

УДК 69.057.44

**Г. Р. РОЗЕНВАССЕР, С. В. УШАКОВ, А. С. ФЕДОТОВ, В. В. СКОРИК**

ООО «Донецкий ПромстройНИИпроект»

## **ОПЫТ МОНТАЖА СПЕЦИАЛЬНОГО МОСТОВОГО КРАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУЩЕСТВУЮЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КАРКАСА ЗДАНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Аннотация.** В статье отражены результаты обследования технического состояния стальных конструкций участка конверторного цеха металлургического предприятия; результаты поверочных расчетов существующих конструкций, с введением в расчет полученных при обследовании данных и приложением дополнительных нагрузок  $F = 30$  тс и  $F = 70$  тс. Приведены технические решения по устройству дополнительных строительных конструкций (монтажных), обеспечивающих возможность приложения нагрузок  $F = 30$  тс и  $F = 70$  тс на существующие строительные конструкции.

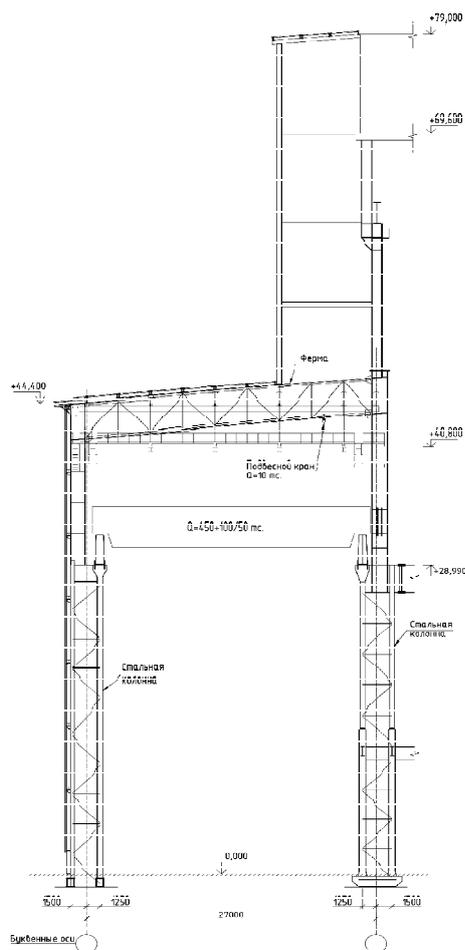
**Ключевые слова:** обследование технического состояния, поверочный расчет, методы монтажа, монтажные конструкции.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМ**

Основным подъёмно-транспортным оборудованием металлургических предприятий для транспортировки, заливки и разлива жидкого металла служат мостовые краны. Длительный период и интенсивность эксплуатации таких кранов приводит к накоплению дефектов и повреждений усталостного характера в основных стальных элементах. При проведении специализированной организацией обследования специального мостового крана грузоподъемностью  $Q = 450+100/50$  тс в конверторном цехе действующего металлургического предприятия (рис. 1) обнаружены дефекты и повреждения (отрицательный остаточный прогиб, скручивание главных балок, сквозные трещины в элементах усиления основного металла), которые привели к значительному износу двух пролетных стальных балок коробчатого сечения. Представленным заключением экспертизы, учитывающим и ранее проведенные реконструкции, установлено, что продолжение эксплуатации мостового крана невозможно. Техническим советом предприятия принято решение о полной замене мостового крана в конверторном цехе, рассмотрены принципиальные методы монтажа главных балок весом 70 т и балансирных тележек весом 30 т:

- одним или несколькими стреловыми самоходными кранами (автомобильными, гусеничными, железнодорожными или башенными) большой грузоподъемности в пространстве цеха;
- устройством специальной эстакады в торце цеха с подъемом элементов мостового крана стреловыми самоходными кранами;
- монтажными мачтами в пространстве цеха;
- специальными подъемными устройствами (монтажными балками, фермами с грузовыми полиспастами), используя существующие строительные конструкции каркаса цеха (стальные колонны и фермы пролетом 27 м).

Метод монтажа определен в пользу специальных подъемных устройств с применением существующих строительных конструкций, уточнены значения дополнительных нагрузок (вес основных элементов мостового крана), при консультации с авторами определены оптимальные точки приложения дополнительных нагрузок  $F = 30$  тс и  $F = 70$  тс (рис. 2).



**Рисунок 1** – Фрагмент поперечного разреза конверторного цеха металлургического предприятия.

В соответствии с поставленной задачей авторами разработана программа выполнения работ по обследованию технического состояния.

На основании результатов обследования разработана техническая документация на дополнительные строительные конструкции, которые обеспечивают возможность приложения сосредоточенных нагрузок в соответствии с схемами (рис. 2).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ

В конструктивном отношении конверторный цех в рассматриваемом пролете выполнен с несущим стальным каркасом. В плане участок цеха прямоугольной формы с размерами в осях 27×24 м, отметка верхнего пояса стропильных ферм +46,650. По стропильным фермам выполнена надстройка аэрационной шахты, высотой 32,35 м. Конструктивно пролет в поперечном сечении решен по рамно-связевой схеме (рассматриваемый пролет связан жестким ригелем с пристроенной этажеркой и смежным пролетом на отм. +29,000). Шаг рам в указанном пролете – 12,0 м. Продольная устойчивость каркаса обеспечена системой связей по колоннам и стропильным фермам. Пролет оборудован специальным заливочным краном  $Q = 450+100/50$  т, двумя кранами  $Q = 200$  т, и ремонтной кран-балкой  $Q = 10$  т в пространстве стропильных ферм. Колонны запроектированы ступенчатыми:

- нижний подкрановый участок (до отм. +27,350) – составной, в виде двух профилей соединенных решеткой. Наружная ветвь выполнена из сварного швеллера, внутренняя ветвь – из сварного двутавра. Решетка двухплоскостная из прокатных уголков. Для восприятия усилий действующих в горизонтальной плоскости решетчатая часть усилена диафрагмами. Решетчатая часть завершается траверсой. Подкрановая часть колонны переходит в базу, опирающуюся на ж/б фундамент;

## АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ доступных публикаций показывает отсутствие достаточного опыта использования существующих строительных конструкций здания при замене мостовых кранов в условиях действующего металлургического производства. Связано это с ограниченным количеством работ подобного характера и применением в большинстве подобных случаев одного или нескольких стреловых самоходных кранов большой грузоподъемности.

## ЦЕЛИ

На основании практического опыта подъема грузов весом 30 т и 70 т на высоту более 40 м в конверторном цехе металлургического предприятия сформулировать некоторые рекомендации по использованию существующих конструкций каркаса здания и технические решения пространственной конструкции для подъема и монтажа нового мостового крана.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Перед специалистами ООО «Донецкий Промстрой-НИИ-проект» задача по подъему грузов весом 30 т и 70 т в конверторном цехе металлургического предприятия поставлена в следующем виде:

- провести обследование технического состояния стальных колонн, ферм и связей по верхним и нижним поясам ферм в указанном пролете;
- выполнить поверочный расчет существующих конструкций, с введением в расчет полученных при обследовании данных и дополнительных нагрузок, возникающих при подъеме 30 т и 70 т;
- разработать техническую документацию по усилению ферм и колонн для возможности подъема 30 т и 70 т.

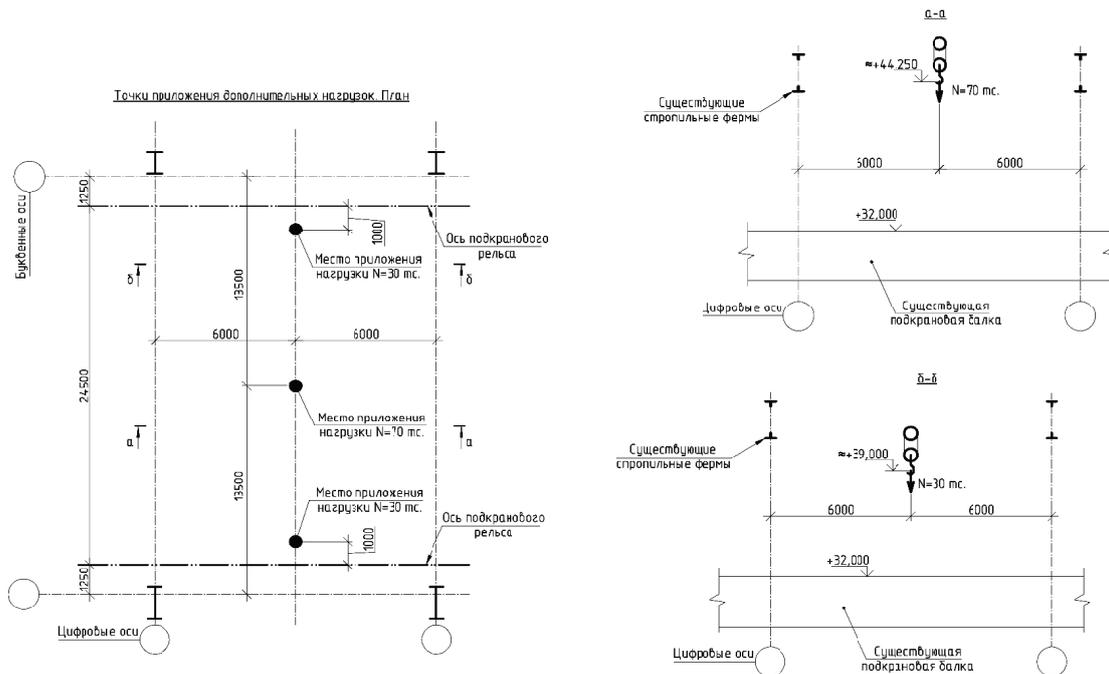


Рисунок 2 – Точки приложения дополнительных нагрузок  $F = 30$  тс и  $F = 70$  тс.

- верхний надкрановый участок (до отм. +79,000) – однопрофильный (из сварного двутавра), сплошностенчатый. В плоскости опорных ребер стропильных ферм расположены дополнительные ребра.

Стропильные фермы запроектированы с параллельными поясами, с уклоном 1:12, жестко сопряжены с колоннами. Решетка ферм – треугольная, стержни соединены в узлах фасонками. Высота фермы по обухам поясов – 3,5 м. Пролет фермы – 27,0 м, шаг – 12,0 м. Устойчивость верхнего пояса обеспечена приваркой прогонов щитов кровли к поясу. Связи по верхним и нижним поясам стропильных ферм выполнены из отдельных стержней в горизонтальной плоскости. Дополнительно устойчивость стропильных ферм вдоль пролета обеспечивают прогоны щитов кровли, плоские вертикальные фермы кран-балки  $Q = 10$  т. Материал конструкций – стали 10Г2С1 (соответствует стали С375 по ГОСТ 27772-88) и ВстЗсп5 (соответствует стали С255 по ГОСТ 27772-88);

При обследовании технического состояния стальных конструкций каркаса участка конверторного цеха выявлены следующие основные дефекты:

- разрушение антикоррозионного покрытия по элементам стропильных ферм, связей по нижним поясам ферм;
- коррозионные повреждения элементов связей по верхним поясам стропильных ферм, верхнего пояса стропильных ферм, конструктивных элементов щитов кровли (при количественной оценке коррозионные повреждения не превысили пределов отклонений на геометрические параметры стального проката);
- скопления технологической пыли на элементах конструкций (общий вес скоплений технологической пыли  $\approx 9,6$  т).

Из анализа количественных характеристик выявленных дефектов и повреждений видно, что существенного влияния на работоспособность и эксплуатационную пригодность конструкций они не оказывают.

Инструментальные измерения показали соответствие фактического общего геометрического положения, сечений стальных элементов и узлов строительных конструкций принятым в имеющейся проектной документации решениям. Кроме прочего, инструментальными измерениями не обнаружено отклонений от вертикали стальных колонн, прогибов либо наклонов стропильных ферм каркаса цеха.

При обследовании сварных швов установлено соответствие длин и катетов принятым в имеющейся проектной документации решениям.

Ограничение действия на рассматриваемый участок каркаса цеха нагрузок от мостовых кранов  $Q = 200$  тс и  $Q = 450+100/50$  тс позволило пренебречь детальным обследованием фундаментов и обойтись косвенным методом оценки их технического состояния.

Анализ результатов визуального и инструментального обследования указал на удовлетворительное техническое состояние [6] стальных колонн, ферм и связей по верхним и нижним поясам ферм в конвертерном цехе.

Следует отметить, что проведение детального обследования строительных конструкций, стропильных ферм с отметкой верхнего пояса +46,650, в частности, осуществлено авторами с применением специальных знаний и средств промышленного альпинизма.

#### *Результаты поверочных расчетов*

Задачей расчета являлась проверка несущей способности стальных колонн и стропильных ферм каркаса конвертерного цеха. Расчет выполнен с учетом выявленных дефектов и повреждений конструкций и фактических сечений элементов. Геометрические характеристики конструкций и их элементов приняты по результатам обмеров и имеющейся проектной документации. Расчет выполнен в программном комплексе «Лира 9.6». В качестве расчетной схемы принята пространственная модель участка конвертерного цеха (рис. 3).

Поверочный расчет на уточненные действующие нагрузки показал:

- запас прочности по первому предельному состоянию по стальным колоннам в среднем составляет 55 %;
- запас прочности по первому предельному состоянию по стальным стропильным фермам в среднем составляет 76 %;
- в целом по элементам строительных конструкций получены усилия меньше указанных в проекте.

Поверочный расчет на уточненные действующие нагрузки и дополнительные сосредоточенные  $F = 30$  тс показал запас прочности в конструкциях по первому предельному состоянию – 73 %.

Поверочный расчет на уточненные действующие нагрузки и дополнительные сосредоточенные  $F = 70$  тс показал запас прочности в конструкциях по первому предельному состоянию – 53 %.

Максимальные перемещения узлов стропильных ферм составили:

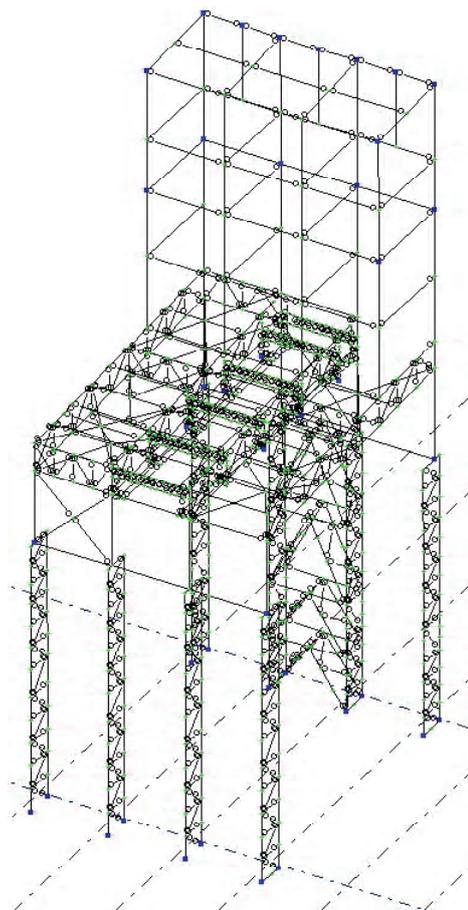
- от уточненных действующих нагрузок в вертикальной плоскости – 37 мм (в узлах по центру пролета нижнего пояса фермы);
- от совместного действия уточненных нагрузок и дополнительной сосредоточенной нагрузки  $F = 70$  тс в вертикальной плоскости – 62 мм (в узлах по центру пролета нижнего пояса фермы);
- от совместного действия уточненных нагрузок и дополнительной сосредоточенной нагрузки  $F = 30$  тс – 38 мм (в узлах по центру пролета нижнего пояса фермы).

Фактические перемещения во время приложения дополнительной сосредоточенной нагрузки  $F = 70$  тс составили 40 мм.

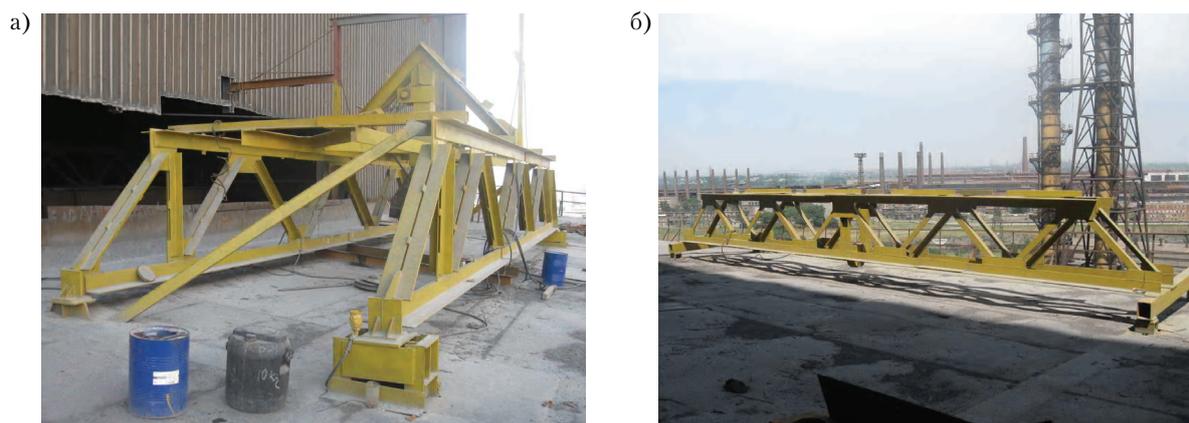
Анализ данных поверочных расчетов указывает на нормальное техническое состояние [6] стальных колонн, ферм и связей по верхним и нижним поясам ферм каркаса конвертерного цеха.

#### *Технические решения*

Учитывая монтажные характеристики крана (масса главной (продольной) балки; масса балансира механизма передвижения моста) и существующие условия конвертерного цеха (действующее металлургическое производство, значительная высота) в районе монтажа, подъем выполнен специальными устройствами с применением существующих строительных конструкций каркаса цеха (стальные колонны и фермы пролетом 27 м).



**Рисунок 3** – Расчетная пространственная модель участка конвертерного цеха.



**Рисунок 4** – Монтажные конструкции, установленные на существующие смежные стропильные фермы: а) монтажная ферма пролетом 3 м, установленная на две вспомогательные фермы пролетом 12 м (грузоподъемность 70 т); б) монтажная решетчатая балка пролетом 12 м установленная на две вспомогательные балки пролетом 3 м (грузоподъемность 30 т).

Для монтажа главных балок мостового крана весом 70 т использован подъемный полиспаст грузоподъемностью 100 т, увязанный за монтажную ферму пролетом 3 м, установленную на две вспомогательные фермы пролетом 12 м, которые в свою очередь установлены на две существующие смежные стропильные фермы (рис. 4а). Основная монтажная ферма запроектирована треугольной, вспомогательные фермы – четырехугольные с параллельными поясами, решетки ферм приняты треугольными. Фермы выполнены из стальных прокатных уголков. Узел подвеса подъемного полиспаста грузоподъемностью 100 т выполнен из двух стальных пластин  $t = 18$  мм, закрепленных к среднему подвесу основной монтажной фермы. В месте установки оси крепления полиспаста пластины  $t = 18$  мм усилены накладками с обеих сторон из стальных пластин  $t = 12$  мм. Опора основной монтажной фермы на вспомогательные выполнена через стальную пластину  $t = 18$  мм. Опорные столики вспомогательных ферм установлены в узлах решетки по верхнему поясу существующих стропильных ферм. Нагрузка на существующую ферму от опорных столиков передается через косынку. С целью уменьшить усилия в элементах вспомогательных ферм их опоры решены как шарнирно-неподвижные по оси одной существующей стропильной фермы и как шарнирно-подвижные по оси смежной фермы.

Для монтажа балансирных тележек весом 30 т использован подъемный полиспаст грузоподъемностью 60 т, увязанный за монтажную решетчатую балку пролетом 12 м. Монтажная балка установлена на две вспомогательные балки пролетом 3 м, которые в свою очередь установлены на две существующие смежные стропильные фермы (рис. 4б). Монтажная балка выполнена из стальных прокатных уголков, вспомогательные балки – из швеллеров № 24. Узел подвеса подъемного полиспаста грузоподъемностью 60 т выполнен из стальных швеллеров № 22.

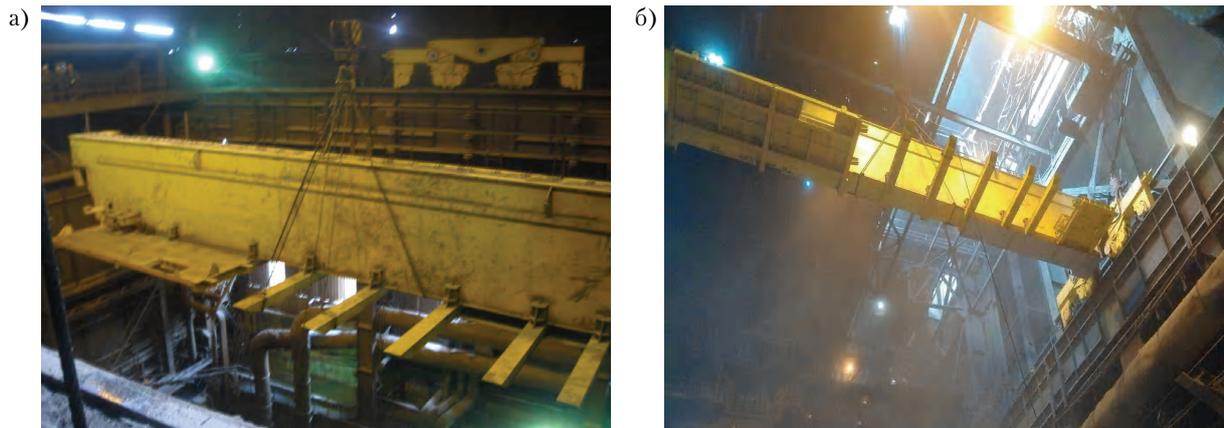
## ВЫВОДЫ

Примененный метод монтажа позволил выполнить подъем главных балок мостового крана весом 70 т без устройства дополнительных оттяжек и обеспечил разворот балки в горизонтальной плоскости (рис. 5).

Комплексный подход к детальному обследованию, поверочному расчету и конструированию монтажных конструкций позволил снизить трудоемкость и продолжительность, а следовательно, и стоимость монтажных работ специального мостового крана в конверторном цехе металлургического предприятия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никифоров, А. С. Монтаж и наладка подъемно-транспортного оборудования [Текст] / А. С. Никифоров. – М. : Металлургия, 1968. – 189 с.
2. Плахтин, В. Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин [Текст] / В. Д. Плахтин. – М. : Металлургия, 1983. – 415 с.



**Рисунок 5** – Монтаж главной балки мостового крана весом 70 т: а) подъем балки мостового крана (положение: вдоль конверторного цеха); б) монтаж главной балки на балансирные тележки.

3. Седуш, В. Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин [Текст] / В. Я. Седуш. – 3-е изд., перероб. и доп. – К.: УМК ВО, 1992. – 368 с.
4. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування [Текст]. – На заміну ДБН В.2.6-163:2010 у частині розділу 1 та ДСТУ Б В.2.6-194:2013; чинні від 2015-01-01. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 199 с.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.07-85; надано чинності 2007-01-01. – К.: Мінбуд України, 2006. – 61 с. – (Державні будівельні норми).
6. ДСТУ-Н Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються [Текст]. – На заміну ДБН 362-92; чинний від 2017-01-01. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 53 с.

Получено 15.09.2017

**Г. Р. РОЗЕНВАССЕР**, С. В. УШАКОВ, О. С. ФЕДОТОВ, В. В. СКОРИК  
ДОСВІД МОНТАЖУ СПЕЦІАЛЬНОГО МОСТОВОГО КРАНА З  
ВИКОРИСТАННЯМ ІСНУЮЧИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ КАРКАСА  
БУДІВЛІ В УМОВАХ ДІЮЧОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА  
ТОВ «Донецький ПромбудНДІпроект»

**Анотація.** У статті відображені результати обстеження технічного стану сталевих конструкцій ділянки конверторного цеху металургійного підприємства; результати перевірочних розрахунків існуючих конструкцій, з введенням в розрахунок отриманих при обстеженні даних і додатком додаткових навантажень  $F = 30$  тс і  $F = 70$  тс. Наведено технічні рішення з улаштування додаткових будівельних конструкцій (монтажних), що забезпечують можливість прикладання навантажень  $F = 30$  тс і  $F = 70$  тс на існуючі будівельні конструкції.

**Ключові слова:** обстеження технічного стану, перевірочний розрахунок, методи монтажу, монтажні конструкції.

**GRIGORY ROZENWASSER**, SERGEI USHAKOV, ALEXANDER FEDOTOV,  
VYACHESLAV SKORIK  
THE EXPERIENCE OF MOUNTING A SPECIAL BRIDGE CRANE USING  
EXISTING BUILDING STRUCTURES OF THE BUILDING FRAME UNDER THE  
CONDITIONS OF THE EXISTING METALLURGICAL PRODUCTION  
LLC «Donetsk Promstroyniiproekt»

**Abstract.** The article gives the results of a survey of the technical condition of steel structures of the section of the converter shop of a metallurgical enterprise; the results of verification calculations of existing structures, with the introduction into calculation of the data obtained during the survey and the application of additional loads  $F = 30$  ts and  $F = 70$  ts. Technical solutions for the construction of additional building

structures (mounting) have been given, which provide the possibility of applying loads  $F = 30$  ts and  $F = 70$  ts to existing building structures.

**Key words:** inspection of technical condition, verification calculation, installation methods, installation structures.

**Розенвассер Григорій Рувинович** – доктор філософії, к. т. н., дійсний член Академії Стrojительства України, завідувач відділом НІО-2 ООО «Донецький ПромстройНІІПроект». Научні інтереси: механіка підземних споруд, будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах; розрахунки, обстеження будівель та споруд; випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Ушаков Сергій Валерійович** – заступник завідувача відділом НІО-2 ООО «Донецький ПромстройНІІПроект». Научні інтереси: будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах; розрахунки, обстеження будівель та споруд; випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Федотов Олександр Сергійович** – провідний інженер НІО-2 ООО «Донецький ПромстройНІІПроект». Научні інтереси: розрахунки, обстеження будівель та споруд; випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Скорик Вячеслав Вікторович** – провідний інженер НІО-2 ООО «Донецький ПромстройНІІПроект». Научні інтереси: будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах; розрахунки, обстеження будівель та споруд.

**Розенвассер Григорій Рувінович** – доктор філософії, к. т. н., дійсний член Академії Будівництва України, завідувач відділу НДВ-2 ТОВ «Донецький ПромбудНДІПроект». Наукові інтереси: механіка підземних споруд, будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах, розрахунки, обстеження будівель та споруд, випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Ушаков Сергій Валерійович** – заступник завідувача відділом НДВ-2 ТОВ «Донецький ПромбудНДІПроект». Наукові інтереси: будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах; розрахунки, обстеження будівель та споруд; випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Федотов Олександр Сергійович** – провідний інженер НДВ-2 ТОВ «Донецький ПромбудНДІПроект». Наукові інтереси: розрахунки, обстеження будівель та споруд; випробування будівельних конструкцій; науковий супровід та моніторинг будівель та споруд.

**Скорик Вячеслав Вікторович** – провідний інженер НДВ-2 ТОВ «Донецький ПромбудНДІПроект». Наукові інтереси: будівельні конструкції будівель та споруд в складних геотехнічних умовах; розрахунки, обстеження будівель та споруд.

**Rozenwasser Grigorij** – D.Sc. (Philosophy), Ph.D. (Eng.), full member of the Academy of Construction of Ukraine, the head of the SRD-2 «Donetsk Promstroyiiiproekt» Department. Scientific interests: mechanics of underground structures, building constructions of buildings and structures in difficult geotechnical conditions; calculations, surveys of buildings and structures; testing of building structures; scientific support and monitoring of buildings and structures.

**Ushakov Sergei** – deputy of the head of the SRD-2 «Donetsk Promstroyiiiproekt» Department. Scientific interests: building constructions of buildings and structures in difficult geotechnical conditions; calculations, surveys of buildings and structures; testing of building structures; scientific support and monitoring of buildings and structures.

**Fedotov Alexander** – leading engineer of SRD-2 «Donetsk Promstroyiiiproekt». Scientific interests: calculations, surveys of buildings and structures; testing of building structures; scientific support and monitoring of buildings and structures.

**Skorik Vyacheslav** – leading engineer of SRD-2 «Donetsk Promstroyiiiproekt». Scientific interests: building constructions of buildings and structures in difficult geotechnical conditions; calculations, surveys of buildings and structures.