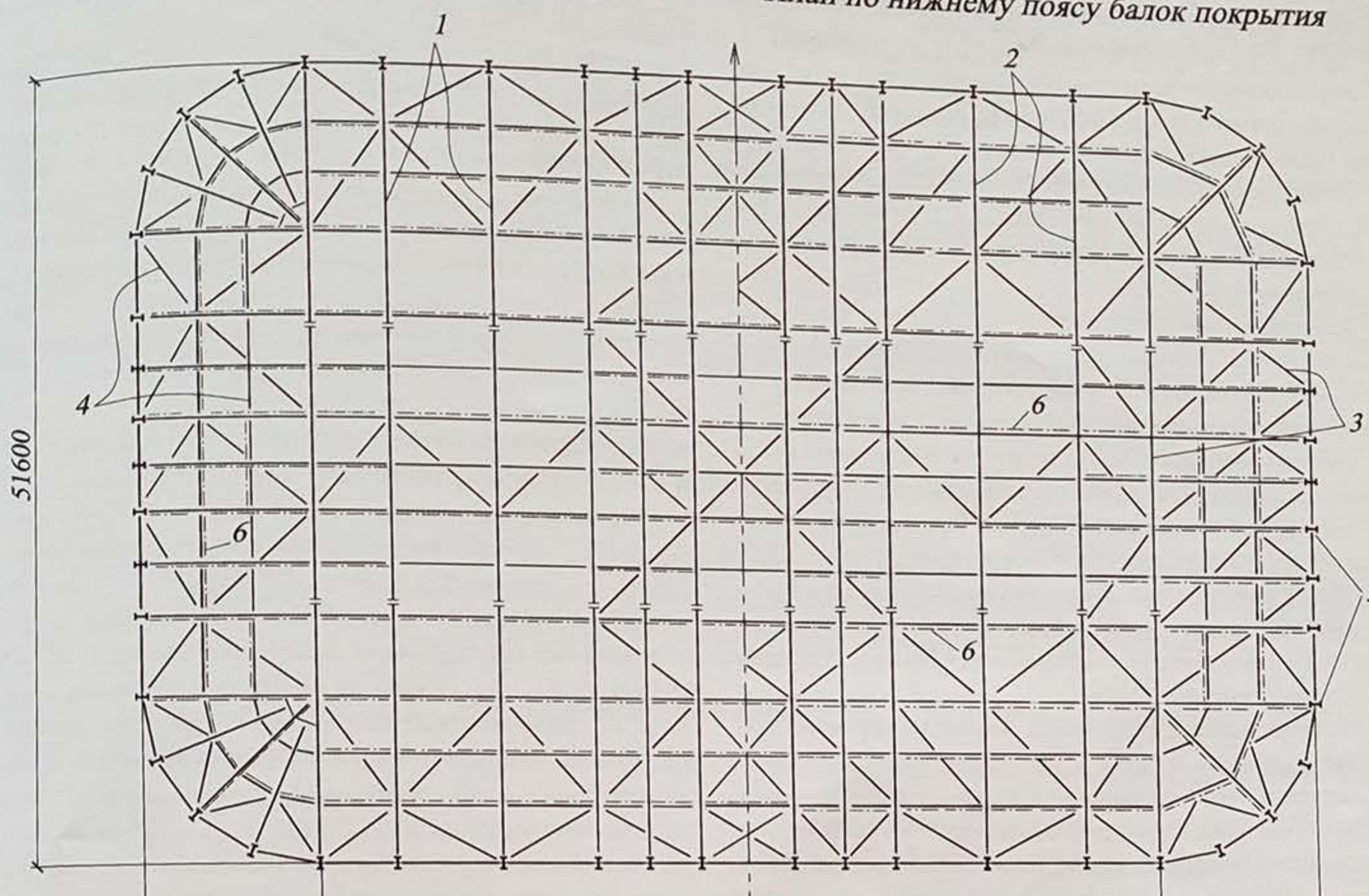


Рисунок 8 — План покрытия Блока Б

- 1 — верхний сжатый пояс балок покрытия; 2 — нижний растянутый пояс балок покрытия;
3 — горизонтальные связи по нижнему поясу балок покрытия;
4 — горизонтальные связи по верхнему поясу балок покрытия;
5 — стойки опорных узлов балок покрытия; 6 — вертикальные связи



Рисунок 9 — Стропильная балка Блока Б пролетом 51,6 м

площади и высоте до отметки 13.390 м выполнены по рамно-связевой схеме из железобетонных конструкций, имеют форму эллипса с размерами в плане по главным осям 105,0x84,8 м без разделения сейсмическими швами.

Металлические конструкции пространственного большепролетного покрытия блока на отметке 16.570 м соединяются с конструкциями железобетонного опорного контура.

Перекрестная система покрытия блока включает основные стропильные балки двутаврового сечения пролетом 51,6 м, расположенные по цифровым осям, и вертикальные связи между ними (рис. 8).

Для повышения пространственной неизменяемости покрытия устанавливаются горизонтальные связи по верхним и нижним поясам балок, а также прогоны, включенные в систему горизонтальных связей по верхним поясам балок.

Стропильные балки блока пролетом 51,6 м запроектированы сварными двутаврового сечения с тонкой гофрированной стенкой толщиной 8,0 мм (рис. 9), с расположением образующей гофров перпендикулярно поясам по а.с. СССР № 1074977. Высота гофрированной стенки балок в середине пролета 3900 мм, уменьшающаяся к опорам. В опорных узлах стенки балок выполнены плоскими переменной высоты из листовой стали.

Верхние пояса стропильных балок имеют криволинейное очертание, нижние — горизонтальное. Балки выполняются из трех отправочных марок, с фрикционным соединением их на монтаже на высокопрочных болтах. Балки шарнирно опираются на железобетонные конструкции опорного контура.

Применение стропильных балок такой конструктивной формы позволило снизить значительные по величине горизонтальные нагрузки, передаваемые от большепролетного металлического покрытия на нижележащие железобетонные конструкции, уменьшить строительную высоту покрытия, повысить надежность работы покрытия при сейсмических воздействиях, уменьшить расход стали на несущие конструкции стропильных балок до 114,0 кг/м², уменьшить трудоемкость их изготовления и особенно монтажа, который при данной массе балок выполнялся одним краном МКГС-100.

Покрытия зданий обоих блоков — криволинейная четырехскатная металлическая кровля типа Kalzip.

Все заводские соединения в Блоках А и Б сварные, монтажные — фрикционные на высокопрочных болтах, остальные — на обычных болтах и на монтажной сварке.

Материал конструкций — стали С345-3, С255 по ГОСТ 27772-88*.

К стали С345-3 предъявлены следующие дополнительные требования по содержанию вредных примесей:

серы не более 0,008%, фосфора не более 0,015%, углерода не более 0,15%.

Коэффициент надежности по материалу во всех случаях принят равным $\gamma_m = 1,1$.

Пространственный расчет металлоконструкций большепролетных покрытий Блоков А и Б на первом этапе проектирования выполнен с использованием проектно-вычислительного комплекса (далее — ПВК) SCAD Office с проработкой основных несущих элементов. Расчеты проведены на нагружения от постоянной нагрузки (собственный вес кровли и металлоконструкций), технологической нагрузки, снеговой нагрузки, ветровой нагрузки и сейсмической нагрузки (учитывались все три компонента сейсмического воздействия). На втором этапе проектирования совместно с генеральным проектировщиком ТОО «Компания «СТРОЙТЕКС» (г. Алматы) с использованием ПВК «ЛИРА 10» были выполнены пространственные расчеты металлоконструкций покрытий блоков совместно с нижележащими железобетонными конструкциями, конструкциями фундаментов и с учетом податливости основания на основное и особое сочетания нагрузок. Учет крутильных воздействий в горизонтальной плоскости выполнен с помощью модуля 38 ПВК «ЛИРА 10». По этой же программе выполнены расчеты на температурные воздействия. Пространственные расчеты металлоконструкций покрытий блоков на прогрессирующее (лавинообразное) обрушение выполнены с использованием ПВК SCAD Office.

Сечения основных несущих элементов назначались с учетом обеспечения их прочности, устойчивости и деформативности в соответствии с требованиями норм [3] по усилиям, полученным при расчетах на особые сочетания нагрузок.

Применение сварных двутавровых сечений с гофрированными стенками для стропильных ферм и балок, а также использование энергопоглотителей в системах связей по опорным стойкам позволили повысить надежность работы при сейсмических воздействиях, снизить расход стали, уменьшить трудозатраты при изготовлении и при монтаже основных несущих металлоконструкций большепролетных покрытий Ледовой Арены.

Список использованной литературы

1. СНиП РК 2.03-30-2006 *Строительство в сейсмических районах. Алматы, 2006. 80 с.*
2. СН РК 5.04-07-2004 *Пособие по расчету и конструированию стальных сейсмостой-*

ких каркасов многоэтажных зданий (в развитие СНиП РК 2.03-04-2004). Ч. 2. Астана, 2005. 47 с.

3. СНиП РК 5.04-23-2002 *Стальные конструкции. Нормы проектирования. Астана, 2003. 119 с.*