



ISSN 1993-3517 online

# МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ METAL CONSTRUCTIONS

2023, TOM 29, HOME P 3, 153–166

EDN: ZKWDDH

УДК 624.046:624.072.32

(23)-0396-1

# НАТУРНОЕ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ АРОЧНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ СПОРТКОМПЛЕКСА «ИЛЬЧЁВЕЦ», Г. МАРИУПОЛЬ

А. Н. Миронов<sup>1</sup>, Н. С. Смирнова<sup>2</sup>, Е. Н. Оленич<sup>3</sup>, А. В. Мущанов<sup>4</sup>

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

*Российская Федерация, Донецкая Народная Республика,  
286128, г. о. Макеевка, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.*

*E-mail:* <sup>1</sup>[a.n.myronov@donnasa.ru](mailto:a.n.myronov@donnasa.ru), <sup>2</sup>[n.s.smirnova@donnasa.ru](mailto:n.s.smirnova@donnasa.ru), <sup>3</sup>[e.n.olenich@donnasa.ru](mailto:e.n.olenich@donnasa.ru),

<sup>4</sup> *a.v.mushchanov@donnasa.ru.*

*Получена 02 октября 2023; принята 27 октября 2023.*

**Аннотация.** В статье рассматривается исследование эксплуатационных свойств, анализ действительного состояния несущих конструкций, подготовка рекомендаций по дальнейшей нормальной эксплуатации металлических стальных конструкций покрытия центрального блока спортивного крытого комплекса «Ильичёвец» в г. Мариуполь, предпроектные указания по ремонту и усилению несущих конструкций. В процессе натурного освидетельствования проводилось: определение планово-высотных размеров пространственного покрытия, геодезическая съемка высотных отметок несущих конструкций, поверочные прочностные расчеты для определения соответствия несущих конструкций требованиям действующих нормативных документов. В процессе выполнения работ по обследованию применялись следующие инструменты: геодезическое оборудование, бинокли, фотоаппараты, средства линейных измерений. При обработке результатов обследования использовалась персональная вычислительная техника. Степень внедрения – предоставлены материалы по техническому состоянию конструкций и элементов покрытия, предпроектные указания по усилению и реконструкции.

**Ключевые слова:** пространственное покрытие, металлические стальные конструкции, арочная ферма, прогоны кровли, связи, дефект, повреждение, нагрузка, несущая способность, поверочный расчет, техническое состояние.

**А. М. Миронов<sup>1</sup>, Н. С. Смирнова<sup>2</sup>, О. М. Оленич<sup>3</sup>, О. В. Мущанов<sup>4</sup>**

ФДБОУВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,

*Російська Федерація, Донецька Народна Республіка,*

286128, м. о. Макіївка, м. Макіївка, вул. Державіна, буд. 2.

*E-mail:* <sup>1</sup>[a.n.myronov@donnasa.ru](mailto:a.n.myronov@donnasa.ru), <sup>2</sup>[n.s.smirnova@donnasa.ru](mailto:n.s.smirnova@donnasa.ru), <sup>3</sup>[e.nolenich@donnasa.ru](mailto:e.nolenich@donnasa.ru),

<sup>4</sup> *a.v.mushchanov@donnasa.ru.*

Отримана 02 жовтня 2023; прийнята 27 жовтня 2023.

**Анотація.** У статті розглядається дослідження експлуатаційних властивостей, аналіз дійсного стану несучих конструкцій, підготовка рекомендацій щодо подальшої нормальної експлуатації металевих сталевих конструкцій покриття центрального блоку спортивного критого комплексу «Іллічівець» у м. Маріуполь, передпроектні вказівки щодо ремонту та посилення несучих конструкцій. В процесі натурного



огляду проводилося: визначення планово-висотних розмірів просторового покриття, геодезична зйомка висотних відміток несучих конструкцій, перевірочні розрахунки міцності для визначення відповідності несучих конструкцій вимогам діючих нормативних документів. У процесі виконання робіт з обстеження застосувалися наступні інструменти: геодезичне обладнання, біноклі, фотоапарати, засоби лінійних вимірювань. При обробці результатів обстеження використовувалася персональна обчислювальна техніка. Ступінь впровадження – надані матеріали щодо технічного стану конструкцій та елементів покриття, передпроектні вказівки щодо посилення та реконструкції.

**Ключові слова:** просторове покриття, металеві сталеві конструкції, арочна ферма, прогони покрівлі, в'язі, дефект, пошкодження, навантаження, несуча здатність, перевірочний розрахунок, технічний стан.

## FULL-SCALE INSPECTION OF ARCHED METAL STRUCTURES COVERING THE ILYICHEVETS SPORTS COMPLEX, MARIUPOL

Andrey Mironov<sup>1</sup>, Natalia Smirnova<sup>2</sup>, Elena Olenich<sup>3</sup>, Alexander Muschanov<sup>4</sup>

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,

Russian Federation, 286128, Makeevka, Derzhavina st., 2.

E-mail: <sup>1</sup>a.n.myronov@donnasa.ru, <sup>2</sup>n.s.smirnova@donnasa.ru, <sup>3</sup>e.nolenich@donnasa.ru,

<sup>4</sup>a.v.mushchanov@donnasa.ru.

Received 02 October 2023; accepted 27 October 2023.

**Abstract.** The article considers the study of operational properties, analysis of the actual condition of load-bearing structures, preparation of recommendations for the further normal operation of metal steel structures covering the central block of the sports indoor complex «Ilyichevets» in Mariupol, pre-design instructions for the repair and strengthening of load-bearing structures. In the course of the field survey, the following was carried out: determination of the planned height dimensions of the spatial coverage, geodetic survey of the height marks of the supporting structures, strength verification calculations to determine the compliance of the supporting structures with the requirements of current regulatory documents. The following tools were used during the survey: geodetic equipment, binoculars, cameras, linear measuring instruments. Personal computing equipment was used to process the survey results. The degree of implementation – materials on the technical condition of structures and coating elements, pre-design instructions for reinforcement and reconstruction are provided.

**Keywords:** spatial coating, metal steel structures, arched truss, roof girders, connections, defect, damage, load, bearing capacity, calibration calculation, technical condition.

### Введение

В марте-апреле 2022 г. вследствие проводимых боевых действий, крытый спортивный комплекс «Ильичёвец» получил множественные повреждения несущих и ограждающих конструкций, в связи с чем возникла потребность в обследовании несущих и ограждающих конструкций, а также в капитальном ремонте здания.

Работы по обследованию пространственного покрытия центрального блока спорткомплекса «Ильичёвец» производились в марте 2023 г. сотрудниками кафедр: «Металлические конструкции и сооружения», «Теоретическая и прикладная механика», «Инженерная геодезия» ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и

архитектуры». По результатам анализа эксплуатационного состояния металлоконструкций покрытия, инструментальной съёмки и реальной несущей способности сооружения сделаны выводы о возможности его дальнейшей эксплуатации, а также даны предпроектные технические указания по усилению и ремонту несущих и связевых элементов.

Элементами сооружения, подлежащие обследованию, являлись:

- арки, выполненные в виде арочных ферм, с затяжками в уровне опор;
- кровельные прогони;
- система горизонтальных и вертикальных связей;

- ходовые мостики, расположенные в уровне затяжек арок;
- конструкция кровли;
- светоаэрационные фонари.

Данные о предыдущих обследованиях конструкций пространственного покрытия и кровли – отсутствуют.

Ввод спорткомплекса в эксплуатацию осуществлен в 2007 году по проекту ООО «АЗОВГИПРОМЕЗ», г. Мариуполь. В настоящее время спорткомплекс «Ильичёвец» находится на балансе Государственного бюджетного учреждения Республиканский спортивный комплекс «Олимпийский». Имеется проектная и исполнительная документация на объект в виде чертежей комплексов: АР, КМ, КМД, КЖ. Данные инженерно-геологических и горно-геологических изысканий – отсутствуют.

Вопросы обследования, натурного освидетельствования, а также надежности большепролетных металлических конструкций покрытий зданий освещены в работах [8, 9, 10, 11].

## Анализ исследования

Основными задачами натурного освидетельствования металлоконструкций покрытия являлись:

- установление технического состояния элементов покрытия центрального блока, получившего повреждения вследствие боевых действий;
- определение реальной несущей способности металлоконструкций покрытия с учетом полученных повреждений.

Работы по обследованию выполнены в соответствии с положениями действующих основных нормативных документов [1, 2, 7]. При обследовании конструкций покрытия проводилось и определялись:

- общее техническое состояние несущих конструкций покрытия и кровли;
- основные габариты и размеры металлоконструкций;
- размеры элементов, подлежащих расчёту (поперечные сечения элементов несущих конструкций и связей);
- дефекты и повреждения, влияющие на несущую способность, долговечность и эксплуатационную надёжность конструкций покрытия;

- фотографирование дефектов и повреждений;
- конструкция кровельного покрытия;
- продольные профили между несущими конструкциями/арками с определением высотных отметок поврежденных и неповрежденных конструкций.

## Цель обследования

Цели обследования:

- выявление дефектов и повреждений в элементах металлоконструкций покрытия;
- определение физического состояния элементов в целом;
- разработка мероприятий по ремонту и предпроектных указаний по усилению несущих и связевых металлоконструкций покрытия.

За время обследования произведены следующие работы:

- поиск технической и проектной документации по данному объекту;
- обмеры элементов металлоконструкций покрытия;
- визуальное обследование всех элементов;
- геодезическая инструментальная (высотная) съёмка;
- выявление дефектов и повреждений конструкций;
- определение конструкции кровельного покрытия;
- выводы и рекомендации;
- определение технического состояния элементов сооружения.

## Основная часть

### 1. Характеристики объекта исследований.

Расположение покрытия в плане – прямоугольное, размерами 98,6×135,6 (м).

Деформационные швы в пределах рассматриваемого покрытия центрального блока – отсутствуют.

Посредине покрытия (между осями 12–19) предусмотрены две арочные врезки-фонаря перпендикулярно к основному покрытию, шириной 42 м.

Длина пространственного покрытия (между стойками торцового фахверка) – 135,6 (м).

Пролет главных арок – 94,4 (м).

Пролет торцовых (краиних) арок – 78,0 (м).

Отметка затяжек арок относительно отм. 0,000 – +15,200 (м).

Стрела подъема арок (по верхним поясам арочных ферм) – 11,4 м.

Отметка верха кровли – +26,940 (м).

Данные о ремонтных работах, проводимых на покрытии за период эксплуатации – неизвестны.

В подферменном пространстве арочного покрытия проходят инженерные коммуникации: вентиляционные короба, электрические сети, осветительное оборудование, подвешиваемые к несущим конструкциям и к ходовым мостикам по затяжкам арок.

**Фундаменты** представляют собой ростверки, выполненные из монолитного железобетона, которые опираются на кусты свай.

Опорными конструкциями арок являются колонны высотой 15,55 м (от уровня оголовка до заделки), выполненные из круглых труб Ø 820×28 мм. Шаг колонн в продольном направлении (между осями 5–26) составляет 6,0 м, крайние колонны отстоят от разбивочных осей 5 и 26 на 2,7 м и расположены от крайних рядов (Г, Х) вдоль пролета покрытия на 8,2 м.

У торцевых арок (по осям 4/1 и 26/1) на расстоянии 2,1 м от них – выполнен торцовый фахверк в виде стоек коробчатого сечения из двух гнутых швеллеров 120×60×5. Стойки фахверка расположены с шагом 2,73–3,33 м в каждой панели арочной фермы, и передают в ее узлы ветровую нагрузку от торцовой стены.

#### Опорные части несущих арок.

Опорные части несущих конструкций покрытия – металлические стальные, шарнирно подвижные, выполненные в виде опорных плит (с опорной поверхностью по дуге окружности/радиусу). Опорные части допускают свободный угол поворота и горизонтальное перемещение опорных узлов арочных ферм. У торцов опорных шарниров предусмотрены противоугонные пластины, приваренные к опорным плитам оголовков колонн.

#### Несущие конструкции покрытия. Арки.

В составе покрытия присутствует два типа арок, выполненные в виде арочных ферм с затяжкой в уровне опор.

Первый тип – арочные фермы пролетом 94,4 м, высотой (между центрами поясов) 2,8 м. Решетка ферм выполнена с нисходящими раскосами.

Размер панелей ферм составляет 2,733–3,334 м. Стрела подъема верхнего пояса составляет 11,4 м, нижнего – 8,6 м. Поперечное сечение верхнего и нижнего пояса – переменное по длине, представлено в виде круглых горячедеформированных труб: Ø 325×20, Ø 325×16 и Ø 325×10. Раскосы и стойки выполнены из круглых горячедеформированных труб Ø 168×8 и Ø 114×4,5. Примыкание элементов решетки к поясам осуществляется на фасонках из листовой стали, которые насквозь пересекают сечение поясных труб и приварены к их стенкам вверху и внизу двусторонними продольными швами. Для восприятия распора, в уровне опорных узлов арок предусмотрены затяжки из горячедеформированных круглых труб Ø 325×20. Для снижения пролета – висячая затяжка раскреплена девятью вертикальными подвесками из круглых труб Ø 114×4,5, шаг подвесок составляет: 8,2, 9,0 и 10,0 м.

Второй тип – арочные фермы пролетом 78,0 м, высотой (между центрами поясов) 2,8 м. Решетка ферм выполнена идентичной фермам первого типа. Размер панелей ферм составляет 3,0 и 3,333 (3,334) м. Пояса, затяжки, решетка, подвески и соединение решетки с поясами выполнено аналогично с фермами первого типа. На опорах арочные фермы усилены устройством опорных раскосов из круглых труб Ø 325×20. Затяжка арок раскреплена семью подвесками, идущими с шагом 9,0 и 10,0 м. Данный тип ферм установлен в крайних осях 4/1 и 26/1, на которые передаются опорные реакции фахверковых стоек от ветровой нагрузки, действующей в торцы покрытия.

Исходя из существующей рабочей документации на покрытие (чертежи комплекта КМ), трубы арочных ферм двух типов выполнены из стали марки Ст20 с расчетным сопротивлением  $R_y = 225$  МПа по нормам [6]. Монтажные стыки поясных труб выполнены сварными стыковыми, с разделкой кромок соединяемых торцов труб, и сваркой на подкладном кольце толщиной 4,0 мм.

#### Несущие конструкции покрытия. Арочные врезки – фонари.

Арочные врезки – фонари выполнены между осями 12–19 под прямым углом к основному покрытию, и являются симметричными относительно продольной оси покрытия (вдоль линии, соединяющей ключи арок). Ширина фонарей по крайним осям Г и Х составляет 42 м. Конструктивное

решение арочных фонарей выполнено в виде вертикальных стоек переменной высоты из круглых труб Ø 114×4,5, опирающихся в узлы верхнего пояса арочных ферм, на которые сверху в продольном направлении покрытия (вдоль боковых осей) опираются кровельные прогоны коробчатого сечения из двух швеллеров № 18. Для обеспечения пространственной жесткости и неизменяемости каркаса фонарей предусмотрены горизонтальные связи из круглых труб Ø 114×4,5, устраиваемые по верху вертикальных стоек.

#### **Несущие конструкции покрытия. Кровельные прогоны.**

Кровельные прогоны представлены двух типов. Первый тип – усиленного коробчатого поперечного сечения из двух швеллеров № 18 и листовыми ставками между ними толщиной 6 мм. Применяется данный прогон не только как несущий для поддержания кровли, но и как связевой элемент, к которому примыкают вертикальные связи между арочными фермами. Второй тип прогонов – коробчатого поперечного сечения, состоящий из двух швеллеров № 18, применяется как несущий элемент для поддержания кровли.

#### **Система горизонтальных и вертикальных связей по покрытию.**

Продольная жесткость, геометрическая неизменяемость и пространственная работа покрытия центрального блока достигается за счет включения в работу следующих элементов:

- системы продольных и поперечных горизонтальных связей по верхним поясам арочных ферм с треугольной решеткой из круглых труб Ø 114×4,5;
- системы продольных и поперечных горизонтальных связей по нижним поясам арочных ферм с треугольной решеткой из круглых труб Ø 168×8 и Ø 114×4,5;
- системы продольных и поперечных горизонтальных связей по затяжкам арок с треугольной решеткой, располагаемых по периметру центрального блока, выполненные из круглых труб Ø 168×8 и Ø 114×4,5;
- системы вертикальных связей между поясами арочных ферм с полураскосной решеткой, располагаемых в створе подвесок арок, выполненные из круглых труб Ø 114×4,5.

Примыкание всех типов связей к несущим конструкциям – шарнирное через узловые фасонки на сварке.

#### **Ходовые мостики по затяжкам арок.**

По затяжкам арок устроены два поперечных ходовых мостика (вдоль осей 4/1 и 26/1) и 10 продольных мостиков по всей длине покрытия. Несущими конструкциями мостиков являются вертикальные стойки, опираемые на затяжки арок, на которые опираются две продольные балки из швеллера № 16. Расстояние между продольными балками составляет 0,7 м. Настил выполнен из просечно-вытяжной стали ПВ 610 (толщина заготовки 6 мм), который опирается на полки опорных продольных балок. Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала вдоль продольных балок предусмотрены двусторонние перильные ограждения высотой 1,2 м, выполненные из гнутосварных замкнутых профилей (профильная труба) прямоугольного сечения 60×40×3,5. Соединение элементов перильного ограждения между собой и с балками – на сварке.

Для сообщения между поперечными и продольными ходовыми мостиками предусмотрены лестницы по стальным косоурам из швеллера № 16, и ступенями из рифленной стали.

#### **Конструкция кровли.**

По результатам обследования кровли в зонах повреждения, определен следующий её состав:

- гидроизоляционная ПВХ мембрана;
- два слоя утеплителя из жестких минераловатных плит с удельным весом  $\gamma = 1,8 \text{ кН}/\text{м}^3$ , суммарной толщиной 80 мм;
- пароизоляционный слой;
- нижний подстилающий несущий слой, выполненный ориентировано из профилированного настила Н75...Н80.

Общий вид металлоконструкций покрытия центрального блока приведен на рисунке 1.

#### **2. Результаты обследования покрытия центрального блока крытого комплекса.**

Техническое состояние несущих и связевых элементов покрытия стадиона определялось в том числе с учетом поверочного расчета покрытия по пространственной схеме с учетом реальной степени потери поперечных сечений элементов. Наиболее значимые повреждения приведены на рисунках 2–7.

#### **Техническое состояние металлоконструкций арочных ферм.**

На период проведения обследования оценивается:

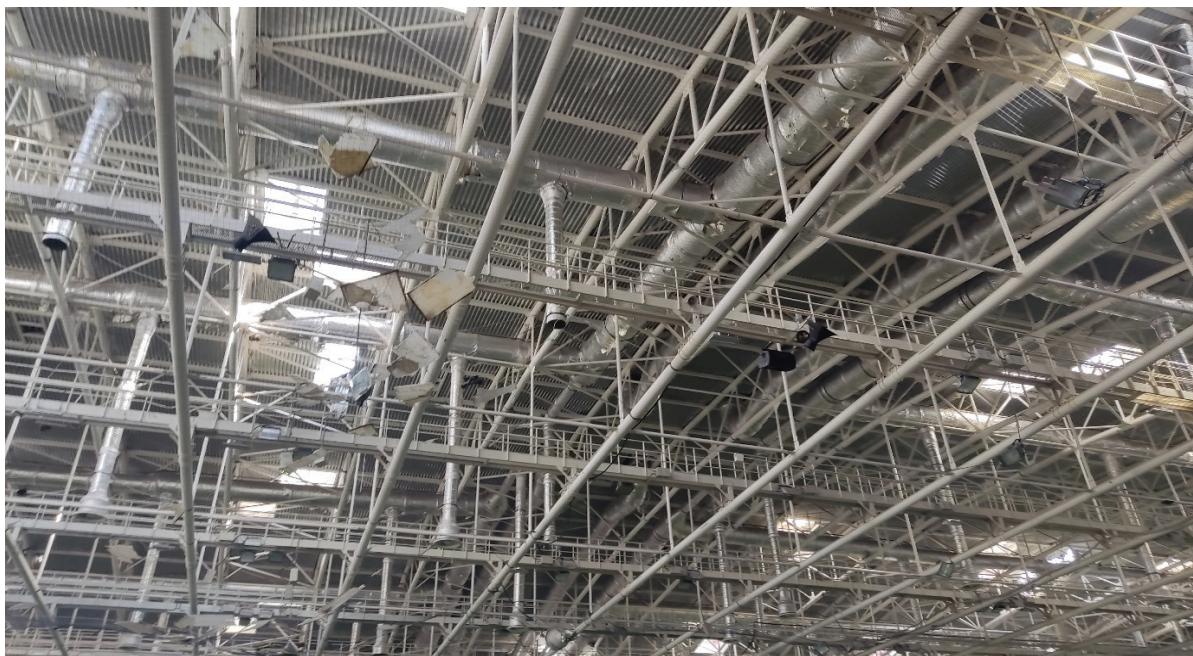


Рисунок 1. Общий вид (снизу) металлоконструкций покрытия центрального блока над стадионом.



Рисунок 2. Арочная ферма вдоль оси 4/1, между рядами У–Ф: осколочное отверстие размером  $\text{Ø} 400 \times 200$  мм в верхней поясной трубе; разрушение до 60 % поперечного сечения поясной трубы  $\text{Ø} 325$  мм; разрушение кровли.



**Рисунок 3.** Арочная ферма вдоль оси 8, между рядами Е–Ж: осколочное отверстие размером  $\varnothing\ 600\times200$  мм в верхней поясной трубе; разрушение до 50 % поперечного сечения поясной трубы  $\varnothing\ 325$  мм; повреждение защитного покрытия верхнего пояса с коррозией материала; разрушение кровли.



**Рисунок 4.** Узел нижнего пояса фермы в осях 24/И–Ж: полностью разрушенный элемент нижнего пояса; отрыв стойки от нижнего пояса.



**Рисунок 5.** Арочная ферма вдоль оси 8, между рядами П–Р: разрушение элемента горизонтальных связей по верхним поясам ферм; осколочные отверстия диаметром до 30 мм в раскосе и подвеске; поверхностные вмятины диаметром до 30 мм в верхнем и нижнем поясе; повреждение защитного покрытия на поясах и решетке арочной фермы.



**Рисунок 6.** Прогон по фонарю. Между рядами У–Ф, оси 14–15: полное разрушение элемента прогона по фонарю.



**Рисунок 7.** Горизонтальные связи по нижним поясам арочных ферм в осях 18–19, между рядами Н–Л. Кровельный прогон между рядами Н–М: множественные осколочные отверстия горизонтальных связей диаметром до 20 мм; множественные поверхностные вмятины горизонтальных связей диаметром до 20 мм; местная деформация кровельного прогона между рядами Н–М; разрушение кровли.

- как аварийное вдоль осей: 22; 24;
- как недопустимое вдоль осей: 4/1; 5; 8; 16; 18; 21;
- как ограниченно-работоспособное вдоль осей: 7; 9; 10; 12; 14; 15; 20; 23;
- как работоспособное вдоль осей: 6; 11; 13; 17; 19; 25; 26; 26/1.

#### **Техническое состояние кровельных прогонов.**

На период проведения обследования оценивается:

- как аварийное между осями 21–22 и рядами Ж–И и П–Р; между осями 20–21 и рядами Ж–И; между осями 23–24 и по ряду Д;
- как недопустимое между осями 18–19 и рядами М–Л; между осями 24–25 и рядами И–К;
- остальные кровельные прогоны находятся в ограниченно работоспособном и работоспособном состоянии.

#### **Техническое состояние горизонтальных связей по верхним поясам арочных ферм.**

На период проведения обследования оценивается:

- как аварийное между осями 21–22 и рядами Ж–И и П–Р;

- остальные связи находятся в ограниченно работоспособном и работоспособном состояниях.

#### **Техническое состояние горизонтальных связей по нижним поясам арочных ферм.**

На период проведения обследования оценивается:

- как аварийное между осями 21–22 и рядами Ж–К;
- как недопустимое между осями 20–21 и рядами И–К; между осями 21–22 и рядами С–Т;
- остальные связи находятся в ограниченно работоспособном и работоспособном состояниях.

#### **Техническое состояние горизонтальных связей по затяжкам арочных ферм.**

На период проведения обследования оценивается:

- как недопустимое между осями 21–22 и рядами Е–Ж и И–К;
- остальные связи находятся в ограниченно работоспособном и работоспособном состояниях.

#### **Техническое состояние вертикальных связей между арочными фермами.**

На период проведения обследования оценивается:

- как аварийное между осями 21–22 по ряду С; между осями 22–23 и рядами Е–Ж;
- остальные связи находятся в ограниченно работоспособном и работоспособном состоянии.

**Техническое состояние конструкций фонарей**

На период проведения обследования оценивается:

- как аварийное между осями 14–15 и рядами У–Ф; между рядами Д–Е по оси 15;
- остальные конструкции фонарей находятся в ограниченно работоспособном и работоспособном состоянии.

#### **Техническое состояние конструкций кровли.**

На период проведения обследования оценивается как недопустимое.

#### **3. Инструментальная съемка несущих конструкций покрытия центрального блока**

При проведении обмеров использовались следующие средства измерений: рулетки длиной 5,0 м и 20,0 м, штангенциркуль с базой 250 мм, линейка измерительная металлическая 500 мм. Весь измерительный инструмент прошел государственную поверку. Были проведены измерения всех необходимых планово-высотных размеров покрытия: пролеты арочных ферм, расстояние (шаг) между несущими конструкциями (арками), размеры панелей и высоты сечений арочных ферм, выборочно высоты подвесок, привязки к осям и геометрия ходовых мостиков по затяжкам арок.

Величины повреждений элементов металлоконструкций покрытия измерялись визуально только в характерных местах для определения диапазона величин повреждений.

#### **Порядок проведения инструментальной нивелирной съемки.**

При производстве инженерно-геодезических работ использовались следующие приборы:

1. Электронный тахеометр SET530RK3T № 166124 – свидетельство о поверке № 1815 от 12.03.2014 г.
2. Нивелир Н-05 № 00685 – свидетельство о поверке № СП-136814 от 03.08.2022 г.

#### **Определение высотного положения затяжки.**

Контроль высотных параметров арки выполнялся геометрическим нивелированием III класса нивелиром Н-05, который устанавливался на ходовых мостиках выше уровня затяжек арок, расположенных на отметке +16,300 метров. Для

этого на участке была создана высотная геодезическая сеть, состоящая из четырех пунктов. Отметки пунктов высотной сети определены способом геометрического нивелирования нивелиром Н-05. Привязка высотной сети выполнена к условному реперу, расположенному на базе колонны Д-26/1. Отметка репера принята условно и равна 0,000 метров.

Определение высотного положения контрольных точек затяжки осуществлялось от опорных точек нивелирного хода. Нивелированию подлежали точки верха затяжки в контрольных сечениях. По данным геодезического контроля построены продольные профили.

#### **Определение отклонения затяжки от ее продольной оси.**

Определение отклонения затяжки от ее продольной оси выполнялось электронным тахеометром SET 530RK3T. Для этого устанавливали электронный тахеометр в точке, с которой хорошо видны контрольные точки нижней кромки затяжки. Визируют на контрольные точки и вычисляют пространственные координаты  $X_i, Y_i$  (рис. 8).

Решая обратные геодезические задачи по направлениям 1-3 и 1-2, вычисляют дирекционные углы:  $\alpha_{1-3}$  и  $\alpha_{1-2}$ , а также расстояние  $S=1-2$ .

Вычисляют угол  $\beta$  между направлениями 1-3 и 1-2:

$$\beta = a_{1-2} - a_{1-3} \quad (1)$$

Отклонение положения затяжки от продольной оси вычисляют по формуле:

$$\delta = S \cdot \sin \beta. \quad (2)$$

#### **Выводы**

Анализ результатов выполненного натурного освидетельствования строительных металлических конструкций покрытия центрального блока крытого спорткомплекса «Ильичёвец» позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Аварийными являются арки, расположенные вдоль осей 22 и 24. Остальные арки признаны с недопустимым или ограниченно работоспособным состоянием.
2. Кровельные прогоны местами находятся в аварийном состоянии, вследствие их разрушения или появления в них значительных остаточных деформаций, со значительными остаточными прогибами в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

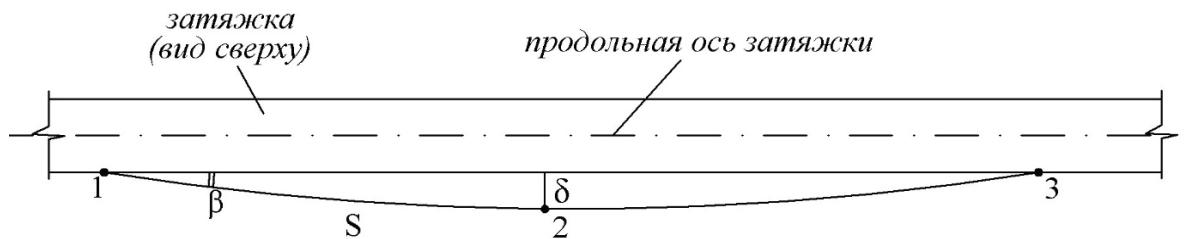


Рисунок 8 – Схема определения отклонения затяжки от ее продольной оси.

3. В целом, система горизонтальных связей по верхним и нижним поясам, затяжкам находится в ограниченно работоспособном состоянии.
4. В целом, система вертикальных связей между арками находится в ограниченно работоспособном состоянии.
5. В целом, ходовые мостики по затяжкам арок находятся в работоспособном состоянии.
6. Кровля находится в недопустимом состоянии.
7. В целом, кровельные фонари находятся в недопустимом состоянии.
8. В целом, поврежденные вследствие ведения боевых действий, металлические конструкции покрытия спорткомплекса «Ильичёвец» находятся в аварийном состоянии.
9. Предложены практические рекомендации по восстановлению несущих арочных конструкций покрытия центрального блока крытого комплекса «Ильичёвец».

## Литература

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния = Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of the technical condition : введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1984 : введен впервые : дата введения 2014-01-01 / разработан Государственным унитарным предприятием г. Москвы «Московский научно-исследовательский и проектный институт типологии, экспериментального проектирования». – Москва : Стандартинформ, 2014. – 89 с. – Текст : непосредственный.
2. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений : издание официальное : принят и введен в действие постановлением Госстроя России от 21.08.2003 № 153 : дата введения 2003-08-21 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием – Конструкторско-технологическое бюро бетона и железобетона (ФГУП «КТБ ЖБ»), Государственным унитарным предприятием – Научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институту бетона и железобетона (ГУП «НИИЖБ»), 26-м Центральным научно-исследовательским институтом Минобороны России [и др.]. – Москва : Госстрой, 2003. – 31 с. – Текст : непосредственный.

## References

1. GOST 31937-2011. Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical condition. Rules of inspection and monitoring of the technical conditions : put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 27, 2012 № 1984 : introduced for the first time : date of introduction 2014-01-01 / developed by the State Unitary Enterprise of Moscow «Moscow Scientific Research and Design Institute of Typology, Experimental Design», – Moscow : Standartinform, 2014. – 89 p. – Text : direct. (in Russian)
2. SP 13-102-2003. Rules for the inspection of load-bearing building structures of buildings and structures : official publication : adopted and put into effect by Decree of the State Construction Committee of Russia dated 2003-08-21 № 153 : date of introduction 2003-08-21 / developed by the Federal State Unitary Enterprise – Design and Technological Bureau of Concrete and Reinforced Concrete (FSUE «KTB ZHB»), State Unitary Enterprise – Scientific Research Design and Engineering and the Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete (GUP «NIIZHB»), the 26th Central Research Institute of the Russian Ministry of Defense [and others]. – Moscow : Gosstroy, 2003. – 31 p. – Text : direct. (in Russian)
3. DBN V.1.2-2:2006. Loads and impacts : official publication : adopted by Order of the Ministry of

3. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия : издание официальное : приняты приказом Министра Украины от 3 июля 2006 г. № 220 : введены впервые : дата введения 2007-01-01 / разработчик ОАО УкрНИИпроектстальконструкция им. В. Н. Шимановского. – Киев : Минстрой Украины, 2006. – 78 с. – Текст : непосредственный.
4. Донецкая Народная Республика. Законы. Об охране труда : Закон ДНР от 03.04.2015 № 31-1НС : текст с изменениями и дополнениями от 12 апреля 2019) : принят постановлением Народного Совета 3 апреля 2015 года. – Донецк : [б. и.]. – Текст : непосредственный.
5. Нормативные документы по вопросам обследования, паспортизации, безопасной и надежной эксплуатации производственных зданий и сооружений / Государственный комитет Украины по строительству и архитектуре. – Киев : [б. и.], 2003. – 144 с. – Текст : непосредственный.
6. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции = Steel structures : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 126/пр и введен в действие с 28 августа 2017 г. : актуализированная редакция СНиП II-23-81\* (с Поправкой, с Изменениями № 1, 2) : дата введения 2017-08-28 / исполнители АО «НИЦ «Строительство», МГСУ, СПбГАСУ. – Москва : Минстрой России, 2017. – 151 с. – Текст : непосредственный.
7. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009 (с изменениями и дополнениями) : [принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года : одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года]. – Москва : Кремль, 2009. – 23с. – Текст : непосредственный.
8. Еремеев, П. Г. Пространственные тонколистовые металлические конструкции покрытий / П. Г. Еремеев. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 560 с. : ил. – Текст : непосредственный.
9. Perelmuter, A. V. About the Problem of Analysis Resistance Bearing Systems in Failure of a Structural Element / A. V. Perelmuter, O.V. Kabantsev. – Текст : непосредственный // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2018. – Volume 14, № 3. – P. 103–113.
10. Development of CFD method for predicting wind environment around a high-rise building, Part 3 : The cross comparison of results for wind environment around building complex in actual urban area using different CFD codes / Y. Tominaga, A. Mochida, K. Harimoto [et al.]. – Текст : непосредственный // AJJ Journal of Technology and Design. – 2004. – № 19. – P. 181–184.
11. Development of CFD method for predicting wind environment around a high-rise building part 2 : the Construction of Ukraine dated July 3, 2006 № 220 : introduced for the first time : date of introduction 2007-01-01 / developer JSC UkrNIIproektstalconstruction named after V. N. Shimmanovsky. – Kiev : Ministry of Construction of Ukraine, 2006. – 78 p. – Text : direct. (in Russian)
4. Donetsk People's Republic. Laws. On labor protection : Law of the DPR dated 03-04-2015 № 31-1NS : text with amendments and additions dated April 12, 2019) : adopted by resolution of the People's Council on April 3, 2015. – Donetsk : [s. n.]. – Text : direct. (in Russian)
5. Regulatory documents on inspection, certification, safe and reliable operation of industrial buildings and structures / State Committee of Ukraine for Construction and Architecture. – Kiev : [s. n], 2003. – 144 p. – Text : direct. (in Russian)
6. SP 16.13330.2017. Steel structures : approved by Order № 126/pr of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation dated February 27, 2017 and put into effect on August 28, 2017 : updated version of SNiP II-23-81\* (as Amended, with Amendments № 1, 2) : date of introduction 2017-08-28 / executors of JSC «SIC «Stroitelstvo», MGSU, SPbGASU. – Moscow : Ministry of Construction of Russia, 2017. – 151 p. – Text : direct. (in Russian)
7. The Russian Federation. Laws. Technical Regulations on the safety of buildings and structures : Federal Law № 384-F3 of 30-12-2009 (as amended) : [adopted by the State Duma on December 23, 2009 : approved by the Federation Council on December 25, 2009]. – Moscow : Kremlin, 2009. – 23 p. – Text : direct. (in Russian)
8. Yeremeyev, P. G. Spatial thin-sheet metal structures of coatings. – Moscow : Publishing House of the Association of Construction Universities, 2006. – 560 p. : ill. – Text : direct. (in Russian)
9. Perelmuter, A. V., Kabantsev, O. V. On the problem of analyzing the stability of load-bearing systems during the destruction of a structural element. – Text : direct. – In: *International Journal of Computational Civil and Civil Engineering*. – 2018. – Volume 14, № 3. – P. 103–113.
10. TominaGada, Yu.; Mochida, A.; Harimoto K. [et al.]. Development of the CFD method for predicting the wind situation around a high-rise building, part 3. Cross-comparison of results for the wind situation around a complex of buildings in a real urban area using various CFD codes. – Text : direct. – In: *AJJ Journal of Technology and Design*. – 2004. – № 19. – P. 181–184.
11. Shirasawa, T.; Tominaga, T.; Yoshi, R. [et al.]. Development of the CFD method for forecasting the wind situation around a high-rise building. Part 2. Cross-comparison of CFD results using different k-models for the flow field around a 4:4:1 building mode. – Text : direct. – In: *AJJ Journal of Technology and Design*. – 2003. – № 18. – P. 169–174.

cross-comparison of CFD results using different k-models for the flow field around a 4:1 building mode / T. Shirasawa, T. Tominaga, R. Yoshie [et al.]. – Текст : непосредственный // AIJ Journal of Technology and Design. – 2003. – № 18. – Р. 169–174.

**Миронов Андрей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: усталостная прочность металлических конструкций, концентрация напряжений в узлах ферм с применением широкополочных двутавров и гнутосварных замкнутых профилей, напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонных конструкций в том числе трубобетонных конструкций.

**Смирнова Наталья Сергеевна** – старший преподаватель кафедры металлических конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: эксплуатационная надежность и долговечность электросетевых конструкций, обеспечение безотказности воздушных линий электропередачи на основе теории управления рисками.

**Оленич Елена Николаевна** – ассистент кафедры металлических конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: дымовые трубы, сравнение методик расчета дымовых труб, расчет и проектирование дымовых труб, оценка состояния существующих конструкций, усиление конструкций.

**Мущанов Александр Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: расчет и проектирование пространственных металлических конструкций.

**Миронов Андрій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: втомна міцність металевих конструкцій, концентрація напружень у вузлах ферм із застосуванням широкополочних двотаврів і гнутозварних замкнутих профілів, напружено-деформований стан сталезалізобетонних конструкцій в тому числі трубобетонних конструкцій.

**Смирнова Наталія Сергіївна** – старший викладач кафедри металевих конструкцій і споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експлуатаційна надійність і довговічність електромережевих конструкцій, забезпечення безвідмовності повітряних ліній електропередачі на основі теорії управління ризиками.

**Оленич Олена Миколаївна** – асистент кафедри металевих конструкцій і споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: димові труби, порівняння методик розрахунку димових труб, розрахунок і проектування димових труб, оцінка стану існуючих конструкцій, посилення конструкцій.

**Мущанов Олександр Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розрахунок і проектування просторових металевих конструкцій.

**Mironov Andrey** – Ph. D.(Eng.), Associate Professor of the Department of Metal Constructions and Structures, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: fatigue strength of metal structures, concentration of stresses in the nodes of trusses with the use of wideband Ibars and gnutosvarnyh closed profiles, stressstrain state of steel reinforced concrete structures including pipeconcrete structures.

**Smirnova Natalia** – is a senior lecturer, at Metal Structure and Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: operational reliability and longevity of power supply structures, and protection of overhead power transmission lines on the basis of the theory of risk management.

**Olenich Elena** – Assistant, Metal Structure and Construction Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: chimneys, comparison of methods of calculation of chimneys, calculation and designing of chimneys, estimation of a condition of existing designs, strengthening of structures.

**Muschanov Alexander** – Ph. D.(Eng.), Associate Professor of the Department of Metal Constructions and Structures, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: calculation and design of spatial metal structures.