

УДК: 624.072.2.014

DOI [10.37153/2618-9283-2023-1-24-44](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2023-1-24-44)

Мониторинг и паспортизация зданий и сооружений

Опыт экспертизы промышленной безопасности конструкций открытой эстакады шлакового двора мартеновского цеха ОАО «ТАГМЕТ»

**Гукова Маргарита Ильинична¹, Рожкова Лидия Сергеевна¹,
Фарфель Михаил Иосифович^{1,2}**

¹ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

² ФГБОУ ВПО НИУ МГСУ, кафедра металлических и деревянных конструкций.
Москва, Российская Федерация

Аннотация: Экспертиза промышленной безопасности играет огромную роль в сохранении зданий и сооружений и предотвращении их разрушений и нежелательных последствий, неизбежных в процессе эксплуатации поврежденных конструкций, особенно в зданиях с опасным производством или при тяжелых режимах работы мостовых кранов. В настоящее время в связи со старением и износом конструкций экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений приобретает все большее значение. Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» с 1995 года в течение почти 20 лет проводил обследования цехов ОАО «Тагмет», давал заключения по промышленной безопасности и рекомендации по ремонту и усилению поврежденных строительных конструкций с целью возможности и условий дальнейшей безопасной эксплуатации. В статье приводится пример успешно проведенной работы по обследованию конструкций цехов, который можно распространить и на современную практику. В статье анализируются результаты обследования технического состояния конструкций, классифицируются повреждения и даются рекомендации по обеспечению безопасной эксплуатации конструкций открытой крановой эстакады.

Ключевые слова: сталь, стальная конструкция, несущая способность, жесткость, ферма, балка, стержень, болт, связь

Для цитирования: Гукова М.И., Рожкова Л.С., Фарфель М.И. Опыт экспертизы промышленной безопасности конструкций открытой эстакады шлакового двора мартеновского цеха ОАО «ТАГМЕТ» // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2023. № 2. С. 24–44.

DOI [10.37153/2618-9283-2023-1-24-44](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2023-1-24-44)

Monitoring and certification of seismic constructions

Experience of the examination of industrial safety of structures of the open flyover of the slag yard of the open-hearth workshop of JSC TAGMET

Margarita I. Gukova¹, Lidia S. Rozhkova¹, Mikhail I. Farfel^{1,2}

¹ Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction. Moscow, Russian Federation

² FSFEI HPE NRU MGSU, Department of Metal and Wooden Structures. Moscow, Russian Federation

@ M.I. Gukova, L.S. Rozhkova, M.I. Farfel, 2023

Abstract: Industrial safety expertise plays a huge role in preserving buildings and structures and preventing their destruction and undesirable consequences that are inevitable during the operation of damaged structures, especially in buildings with hazardous production or under heavy operating conditions of overhead cranes. Currently, due to the aging and wear of structures, the examination of industrial safety of buildings and structures is becoming increasingly important. Central Research Institute of Building Structures named after V.A. Koucherenko of JSC "SIC "Construction" since 1995 for almost 20 years conducted surveys of the workshops of JSC "Tagmet", giving conclusions on industrial safety and recommendations for repairing and strengthening damaged building structures in order to enable and conditions for further safe operation. The article provides an example of successfully carried out work on the inspection of shop structures, which can be extended to modern practice. The article analyzes the results of a survey of the technical condition of structures, classifies damages and gives recommendations for ensuring the safe operation of structures of an open crane overpass.

Keywords: steel, steel structure, bearing capacity, stiffness, truss, beam, rod, bolt, connection

For citation: Gukova M.I., Rozhkova L.S., Farfel M.I. Experience of the examination of industrial safety of structures of the open flyover of the slag yard of the open-hearth workshop of JSC TAGMET. *Earthquake engineering. Constructions safety*. 2023, no. 2, pp. 24–44. [In Russian]

DOI [10.37153/2618-9283-2023-1-24-44](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2023-1-24-44)

Экспертиза конструкций открытой эстакады шлакового двора мартеновского цеха, расположенных на территории ОАО «Тагмет», проводилась в 2010 – 2011 годах в соответствии с требованиями нормативно-технических документов [1–8], до сих пор не утратила значения и может быть рекомендована как образец проведения обследований подобного рода. Руководитель экспертной организации – директор ЦНИИСК, д.т.н., профессор И.И. Ведяков.

Крановая эстакада шлакового двора была запроектирована ГП «Укргипромез» в 1965 году и введена в эксплуатацию в 1971 году [9, 10]. Колонны эстакады были железобетонные и существовали ограждающие конструкции в виде кирпичных стен высотой 3 м. В 1985 г. по проекту проектно-конструкторского отдела Таганрогского металлургического завода (ПКО ТМЗ) часть железобетонных колонн была заменена металлическими, а в 2001 г. усилены оставшиеся железобетонные колонны.

Открытая крановая эстакада шлакового двора, предназначенного для сбора и дробления шлака, поставляемого на платформах по железнодорожному пути из мартеновского цеха ОАО «Тагмет», – прямоугольное в плане однопролётное каркасное сооружение с шириной пролета 30 м и шагом колонн 12 м. На колонны установлены металлические фермы и связи по ним (рис. 1).



Рисунок 1 – Вид эстакады шлакового двора мартеновского цеха

- а) со стороны ряда А от оси 1;
- б) со стороны ряда А от оси 6;
- в) от оси 6;
- г) со стороны ряда Б от оси 6

Figure 1 – View of the flyover of the slag yard of open-hearth workshop

- a) from the row A at axis 1;
- b) from the row A at axis 6;
- c) from axis 6;
- d) from the row B at axis 6

Последнее обследование конструкции открытой эстакады было проведено в марте 2007 г. ОАО «ЮВЭНЕРГОЧЕРМЕТ», в результате выполнены следующие работы: заключение экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ); рабочий проект с результатами обследования (обмерочными чертежами) и с рекомендациями по ремонту и усилению металлических конструкций каркаса и железобетонных колонн [11–13].

На момент обследования каркас эстакады включал колонны двухступенчатые: в осях 2, 3, 4 и 5 – стальные двухветвевые из прокатных широкополочных двутавров с треугольной решеткой из прокатных уголков; в осях 1 и 6 – железобетонные в стальных обоймах. Между колоннами каркаса в осях 3–4 и 5–6 установлены металлические вертикальные связи различного конструктивного оформления из двутавров и прокатных уголков (рис. 2).



Рисунок 2 – Вертикальные связи между колоннами 3 и 4 по ряду А

Figure 2 – Vertical connections between columns 3 and 4 in row A

По оголовкам колонн каркаса эстакады на отметке 17,07 м установлены стропильные металлические фермы высотой 2,73 м. Стропильные фермы – сварные, с восходящим опорным раскосом, с параллельными поясами и треугольной решеткой со стойками из парных уголков на фансонках (рис. 3).



Рисунок 3 – Стропильные фермы по осям 1 и 2

Figure 3 – Trusses on axes 1 and 2

По нижним и верхним поясам стропильных ферм эстакады установлены горизонтальные и вертикальные связи для обеспечения покрытию пространственной жесткости (рис. 4, 5, 6).



Рисунок 4 – Вертикальные и горизонтальные связи между стропильными фермами (вид от оси 1)

Figure 4 – Vertical and horizontal connections between trusses (view from axis 1)



Рисунок 5 – Поперечные горизонтальные и вертикальные связи по оси 1 (вид в сторону ряда Б)

Figure 5 – Transverse horizontal and vertical connections along the axis 1 (view towards row B)

а)



б)



Рисунок 6 – Фермы под поперечный проходной мостик по оси 6 (вид со стороны ряда Б)
а) горизонтальная ферма; б) вертикальные фермы

Figure 6 – Trusses for a transverse walkway bridge along axis 6 (view from row B)
a) horizontal truss; b) vertical trusses

Кровля и стены отсутствуют. Часть сохранившейся стены у осей 1–4 по ряду Б – кирпичная (рис. 7).



Рисунок 7 – Часть сохранившейся кирпичной стены вдоль ряда Б (оси 1–4)

Figure 7 – Part of the preserved brick wall along row B (axes 1-4)

В осях 4-5 устроен ремонтный загон (рис. 8).



Рисунок 8 – Ремонтный загон в осях 5–4

Figure 8 – Repair paddock in axes 5-4

Крановая эстакада оборудована двумя мостовыми кранами тяжелого режима работы грузоподъемностью 80 и 20 т.

Подкрановые балки – металлические сварные двутавровые высотой 1,75 м с поперечными ребрами жесткости установлены на отметке 9,94 м (рис. 9).



Рисунок 9 – Подкрановая балка по ряду А в осях 2–3

Figure 9 – Crane runway beam along row A in axes 2-3

Подкрановые балки закреплены по верхним полкам тормозным листом, связанным с тормозной фермой. Тормозная ферма и нижняя полка подкрановой балки раскреплены связевой горизонтальной фермой (рис. 10). Подкрановый рельс – КР100.

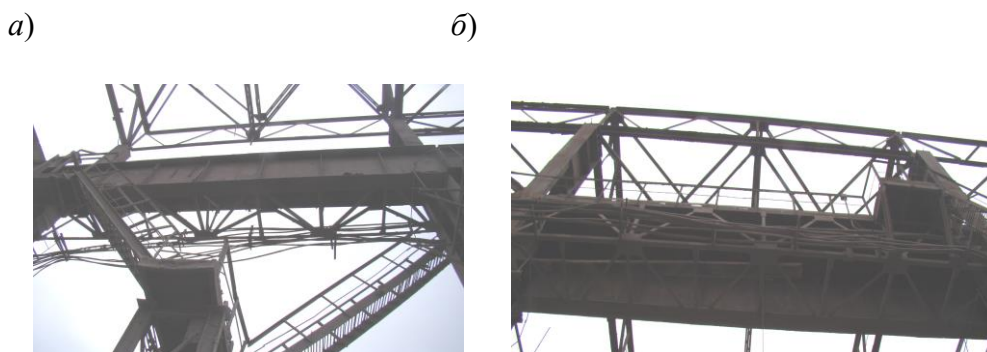


Рисунок 10 – Связевая (горизонтальная) и тормозная (вертикальная) фермы подкрановых балок (вид снизу)

а) подкрановая балка ПБ А/1–2; б) подкрановая балка ПБ А/2–3

Figure 10 – Tie (horizontal) and brake (vertical) trusses of crane beams (bottom view)

а) crane runway beam PB A/1-2; б) crane runway beam PB A/2-3

В процессе проведения работы в декабре 2010 – феврале 2011 г. сотрудниками ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко выполнено полное натурное обследование строительных конструкций эстакады шлакового двора мартеновского цеха, проведены необходимые проверочные расчеты, оценено техническое состояние конструкций и разработаны рабочие чертежи на ремонт и усиление конструкций.

Визуальному осмотру [14] подвергались элементы открытой крановой эстакады: металлические колонны и вертикальные связи между ними; стропильные фермы и связи между ними; подкрановые балки; узлы опирания стропильных ферм и подкрановых балок; железобетонные колонны.

При инструментальном обследовании определялись:

- выборочно геометрические характеристики: длины и сечения элементов стропильных ферм; сечения ветвей колонн; длины и катеты сварных швов крепления элементов конструкций;
- общие искривления и местные погибы элементов металлических конструкций;
- степень поражения коррозией металлических конструкций;
- толщина защитного слоя бетона;
- степень поражения коррозией арматуры железобетонных колонн.

Для определения геометрических характеристик и параметров деформаций элементов металлических конструкций были использованы штангенциркуль, лазерный дальномер, рулетка.

При оценке технического состояния конструкций и разработке рекомендаций по их ремонту и усилению использованы фактические данные измерений при обследованиях.

При визуальном осмотре дефектов категории «А» в конструкциях крановой эстакады не обнаружено. Обнаружены дефекты и повреждения категории «В», не требующие ремонта, и категории «Б» – элементы конструкций, требующие ремонта (усиления) [15].

На момент обследования поверхность основных металлических конструкций здания (колонн, подкрановых балок, стропильных ферм и связей) была покрыта плотным слоем затвердевшей промышленной пыли (рис. 11, 12 и 13):



Рисунок 11 – Скопление затвердевшей пыли на оголовке колонны
а) Б5 (вид со стороны оси 4); б) Б4 (вид со стороны оси 5); в) А4 (вид со стороны оси 5);
з) А3 (вид со стороны оси 4)

Figure 11 – Accumulation of solidified dust on the head of the column
a) B5 (view from axis 4); b) B4 (view from axis 5); c) A4 (view from axis 5);
d) A3 (view from axis 4)

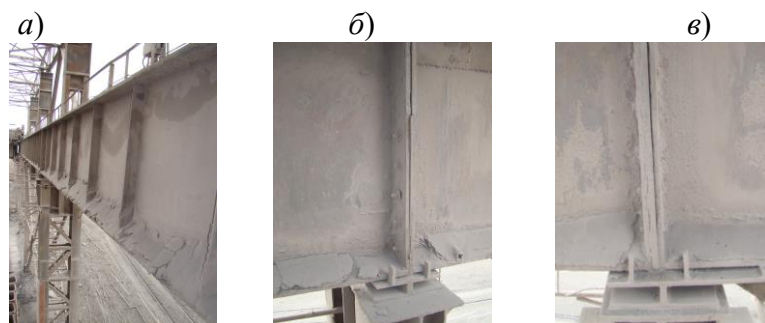


Рисунок 12 – Отложение слежавшейся промышленной пыли на подкрановых балках
а) нижняя полка ПБ А/4-5; б) опорный узел на колонну А2; в) на колонну А3

Figure 12 – Deposition of caked industrial dust on crane runway beams
a) lower shelf of PP A/4-5; b) support unit on column A2; c) on column A3

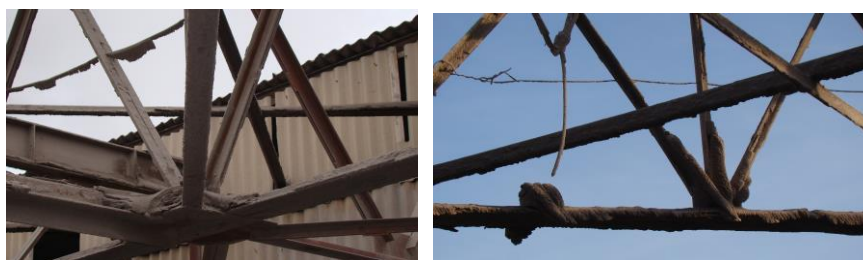


Рисунок 13 – Скопление затвердевшей промышленной пыли на горизонтальных связях между фермами Ф1 и Ф2

Figure 13 – Accumulation of solidified industrial dust on horizontal connections between trusses F1 and F2

Степень поражения коррозией металлических конструкций здания под этим слоем не превышает 3%, т.е. в пределах допустимой нормы.

Степень поражения коррозией рабочей арматуры и хомутов железобетонных колонн определялась путем измерения фактических размеров штангенциркулем и составила: ~ 5 %. В

некоторых местах под отдельными листами обойм на колоннах А6, Б6 и А1 выявлено разрушение защитного слоя бетона (рис. 14).



Рисунок 14 – Оголение рабочей арматуры

- a) в подкрановой части и вдоль рабочей арматуры в надкрановой частях колонны А6
б) снизу в переходной и поперечной арматуры в надкрановой частях колонны Б6
в) в надкрановой части и на уровне подкрановой балки колонны А1

Figure 14 – Exposure of working fittings

- a) in the crane part and along the working fittings in the over-crane parts of column А6
b) from below in the transitional and transverse fittings in the over-crane parts of column Б6
c) in the over-crane part and at the level of the crane runway beam of column А1

Толщина защитного слоя бетона измерялась металлической линейкой в местах разрушения бетона и фактически составила 25–30 мм. Таким образом, фактическая толщина защитного слоя бетона в колоннах эстакады соответствует нормативным требованиям [16,17].

Проведен проверочный расчет несущей способности горизонтальной связи [18]. В соответствии с требованиями п. 15.4.12 СП 16.13330.2011 при применении крестовой решетки связей покрытия допускается расчет по условной схеме в предположении, что раскосы воспринимают только растягивающие усилия.

Диагонали крестовых поперечных связей в конструкции шлакового двора приняты из одиночного уголка 90 х 7, минимальный радиус инерции которого 17,8 мм. При проверке этого элемента по предельной гибкости имеем: расчетная длина в соответствии с п. 10.1.1 СП 16.13330.2011 равна полной геометрической длине элемента

$$l_{ef} = 8485 \text{ мм};$$
$$\lambda = l_{ef} / r_{min} = 8485 / 17,8 = 477.$$

Предельная гибкость растянутых элементов связей при статических нагрузках, в соответствии с табл. 33 СП 16.13330.2011 – $[\lambda] = 400$. Таким образом, принятое сечение диагональных связей **не удовлетворяет** требованиям СП 16.13330.

По результатам данной экспертизы техническое состояние строительных конструкций крановой эстакады шлакового двора мартеновского цеха ОАО «Тагмет» оценивается как **ограниченно работоспособное**. Дефектов и повреждений, представляющих непосредственную опасность разрушения (категории «А» согласно [7]), в особо ответственных элементах и соединениях конструкций не обнаружено. Отмечено скопление затвердевшей промышленной пыли на оголовках колонн, подкрановых балках, элементах стропильных ферм и связях.

Отдельные конструкции, имеющие дефекты или повреждения категории «Б», относятся к **ограниченно работоспособному** состоянию и требуют ремонта:

Колонны (рис. 15)

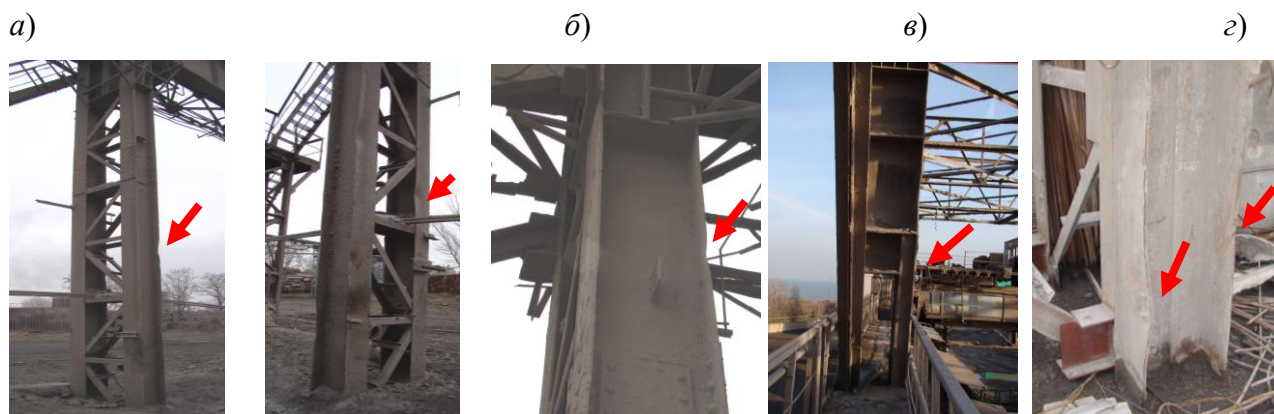


Рисунок 15 – Местное искривление полок

а) двутавров ветвей колонны А2; б) двутавра внутренней ветви колонны А4 со стороны оси 5; в) надкрановой части колонны Б3 со стороны оси 4; г) уголка внутренней ветви колонны Б5 со стороны оси 6

Figure 15 – Local curvature of shelves

а) the I-beams of the branches of column A2; б) the I-beam of the inner branch of column A4 on the side of axis 5; в) the over-crane part of column B3 on the side of axis 4; д) the corner of the inner branch of column B5 on the side of axis 6

Вертикальные связи между колоннами (рис. 16, 17, 18):



Рисунок 16 – Искривление фасонки и уголков решетки вертикальной связи между колоннами А/ 3-4 у оси 3 и фасонки вертикальной связи между колоннами А/ 3-4 у оси 4

Figure 16 – Curvature of the gusset and corners of the lattice of the vertical connection between columns А/ 3-4 at axis 3 and the gusset of the vertical connection between columns А/ 3-4 at axis 4



Рисунок 17 – Изогнутая и закрученная наружная ветвь вертикальной связи 7 между колоннами А/ 3-4 у оси 4 и нижняя диагональ вертикальной связи между колоннами А/ 5-6 у оси 5

Figure 17 – Curved and twisted outer branch of the vertical connection 7 between columns А/ 3-4 at axis 4 and the lower diagonal of the vertical connection between columns А/ 5-6 at axis 5



Рисунок 18 – Изогнутая наружу внутренняя ветвь вертикальной связи ВС В/ 3-4 между колоннами у оси 4

Figure 18 – Outward curved inner branch of the vertical connection of the VC В/ 3-4 between the columns at the axis 4

Стропильные фермы (рис. 19, 20, 21, 22):



Рисунок 19 – Общее искривление стойки в четвертом узле НП от ряда Б фермы Ф6. Разрушение сухарей на стойке и в нижнем поясе фермы и десятого раскоса от ряда Б фермы Ф6

Figure 19 – The general curvature of the rack in the 4th node of the NP from row B of the F6 truss. Destruction of “crackers” on the rack and in the lower belt of the truss and the 10th brace from row B of F6 truss



Рисунок 20 – Отсутствие болтов в узлах крепления фасонки связей к нижнему поясу фермы Ф6 и отсутствие болта в центральном стыковом узле нижнего пояса фермы Ф6 и в узле крепления фасонки связей в 12 м от ряда А к нижнему поясу фермы Ф4

Figure 20 – The absence of bolts in the attachment points of the gussets of the ties to the lower chord of the truss F6 and the absence of a bolt in the central butt joint of the lower chord of the F6 truss and in the attachment point of the gusset of ties 12 m from row A to the lower chord of the F4 truss



Рисунок 21 – Местное искривление в отстоящей полке уголка со стороны оси 3 четвертой от ряда Б панели нижнего пояса фермы Ф2

Figure 21 – Local curvature in the spaced corner shelf on the side of the axis 3 of the fourth panel from row B of the lower belt of the farm F2



Рисунок 22 – Вырез в отстоящей полке уголка первой панели от ряда Б нижнего пояса фермы Ф5 и местное искривление в отстоящей полке уголка со стороны оси 5 первой от ряда Б стойки фермы Ф4

Figure 22 – A cutout in the spaced shelf of the corner of the first panel from row B of the lower belt of the F5 truss and a local curvature in the spaced shelf of the corner from the side of the axis 5 of the first rack from row B of truss F4

Горизонтальные связи по нижним поясам стропильных ферм (рис. 23, 24)



- Рисунок 23 – Смещение поперечных распорок в узле соединения с распоркой горизонтальной связи по нижним поясам ферм со стороны ряда Б между фермами Ф2 и Ф3;
- Местное искривление отстоящего уголка распорки в 6м от ряда А между нижними поясами ферм Ф4 и Ф3 вблизи фермы
 - Общее искривление диагонали во втором кресте от ряда А поперечной связи вдоль нижнего пояса фермы Ф4 со стороны оси 3

- Figure 23 – Displacement of the transverse struts in the junction with the horizontal connection strut along the lower belts of the trusses from the side of row B between the F2 and F3 trusses;
- Local curvature of the spacer angle 6 m from row A between the lower belts of the F4 and F3 trusses near the truss
 - The general curvature of the diagonal in the second cross from the row A of the transverse connection along the lower belt of the F4 truss from the side of the axis 3



- Рисунок 24 – Местное искривление отстоящей полки уголка первой от ряда Б диагонали крестовой поперечной связи вдоль верхнего пояса фермы Ф5 со стороны оси 4

- Figure 24 – Local curvature of the spaced shelf of the corner of the first from row B of the diagonal cross-link along the upper belt of the F5 truss from the side of the axis 4

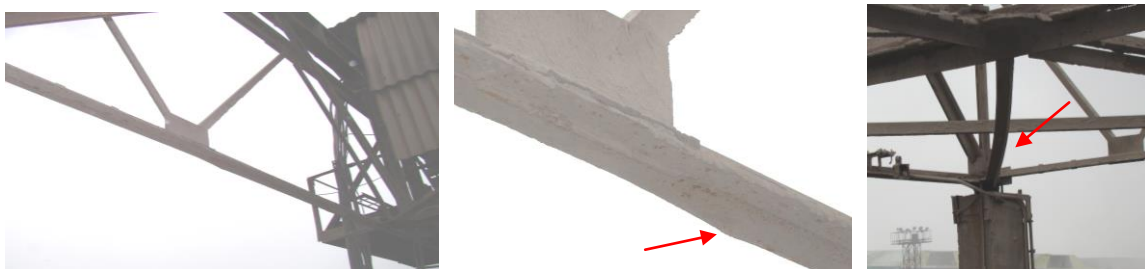


Рисунок 25 – Местное искривление отстоящей полки уголка нижнего пояса вертикальной связи по ряду В в осях 5–4
– Общее искривление диагонали горизонтальной связи по нижним поясам ферм, подходящей к узлу на колонне Б6

Figure 25 – Local curvature of the spaced shelf of the corner of the lower vertical link belt along row B in axes 5-4

– General curvature of the diagonal of the horizontal link along the lower truss belts, suitable for the node on column B6

Стены: (рис. 26)

Трещины в кирпичной стене вдоль ряда Б.



Рисунок 26 – Разрушение кирпичной стены по ряду Б в осях 2–3

Figure 26 – Destruction of a brick wall along row B in axes 2-3

Подкрановые балки (рис. 27):

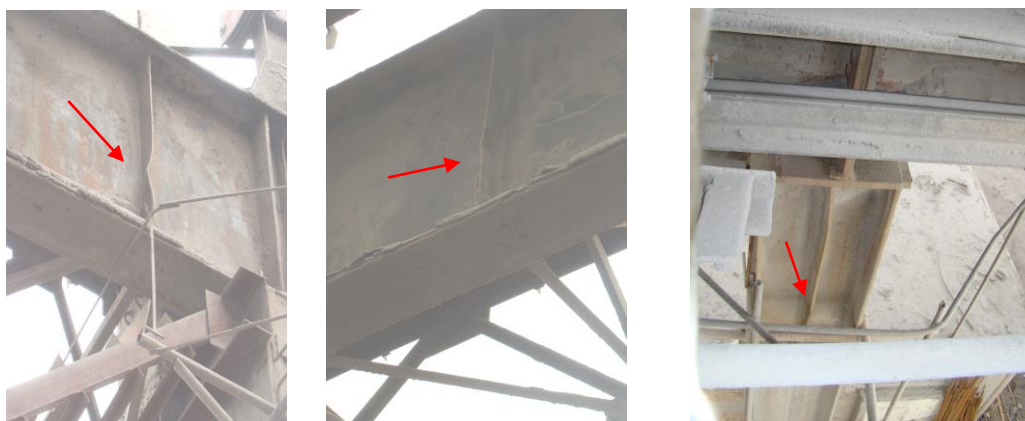


Рисунок 27 – Местное искривление поперечных ребер подкрановой балки ПБ А/5–6 и искривление центрального ребра в опорной тумбочке подкрановой балки на колонне В5

Figure 27 – Local curvature of the transverse ribs of the crane runway beam PB A/5-6 and the curvature of the central rib in the support table of the crane runway beam on column B5

Вспомогательные конструкции:

Обнаружены местные и общие искривления стоек и решетки стоек опор площадок проходных мостиков вдоль оси 1 и между осями 5 и 6.

Техническое состояние остальных конструкций эстакады оценивается как **работоспособное**.

Колонны каркаса цеха замоноличены бетоном в уровне пола. Разрушений бетона не обнаружено, что позволяет сделать заключение об удовлетворительном состоянии фундаментов колонн.

Колебания элементов каркаса эстакады наблюдаются вследствие динамического воздействия на конструкции разгрузки и дробления шлака при работе мостовых кранов.

Жесткость каркаса здания в поперечном направлении обеспечивается жесткой заделкой колонн в фундаменты, в продольном направлении – вертикальными металлическими связями между колоннами.

В составе работы по ЭПБ был произведен расчет по оценке остаточного ресурса конструкций крановой эстакады шлакового двора. Последний такой расчет был выполнен в 2007г. и составлял 19,6 лет при условии выполнения капитального ремонта. Силами завода значительная часть рекомендаций по усилению до 2010 года была выполнена.

Расчет по оценке остаточного ресурса конструкций шлакового двора осуществлен по «Рекомендациям по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам», разработанным АО «ЦНИИПромзданий» в 2001 г.

Учитывая, что по результатам данной экспертизы техническое состояние строительных конструкций крановой эстакады шлакового двора мартеновского цеха оценивается как **ограниченно работоспособное**, и имеющиеся дефекты или повреждения относятся к категории «Б», т.е. требуют ремонта, в расчете для поврежденных элементов конструкций в соответствии с таблицей 1 принята категория технического состояния до ремонта – 3 и 4, а после ремонта – категория 2.

Рассматриваемые элементы конструкций, их значимость (α) и поврежденность (ε) представлены в таблице:

№ п/п	Элементы конструкций	Коэффициент значимости, α_i	Поврежденность, ε
1	колонны каркаса	$\alpha_1 = 8$	0,15
2	фермы покрытия	$\alpha_2 = 7$	0,25
3	связи по колоннам	$\alpha_3 = 2$	0,15
4	связи по фермам	$\alpha_4 = 2$	0,25

Общая оценка поврежденности здания определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \alpha_3 \varepsilon_3 + \alpha_4 \varepsilon_4}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4} = \frac{8 \cdot 0,15 + 7 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,25}{8 + 7 + 2 + 2} = 0,197.$$

Относительная оценка надежности здания $y = 1 - \varepsilon = 1 - 0,197 = 0,803$.

Срок эксплуатации здания на момент обследования составляет

$$t_\phi = 2011 - 1971 = 40 \text{ лет.}$$

Постоянная износа определяется по формуле

$$\lambda = \frac{-\ln y}{t_\phi} = \frac{-\ln 0,803}{40} = 0,0055.$$

Срок эксплуатации до капитального ремонта определяется

$$t = 0,16 / \lambda = 0,16 / 0,0055 = 29 \text{ лет.}$$

Срок конструкций до капитального ремонта истек.

После проведения ремонта и усиления конструкций оценку поврежденности можно будет считать по категории технического состояния 2, при которой $\varepsilon = 0,05$.

Коэффициент надежности отремонтированных и усиленных конструкций в процессе эксплуатации

$$\gamma_o = \gamma_m \cdot \gamma_c \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n.$$

По СП 16.13330.2011: $\gamma_m = 1,025$; $\gamma_n = 0,95$; минимальный $\gamma_c = 0,8$; $\gamma_f = 1,05$.

$$\gamma_o = 1,025 \times 0,95 \times 0,8 \times 1,05 = 0,818$$

Тогда относительная надежность при эксплуатации

$$y = (1 - \varepsilon) \gamma_o = (1 - 0,05) 0,818 = 0,777 \text{ и}$$

постоянная износа

$$\lambda = \frac{-\ln y}{t_\phi} = \frac{-\ln 0,777}{40} = 0,00631.$$

Срок эксплуатации после ремонта и усиления конструкций шлакового двора будет составлять

$$t = 0,16 / \lambda = 0,16 / 0,00631 = 25,4 \text{ года.}$$

Работа по ремонту, усилению и замене строительных конструкций эстакады осуществлялась по «Рабочим проектам на ремонт и усиление конструкций» [19].

Выводы

В результате визуального осмотра и инструментального обследования строительных конструкций крановой эстакады шлакового двора мартеновского цеха ОАО «Тагмет» были выявлены дефекты и повреждения, превышающие значения, установленные действующими нормативными документами, и влияющие на эксплуатационную пригодность здания:

- местные искривления сечений колонн ниже подкрановой балки;
- оголение и трещины вдоль рабочей арматуры;
- изгиб и закручивание диагоналей ветвей крестовых связей;

- общее искривление стойки фермы, отрыв сухарей; местное искривление полки уголка сечения нижнего пояса фермы; вырез в полке уголка сечения нижнего пояса фермы;
- отсутствие болтов в стыковых узлах и узлах крепления фасонки связей в нижних поясах ферм;
- общее искривление диагонали горизонтальной связи между фермами;
- недостаточное сечение диагоналей крестовых связей;
- трещины и выпадение кирпича в стене вдоль ряда Б;
- местные и общие искривления стоек и решетки стоек опор площадок проходных мостиков;
- скопление затвердевшей промышленной пыли на оголовках колонн, подкрановых балках, элементах стропильных ферм и связях;
- деформация каркаса здания при динамических нагрузках от работы кранов.

На основании результатов технического диагностирования и проведенных расчетов установлено:

Дальнейшая безопасная эксплуатация открытой крановой эстакады шлакового двора мартеновского цеха ОАО «Тагмет» до капитального ремонта возможна в течение 25 лет после проведения ремонтных работ. Для обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации конструкций открытой крановой эстакады шлакового двора необходимо выполнить согласованные мероприятия для процесса экспертизы строительных конструкций открытой крановой эстакады шлакового двора мартеновского цеха ОАО «Тагмет».

Список документов

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (с изм.)
2. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ
3. ПБ 03-246-98 Правила проведения экспертизы промышленной безопасности. Вып. 9 (часть 1). Экспертиза промышленной безопасности (сборник документов). Москва: ГП НТЦ по безопасности в промышленности, ГТН РФ. 2000.
4. ПБ 11-493-02 Общие правила безопасности для металлургических и коксохимических предприятий и производств. Москва: НТЦ «Промышленная безопасность». Москва. 2002.
5. РД 11-405-01 «Методические рекомендации по классификации аварий и инцидентов на опасных производственных объектах металлургических и коксохимических производств». Москва. 2001.
6. РД 11-589-03 «Положение о проведении экспертизы промышленной безопасности опасных металлургических и коксохимических производственных объектов». Москва: НТЦ «Промышленная безопасность». 2004.
7. РД 22-01-97 «Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследование строительных конструкций специализированными организациями)». Москва: ЭКЦ-МЕТАЛЛУРГ. 1997.
8. РД 11-126-96 «Методические рекомендации по организации и осуществлению контроля за обеспечением безопасной эксплуатации зданий и сооружений на подконтрольных металлургических и коксохимических производствах». Москва. 1996.
9. Министерство металлургической промышленности СССР. «Главтрубосталь». Таганрогский государственный металлургический завод. Паспорт № 132 на здание и сооружение шлакового отделения копрового цеха. Составлен в 1986 г.
10. ПКО ТАГМЕТ ЗАВОД «Мартеновский № 2. Шлаковое отделение». Чертежи. Шифр В 221436. 1984–85 г.

11. ОАО «ЮВЭНЕРГОЧЕРМЕТ». ПКО. ОАО «Тагмет», г. Таганрог. Мартеновский цех. Открытая крановая эстакада. Обследование. Шифр 304882-КМ1. 2007.
12. ОАО «ЮВЭНЕРГОЧЕРМЕТ». ПКО. ОАО «Тагмет», г. Таганрог. Мартеновский цех. Открытая крановая эстакада. Усиление и ремонт. Шифр 304882-КМ2. 2007.
13. «Заключение экспертизы промышленной безопасности строительных конструкций открытой крановой эстакады шлакового двора мартеновского цеха ОАО «Тагмет» ОАО «ЮВЭНЕРГОЧЕРМЕТ». Ростов-на-Дону. 2007.
14. РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю». Москва: НТЦ «Промышленная безопасность». 2004.
15. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений». Москва: Госстрой РФ. 2003.
16. СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии». Москва: Госстрой СССР. 1986.
17. СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций от коррозии. Правила производства работ». Москва: Госстрой СССР. 1986.
18. СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81». Москва: Росстандарт. 2011.
19. СА-03-006-06 «Методические указания по проведению технического обслуживания, ремонта, обследования, анализа промышленной безопасности производственных зданий и сооружений предприятий, эксплуатирующих взрывоопасные и химически опасные объекты». Москва: Ростехэкспертиза. Серия 03. 2008.

References

1. Federalnyj zakon «O promyshlennoj bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov» ot 21 iyulya 1997 g. № 116-FZ (s izm.) (In Russian)
2. Federalnyj zakon «Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij» ot 30 dekabrya 2009 g. № 384-FZ (In Russian)
3. PB 03-246-98 Pravila provedeniya ekspertizy promyshlennoj bezopasnosti. Vyp. 9 (chast 1). Ekspertiza promyshlennoj bezopasnosti (sbornik dokumentov). Moskva: GP NTCz po bezopasnosti v promyshlennosti, GGTN RF. 2000. (In Russian)
4. PB 11-493-02 Obshhie pravila bezopasnosti dlya metallurgicheskikh i koksokhimicheskikh predpriyatij i proiz-vodstv. Moskva: NTCz «Promyshlennaya bezopasnost». Moskva. 2002. (In Russian)
5. RD 11-405-01 «Metodicheskie rekomendacii po klassifikacii avarij i incidentov na opasnykh proizvodstvennykh obektakh metallurgicheskikh i koksokhimicheskikh proizvodstv». Moskva. 2001. (In Russian)
6. RD 11-589-03 «Polozhenie o provedenii ekspertizy promyshlennoj bezopasnosti opasnykh metallurgicheskikh i koksokhimicheskikh proizvodstvennykh ob'ektov». Moskva: NTCz «Promyshlennaya bezopasnost». 2004. (In Russian)
7. RD 22-01-97 «Trebovaniya k provedeniyu otsenki bezopasnosti ekspluatatsii proizvodstvennykh zdaniy i so-oruzhenij podnadzornykh promyshlennykh proizvodstv i ob'ektov (obsledovanie stroitelnykh konstruksij specializirovannymi organizatsiyami)». Moskva: EKC-METALLURG. 1997. (In Russian)
8. RD 11-126-96 «Metodicheskie rekomendatsii po organizatsii i osushhestvleniyu kontrolya za obespecheniem bezopasnoj ekspluatatsii zdaniy i sooruzhenij na podkontrolnykh metallurgicheskikh i koksokhimicheskikh proizvodstvakh». Moskva. 1996. (In Russian)

9. Ministerstvo metallurgicheskoy promyshlennosti SSSR. «Glavtrubostal». Taganrogskij gosudarstvennyj metallurgicheskij zavod. Pasport № 132 na zdanie i sooruzhenie shlakovogo otdeleniya koprovogo tsekha. Sostavlenn v 1986 g. (In Russian)
10. PKO TAGMET ZAVOD «Martenovskij № 2. Shlakovoe otdelenie». Chertezhi. Shifr V 221436. 1984–85 g. (In Russian)
11. OAO «YuVENERGOChERMET». PKO. OAO «Tagmet», g. Taganrog. Martenovskij tsekh. Otkrytaya kranovaya estakada. Obsledovanie. Shifr 304882-KM1. 2007. (In Russian)
12. OAO «YuVENERGOChERMET». PKO. OAO «Tagmet», g. Taganrog. Martenovskij tsekh. Otkrytaya kranovaya estakada. Usilenie i remont. Shifr 304882-KM2. 2007. (In Russian)
13. «Zaklyuchenie ekspertizy promyshlennoj bezopasnosti stroitelnykh konstruksij otkrytoj kranovoj estakady shlakovogo dvora martenovskogo tsekha OAO «Tagmet» OAO «YuVENERGOChERMET». Rostov-na-Donu. 2007. (In Russian)
14. RD 03-606-03 «Instruktsiya po vizualnomu i izmeritelnomu kontrolyu». Moskva: NTCz «Promyshlennaya bezopasnost». 2004. (In Russian)
15. SP 13-102-2003 «Pravila obsledovaniya nesushhikh stroitelnykh konstruksij zdaniy i sooruzhenij». Moskva: Gosstroj RF. 2003. (In Russian)
16. SNiP 2.03.11-85 «Zashhita stroitelnykh konstruksij ot korrozii». Moskva: Gosstroj SSSR. 1986. (In Russian)
17. SNiP 3.04.03-85 «Zashhita stroitelnykh konstruksij ot korrozii. Pravila proizvodstva rabot». Moskva: Gosstroj SSSR. 1986. (In Russian)
18. SP 16.13330.2011 «Stalnye konstruksii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-23-81*». Moskva: Rosstandart. 2011. (In Russian)
19. SA-03-006-06 «Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu texnicheskogo obsluzhivaniya, remonta, obsledovaniya, analiza promyshlennoj bezopasnosti proizvodstvennykh zdaniy i sooruzhenij predpriyatij, ekspluatiruyushhikh vzryvoopasnye i khimicheski opasnye ob'ekty». Moskva: Rostekhekspertiza. Seriya 03. 2008. (In Russian)

Информация об авторах/Information about authors

Гукова Маргарита Ильинична, кандидат технических наук, заместитель заведующего лабораторией отдела металлических конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

Margarita I. Gukova, Cand. Sci. (Engineering), Deputy Head of the Laboratory of reconstruction and monitoring of unique building and structures of Metal structures division, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction. Moscow. Russian Federation

gukova.Rita@yandex.ru

Рожкова Лидия Сергеевна, старший научный сотрудник лаборатории высотных зданий и сооружений отдела металлических конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство». Москва, Российская Федерация

Lidia S. Rozhkova, Senior Researcher, Laboratory of high-rise buildings and structures of Metal structures division, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction. Moscow. Russian Federation

sosnikova_lidia@mail.ru

Фарфель Михаил Иосифович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией отдела металлических конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», доцент кафедры металлических и деревянных конструкций ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ». Москва, Российская Федерация

Mikhail I. Farfel, Cand. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory of Reconstruction and monitoring unique of building and structures structures of Metal structures division, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Associate Professor of the Department of Metal and Wooden Structures of the NRU MGSU. Moscow Russian Federation farfelmi@yandex.ru.