

©Слободяник В.А.

## **О ПРАКТИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КРАНОВ МОСТОВОГО ТИПА**

### **1. Постановка проблемы**

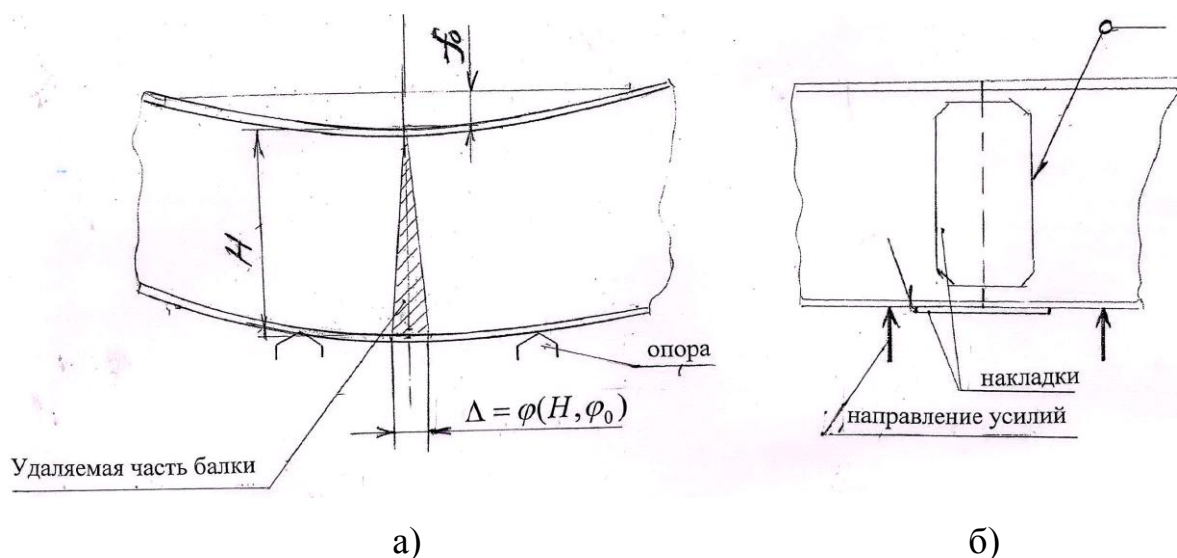
Настоящая ситуация в украинской экономике характеризуется стагнациями и кризисами, не позволяющие сосредотачивать свои усилия на производстве кранов мирового уровня качества. Проблемой номер один становится проблема сохранения в рабочем состоянии действующего парка кранов или другими словами – продлении срока службы их безопасной эксплуатации. Как известно, срок службы определяется состоянием металлоконструкции кранов [1–3]. А потому и встает главный вопрос – как усилить металлоконструкцию, прежде всего пролетных балок, самым эффективным методом.

### **2. Анализ последних достижений**

Усиление металлоконструкции требуется в следующих случаях:

- 1) повышение грузоподъемности крана;
- 2) увеличение жесткости пролетных балок (при появлении остаточных прогибов);
- 3) снижение действующих напряжений в элементах конструкции ( в связи с усталостью металла в результате превышения расчетного числа циклов эксплуатации). Традиционный метод усиления – увеличение площади сечения пролетных балок, при единичном применении применяется с успехом ввиду того, что недостатки метода (демонтаж, трудоемкость сварочных работ, последующий монтаж и пусконаладочные работы) составляют незначительный

процент затрат в себестоимости продукции предприятия. Другое дело – когда решение проблемы принимает серийный или массовый характер. И дело к этому идёт – так по последним статистическим данным более 95% кранов отработали свой нормативный (по календарным годам) срок службы. Их замена на новые краны по финансовым возможностям преобладающего числа предприятий откладывается «в долгий ящик». Поэтому предпринимаются попытки усиления пролетных балок без их демонтажа. Например, для устранения сверхнормативного остаточного прогиба. Для этого осуществляют вырез сектора балки, затем выжимают балку до устранения прогиба, а затем проводят сварочные работы (рис. 1).



**Рис. 1** – Способ усиления пролетных балок

Недостатки метода, за исключением необходимости в демонтаже крана, очевидны: трудоемкость, вызванная необходимостью проведения работ на высоте (сложность обеспечения качества сварочных работ, имеется в виду то, что они проводятся в зоне максимальных напряжений, которые испытывает металлоконструкция – середина балки, несмотря на наложение накладок в месте разреза).

### 3. Цель статьи

Показать эффективность метода предварительного напряжения на примере его применения при устранении прогиба подтележечных рельсов мостового крана.

В 1994 году была проведена реконструкция магнитно-грейферного крана грузоподъемностью 5/5 т пролетом 20 м (завод-изготовитель – ПО «Подъемник»). В процессе эксплуатации крана его балки имели следующие прогибы – 100 мм (сторона механизмов) и 96 мм (сторона токоподвода) при расчетных 44 мм и допустимых 70 мм. В результате – грузовая тележка не доезжала до упора 2,5 м. Эксплуатация крана, проработавшего 6 лет, стала невозможной. К такой ситуации привели следующие решения технических служб предприятия-владельца крана:

1) замена грузовой тележки со съёмным грузозахватным органом (грейфер и магнит) на тележку с грейферным и магнитным механизмами. В результате – масса тележки по сравнению с расчетной увеличилась в 2,36 раза;

2) несоблюдение технологии сварочных работ при усилении верхнего пояса (не были установлены опоры под пролетные балки для устранения воздействия собственного веса балки), в результате – значительные прогибы балок. Применение вышеприведенных схем усиления было невозможным ввиду того, что кран находился в шихтовом пролете литейного цеха, один в пролете, т.е. остановка на продолжительное время была невозможной из-за участия крана в технологическом цикле производства.

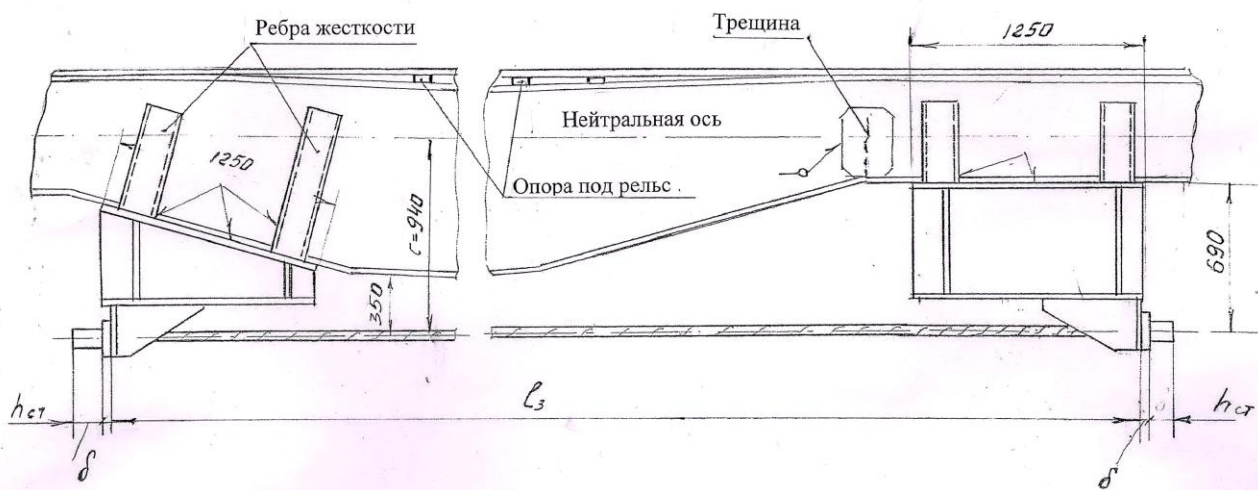
Решение было найдено – применение метода предварительного напряжения, который на действующих мостовых кранах не использовался ввиду больших сомнений в его эффективности. Однако, предварительные расчеты, а затем и проектные разработки показали, что положительных моментов намного больше, чем сомнительных. К «плюсам» относятся:

- 1) усиление производится без демонтажа крана;
- 2) и без остановки крана в технологическом цикле производства;

3) уровень усиления в течение эксплуатации может изменяться в сторону увеличения;

4) экономическая эффективность реконструкции.

Схема усиления приведена на рис. 2. У нижних поясов пролетных балок устанавливались с помощью сварки опорные кронштейны таким образом, чтобы длина канатных затяжек приближалась к величине пролета крана, т.е. зона усиления металлоконструкции была как можно большей. Натяжной механизм (пара «болт-гайка» и опорная пластина) находились только на одном из кронштейнов (в случае необходимости была возможность установить и на втором). Затяжки (по две нити на каждую балку) представляли собой стальной канат диаметром 30,0 мм (ГОСТ 7669-80 – со стальным сердечником), концы которого заделывались в конусные муфты и заливались цинком.



**Рис. 2** – Схема усиления балок методом предварительного напряжения

Монтаж и установку четырех опорных кронштейнов проводила бригада из трех человек следующим образом: в настиле площадки крана вырезалось отверстие для пропуска стропов в обхват балки. Затем посредством монтажных петель опорных кронштейнов, последние с помощью монтажных лебедок грузоподъемностью 3 т поднимались к нижнему поясу и прихватывались к нему. Окончательное закрепление проводилось после приведения в требуемый контакт нижнего листа пролетной балки и верхнего – опорного кронштейна.

Монтаж канатных затяжек также производился с помощью монтажной лебедки и системы блоков.

Поскольку вопрос релаксации канатных затяжек был одним из основных в перечне вопросов, которые вызывали сомнения в эффективности метода предварительного напряжения решать задачи усиления конструкций, то перед установкой канатов были проведены испытания по определению начального « $E_0$ » и статического « $E_{ст}$ » модулей упругости. В итоге их значения составили:  $0,78 \cdot 10^5$  МПа и  $0,95 \cdot 10^5$  МПа соответственно, что в дальнейшем использовалось для корректировки значений усилия самонатяжения канатов, которое составило примерно 10% от создаваемого в процессе монтажа усилия натяжения каната [4]. Также были протарированы приборы, определяющие усилия в канатах (требовалось как при создании усилий в канатах в соответствии с расчетными значениями, так и для последующего контроля их релаксации). В качестве приборов использовались индикаторы часового типа ИЧ10П.

В соответствии с расчетами, в каждой нитке каната были созданы усилия, равные 1800 кг, что позволило на треть разгрузить балки от действующих ранее в них напряжений (рис. 3).



**Рис. 3** – Канатные затяжки

Поскольку на момент реконструкции верхний лист коробчатого сечения толщиной 6 мм был усилен по всей длине листом толщиной 10мм то величина выгиба балки от усилия предварительного напряжения, направленного в сторону, противоположную действию полезной нагрузки, оказалась

незначительной – всего 3 мм. Поэтому главный эффект усиления заключался в разгрузке балки, позволившем проводить сварочные работы по выставке подтележечного рельса на опорные детали таким образом, что обеспечило эксплуатацию грузовой тележки в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» (рис. 4).



**Рис. 4** – Выставка подтележечного рельса на опорные детали

Такое решение стало возможным после проведения статических испытаний крана, в результате которых металлоконструкция деформированной балки работала в упругой зоне деформаций. Как показал дальнейший 17-и летний опыт эксплуатации указанного крана проведенное усиление металлоконструкции позволило успешно эксплуатировать мостовой кран вплоть до его списания в связи с ликвидацией цеха (2011 г.). В процессе эксплуатации производились периодические работы по восстановлению расчетных усилий в затяжке в связи с их (канатов) вытягиванием. Восстановление в связи с релаксацией напряжения в канате производилось через 3 дня после ввода в эксплуатацию, затем через неделю, месяц, 3 месяца, дважды во время проведения и по истечении 2-х лет эксплуатации канат вытянулся до своих пределов и дальнейшей релаксации не наблюдалось. Время релаксации на практике меньше расчетного, определенного по формуле [4]:

$$T_p = Z_p / 24 \text{ mn}_{\text{см}},$$

Где  $Z_p = \exp 1,8 \ln 8 \cdot 10^{-4} E_{к.в.} [Рел]$  – расчетное число циклов по истечении которого будет достигнута предельная релаксация;

Здесь  $[Рел] = 8-12 \%$  – допустимое снижение усилий в канате;

$E_{к.в.} = 1,2 \cdot 10^5$  МПа – модуль упругости вытянутого каната;

$m = 1$  – число смен работы крана;

$n_{см} = 150$  – число циклов работы крана за смену.

Подставив значения в формулы получим значение  $T_p = 2,5$  года, при эксплуатации (фактически) – 2 года.

### **Выводы**

Затраты на указанную реконструкцию составили 20 % от стоимости приобретения нового крана, демонтажа деформированного, последующего монтажа нового, его пуска-наладки и испытаниям. Именно значительная экономия при применении метода предварительного напряжения в теперешней тяжелой экономической ситуации позволяет рекомендовать его применение как альтернативу покупки нового крана, цена которого не по карману большинству предприятий Украины.

### **Список использованных источников:**

1. ГОСТ 27584-88. Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия. - Введ. 1990-01-01. - М. : Изд-во стандартов, 2003. - 16 с.

2. Справочник по кранам [Текст] : в 2 т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций / В. И. Брауде, М. М. Гохберг, И. Е. Звягин [и др.] ; под. общ. ред. М. М. Гохберга. - М. : Машиностроение, 1988. - 536 с.

3. Ковальский Б. С. Некоторые проблемы украинского краностроения / Б. С. Ковальский, В. А. Слободяник, В. Н. Иванов. – Х., 1994. – Деп. в УкрНИИТИ 03.10.94, № 1894-Ук-94.

4. Слободяник В. А. Расчет релаксационной стойкости стальных канатов при циклических нагрузках / В. А. Слободяник, Б. С. Ковальский // Проблемы

повышения качества и надежности стальных канатов : тез. докл. Укр. респ. науч.-техн. конф. – Днепропетровск, 1991. – С. 29–31.

**Слободяник В.А.** «О практике применения предварительного напряжения при восстановлении работоспособности кранов мостового типа».

В статье идет речь о методе предварительного напряжения на примере его применения при устранении прогиба подтележечных рельсов мостового крана.

**Ключевые слова:** предварительное напряжение, мостовой кран, прогиб, деформация, работоспособность.

**Слободяник В.О.** «Про практику застосування попереднього напруження при відновленні роботоздатності кранів мостового типу».

В статті йде мова про метод попереднього напруження на прикладі його застосування при усуненні прогину підвізкових рейок мостового крана.

**Ключові слова:** попереднє напруження, мостовий кран, прогин, деформація, роботоздатність.

**Slobodianyuk V.A.** “About practice of application of prestress by reworking the operability of overhead type cranes”.

In the article the method of prestress for an example of its application by removing deflection of the trolleyways of overhead crane is considered.

**Key words:** prestress, overhead crane, deflection, deformation, operability.

Стаття надійшла до редакції 29 листопада 2012 р.