

## ЭФФЕКТИВНАЯ МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ПОДКРАНОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ

<sup>1</sup>Нежданов К.К., <sup>1</sup>Кузьмишкин А.А., <sup>1</sup>Гарькин И.Н.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия (440028, Пенза, ул. Германа Титова, 28 ), e-mail: igor\_garkin@mail.ru

В статье приводится описание новой эффективной металлической подкрановой конструкции, разработанной в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства. Статья написана на основе патента РФ. В предлагаемой конструкции верхний пояс замкнутый, состоящий из двух отсеков. Момент инерции на кручение такого пояса в несколько десятков раз больше, чем у плоского листа, поэтому происходит пропорциональное снижение напряжений и повышение выносливости. Приводится детальное описание производства и работы новой конструкции. Анализ результатов, полученных в ходе научной работы, может найти применение при реконструкции старых и проектировании новых промышленных предприятий. Применение данного вида конструкций существенно повысит выносливость и долговечность подкрановых балок, что особенно актуально для предприятий, использующих краны большой грузоподъемности тяжелого режима работы 7К, 8К.

Ключевые слова: подкрановая конструкция, мостовые краны, подкрановые балки, циклические нагружения, усталостные трещины, динамические воздействия

## EFFECTIVE METAL PODKRANOVYH DESIGNS

<sup>1</sup>Nezhdanov K.K., <sup>1</sup>Kuzmishkin A.A., <sup>1</sup>Garkin I.N.

<sup>1</sup>Penza State University of Architecture and Construction», Penza, Russia (440028, Penza, Germana Titova st., 28), e-mail: igor\_garkin@mail.ru

The article provides a new, efficient steel crane structures developed in the Penza State University of Architecture and Construction. This article was written based on the patent. The proposed design of the upper closed belt consisting of two compartments. The moment of inertia of the torsion of the belt of several tens of times larger than that of a flat sheet, however is proportional to the stress reduction and increase endurance. A detailed description of the production and operation of the new design. Analysis of the results obtained during the research, can be used in the reconstruction of the old and the design of new industrial enterprises. The use of this type of construction will significantly increase the endurance and durability of crane girders, which is particularly important for businesses using cranes, heavy-duty heavy duty 7K, 8K.

Keywords: crane structures, overhead cranes, crane girders, cyclic loading, fatigue cracks, dynamic effects

Разработка эффективных стальных подкрановых конструкций для реконструкции и строительства сооружений тяжелого режима работы в настоящее время является актуальной задачей [9]. Подкрановая балка содержит стенку, опорные ребра жесткости пояса и рельс. Верхний пояс замкнутого контура выполнен в виде горизонтального листа и двух гнутых накладок с взаимно перпендикулярными концевыми участками для крепления соответственно к стенке и поясам балки и переходным участком, соединяющим концевые. Рельс прикреплен к верхнему поясу посредством двусторонних гнутых амортизаторов. Переходный участок накладки выполнен криволинейным профилем S-образной формы, а стенка заведена в замкнутый контур верхнего пояса до упора в последний с разделением замкнутого контура на два отсека. Крепление концевых участков к поясу и стенке выполнено высокоресурсными фрикционными соединениями.

Имеется ряд разработок металлических двутавровых подкрановых балок [1, 3, 4, 5, 7]. К примеру, балка, содержащая вертикальную стенку и горизонтальные пояса, причем между

верхним поясом и стенкой расположены две симметричные относительно последней накладке ломаного сечения, образующие с листом верхнего пояса замкнутый треугольный в сечении контур. Опорные же ребра приварены к поясам, стенке и накладкам. Подкрановые балки должны быть не только прочны, но и выносливы. На верхнюю зону балки передаются через рельс локальные сосредоточенные динамические воздействия:

$P_{loc}$  — вертикальное, с эксцентриситетом  $e$ ;

$T_{loc}$  — горизонтальное, приложенное к головке рельса с эксцентриситетом, равным высоте рельса  $h_p$ ;

$M_{loc}^{kp} = P_{loc} \cdot e + T_{loc} \cdot h_p$  — крутящий момент, вызывающий усталостные разрушения и выводящий балку из эксплуатации.

Однако у описанной выше подкрановой балки мала выносливость сварного соединения опорного ребра с ломаными в сечении накладками, поскольку у верхнего конца сварного шва в зоне интенсивного воздействия  $P_{loc}$ ,  $T_{loc}$ ,  $M_{loc}^{kp}$  эффективные коэффициенты концентрации напряжений достигают четырех единиц ( $K_{эф} \approx 4$ ). Одновременное применение сварных и болтовых соединений недопустимо, ведь в сварных соединениях эффективные коэффициенты концентрации напряжений в несколько раз выше, а технический ресурс ниже. Мала выносливость и ломаных в сечении накладок, так как при малых радиусах кривизны в зонах изгиба  $K_{эф} = 2 - 2,5$ .

Верхний пояс балки под рельсом при каждом прокатывании колес работает на местный изгиб, и в этой зоне также возможно появление усталостных трещин.

Для выполнения задачи повышения выносливости и несущей способности подкрановой балки необходимо выполнение переходного участка накладки криволинейным S-образной формы, причем стенка заведена в замкнутый контур верхнего пояса до упора в последний с разделением замкнутого контура на два отсека и подкреплена отогнутыми вверх концевыми участками накладок, а крепление последних к стенке и поясу выполнено высокоресурсным и фрикционным соединением. Лист тормозной балки расположен между рельсом и верхним поясом и соединен с последним этими же болтами.

Несущая способность и выносливость подкрановой балки повышаются и за счет амортизаторов, прикрепляющих рельс к балке, непрерывных по всей длине последней, с участком, примыкающим к шейке рельса и повторяющим ее форму. Они соединены между собой посредством болтов, проходящих через шейку рельса, прикрепленных к горизонтальному листу верхнего пояса высокоресурсными болтами.

Опорные же ребра балки выполнены из прокатных профилей (уголков или тавров), снабженных по концам фланцами, обеспечивающими их соединение с верхним и нижним поясом, причем ребра отогнуты в плоскости, перпендикулярной к стенке, установлены с зазором между накладками и верхней частью стенки, плотно примыкают и соединены с нижней ее частью посредством высокопрочных фрикционных болтов.

На рисунке 1 показана металлическая (стальная) подкрановая балка, общий вид; на рисунке 2 – разрез; на рисунке 3 – опорное ребро.

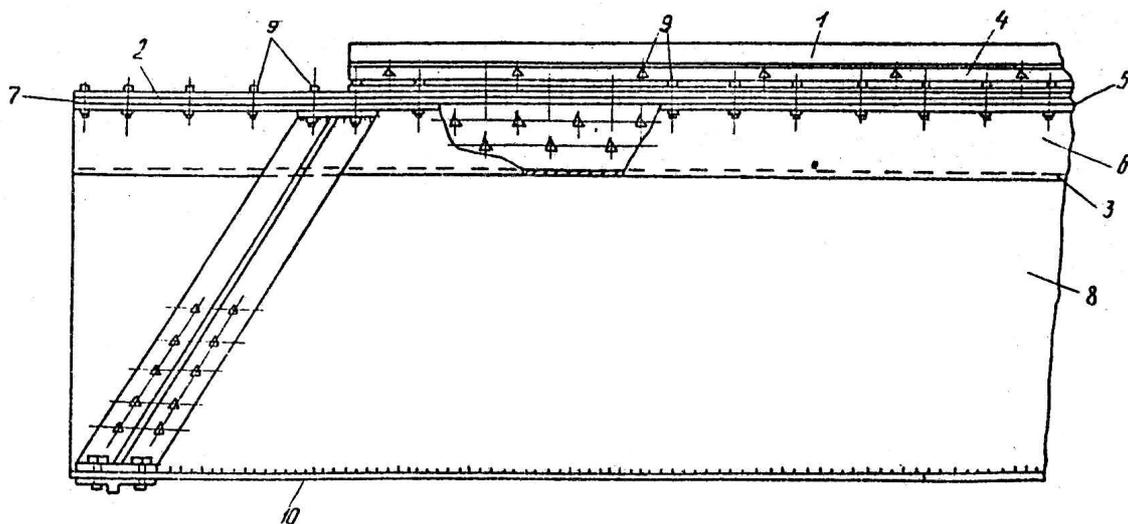


Рис. 1 Улучшенная металлическая подкрановая балка (общий вид)

Подкрановая балка состоит из рельса 1, тормозной балки 2 и подкрановой балки 3. Рельс 1 и подкрановая балка 3 соединены между собой амортизаторами 4, а тормозная балка 2 зажата между ними, верхний пояс 5 подкрановой балки состоит из двух гнутых деталей 6 и листа 7. Вертикальная стенка 8 доведена до упора своим торцом в лист 7 и делит замкнутый контур на два отсека. Гнутая деталь 6 содержит вертикальный участок «а» и горизонтальный участок «в», соединенные между собой S-образным участком «S». Симметричные участки «а» накладок 6 подкрепляют стенку с двух сторон и соединены с ней высокопрочными болтами или шпильками 9, а горизонтальные участки «в» плотно примыкают к листу 7 снизу и соединены с ним высокопрочными болтами 9. Нижний пояс 10 соединяется со стенкой 8, как в обычной балке. Амортизатор 4 имеет участок «С», копирующий форму шейки рельса, а участок «d» плотно примыкает к балке сверху. Амортизация обеспечивается за счет гофра.

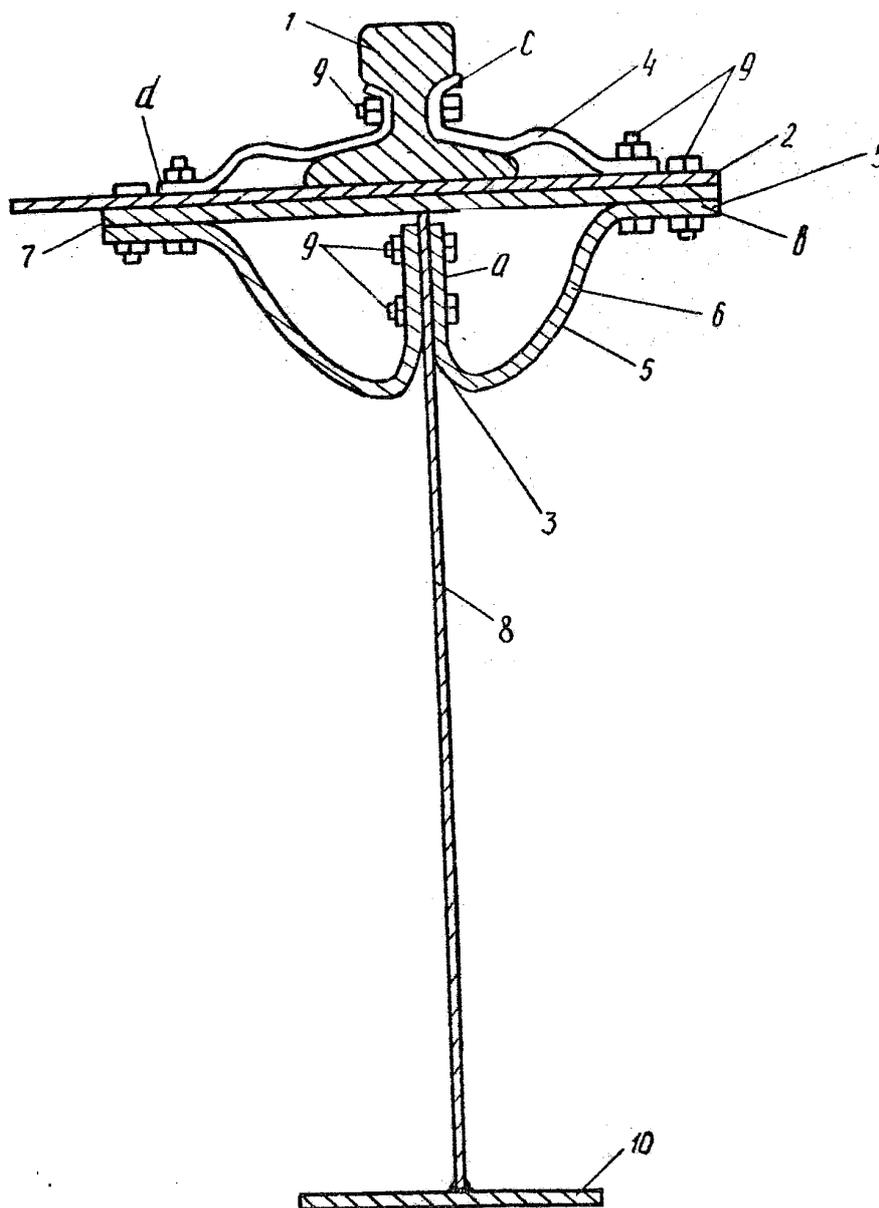


Рис. 2 Разрез

Металлическая подкрановая конструкция работает следующим образом. При воздействии на рельс 1 сосредоточенной силы  $P_{loc}$ , передающейся от колеса крана, она воспринимается рельсом и распределяется на верхний пояс балки. Замкнутый контур 5 передает эти локальные воздействия двумя путями: на торец стенки и через болтовое соединение на верхнюю часть стенки 8. Рационально распределить передачу усилия по одному и другому пути поровну. В этом случае локальные напряжения в верхней части стенки при центральном положении  $P_{loc}$  снизятся в 2 раза. Регулирование передачи усилия  $P_{loc}$  по одному или другому пути осуществляется за счет гофрирования стенки балки, чем изменяется ее вертикальная податливость. Так как верхний поясной шов отсутствует, то эффективный коэффициент концентрации снижен до своего минимума, т.е.  $K_{эф} = 1$ . В балке (прототипе) с непроваром в поясном шве  $K_{эф} = 4$ , т.е. произошло снижение эффективного

коэффициента концентрации в 4 раза. Таким образом, произошло снижение напряжений в 8 раз.

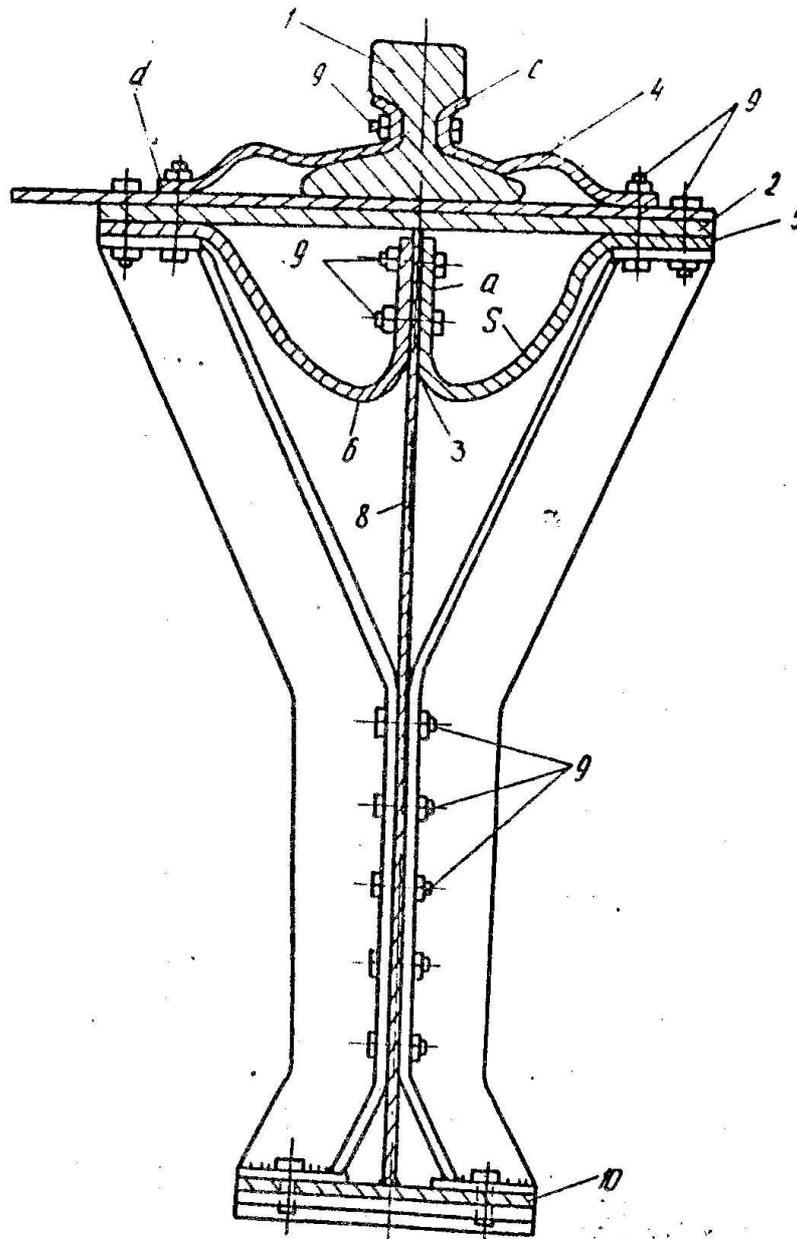


Рис. 3 Опорное ребро

При воздействии на верхний пояс предлагаемой подкрановой балки сосредоточенного локального момента:

$$M_{loc}^{kp} = P_{loc} \cdot e + T_{loc} \cdot h_p,$$

где  $e$  – эксцентриситет вертикальной силы, а  $h_p$  — высота рельса.

Верхний пояс закручивается, и в стенке балки возникают локальные напряжения  $\pm \sigma_{yloc}^{kp}$ , которые суммируются с напряжениями  $\sigma_{yloc}$  при центральном приложении силы  $P_{loc}$ .

$$\Sigma \sigma_{yloc} = \sigma_{yloc} \pm \sigma_{yloc}^{kp}$$

Величина напряжений  $\sigma_{yloc}^{kp}$  в первую очередь зависит от момента инерции верхнего пояса балки на кручение  $I_{пояса}^{kp}$ .

В предлагаемой конструкции верхний пояс замкнутый, состоящий из двух отсеков. Момент инерции на кручение такого пояса в несколько десятков раз больше, чем у плоского листа, поэтому происходит пропорциональное снижение напряжений и повышение выносливости. Следовательно, произойдет качественное изменение работы подкрановой балки.

В результате предлагаемой конструкции подкранового пути возникает сверхсуммарный эффект, так как обычная подкрановая балка работает в зоне ограниченной выносливости, а предлагаемая — в зоне неограниченной выносливости.

Балка изготавливается на традиционном оборудовании заводов металлических конструкций. Заготовки из листового металла режутся гильотиной. В заготовках деталей верхнего пояса предварительно пуансоном продавливаются отверстия, в сборке производится рассверловка отверстий на необходимый диаметр, затем производится гибка на листогибочном станке.

Первоначально производится сварка нижнего пояса со стенкой балки, затем в специальном стане производится соединение деталей верхнего пояса со стенкой балки и с тормозной балкой.

Рельс 1 первоначально соединяют высокопрочными болтами 9 с амортизаторами 4, а затем совмещают продольные оси рельса и балки и соединяют их между собой высокопрочными фрикционными болтами 9.

Таким образом, рельс 1 и амортизаторы 4 объединены с балкой 3 в единое целое. Возрастают момент инерции всего сечения балки  $I_x$  и момент сопротивления  $W_x$ , и соответственно снижаются напряжения при изгибе балки. Одновременно возрастают моменты инерции и моменты сопротивления верхнего пояса при локальном изгибе и кручении. Локальные напряжения снижаются ниже предела выносливости, и балка переходит из зоны ограниченной в зону *неограниченной* выносливости, что обеспечивает надежную работу в течение более минимального срока интенсивной эксплуатации (10 лет). Использование данной конструкции существенно повысит безопасность эксплуатации кранового хозяйства на предприятиях тяжелой промышленности.

### Список литературы

1. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Способ проката двутаврового профиля сечения из низколегированной стали // Строительная механика и расчёт сооружений. № 4. — 2011. С. 51–55. М., ЦНИСК им. Курчереико.
2. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Восстановление работоспособности сварных подкрановых балок// Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18379> (дата обращения: 08.04.2015).
3. Нежданов К.К., Железняков Л.А., Гарькин И.Н. Эффективный способ проката уголкового профиля // Строительная механика и расчет сооружений. № 1. — 2014. С. 71–75. М. ЦНИСК им. Курчереико
4. Нежданов К.К., Лаштанкин А.С., Гарькин И.Н Сборные подкрановые балки из прокатных профилей // Строительная механика и расчет сооружений. № 3. — 2013. С. 69–75. М. ЦНИСК им. Курчереико
5. Нежданов К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н. Применение двухстенчатых подкрановых балок с амортизирующим эффектом // Региональная архитектура и строительство. – 2013.– № 3. С. 91–94.
6. Нежданов К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н. Применение толстостенных двутавровых крановых рельсов // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 3. С. 79–84
7. Нежданов К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н., Курткееов Д.Х. Быстро сооружаемая подкрановая балка с высоким техническим ресурсом эксплуатации // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13115> (дата обращения: 16.05.2014).
8. Нежданов К.Н., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н. Предотвращение усталостных трещин в узле соединения рельса с подкрановой балкой // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18215> (дата обращения: 01.04.2015).
9. Нежданов К.К., Нежданов А.К. Металлическая подкрановая конструкция Неждановых// Авторское свидетельство СССР SU 1791340 от 30.01.1993 г.

**Рецензенты:**

Ласьков Н.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза;

Бакушев С.В., д.т.н., профессор каф. «Механика», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза.