

УДК 69.059.032

**КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДОЛГОВЕЧНОЙ
ПОДКРАНОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**

Нежданов Кирилл Константинович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные конструкции».

Гарькин Игорь Николаевич,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

*доцент кафедры «Управление качеством и технология строительного
производства»,*

Аннотация

На основе расчетов доказываются преимущества использования подкрановых конструкций эллиптического профиля. Дается пример расчета подкрановой балки эллиптического профиля.

Ключевые слова: подкрановые конструкции, эллиптический профиль, строительные конструкции, выносливость, долговечность, технический ресурс.

**DESIGN AND CALCULATION OF A LONG-TERM CRANE DESIGN OF
THE ELLIPTIC PROFILE**

Nezhdanov Kirill Konstantinovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Doctor of Sciences, Professor of the Department "Building constructions".

Garkin Igor Nikolaevich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

*Associate Professor of the department "Quality management and construction
technologies".*

Abstract

Based on the calculations, the advantages of using crane structures of an elliptical profile are proved. An example of calculating a crane beam of an elliptical profile is given.

Keywords: crane structures, elliptical profile, building structures, endurance, durability, technical resource.

Необходимость разработки более выносливых подкрановых конструкций подтверждается как теоретическими [1], так и эмпирическими исследованиями [2,3]. Для решения данной задачи были разработаны ряд профилей с улучшенными (по сравнению со стандартными) характеристиками. Рассмотрим вариант долговечной подкрановой балки эллиптического профиля.

Долговечную подкрановую балку выполняем с применением двух видов профилей: эллиптического (в нижней части) и прокатного колонного двутавра (в верхней части). Площади сечений профилей примем на основании распределения площадей обычной подкрановой балки. Определяем геометрические характеристики сечения балки (рис.1):

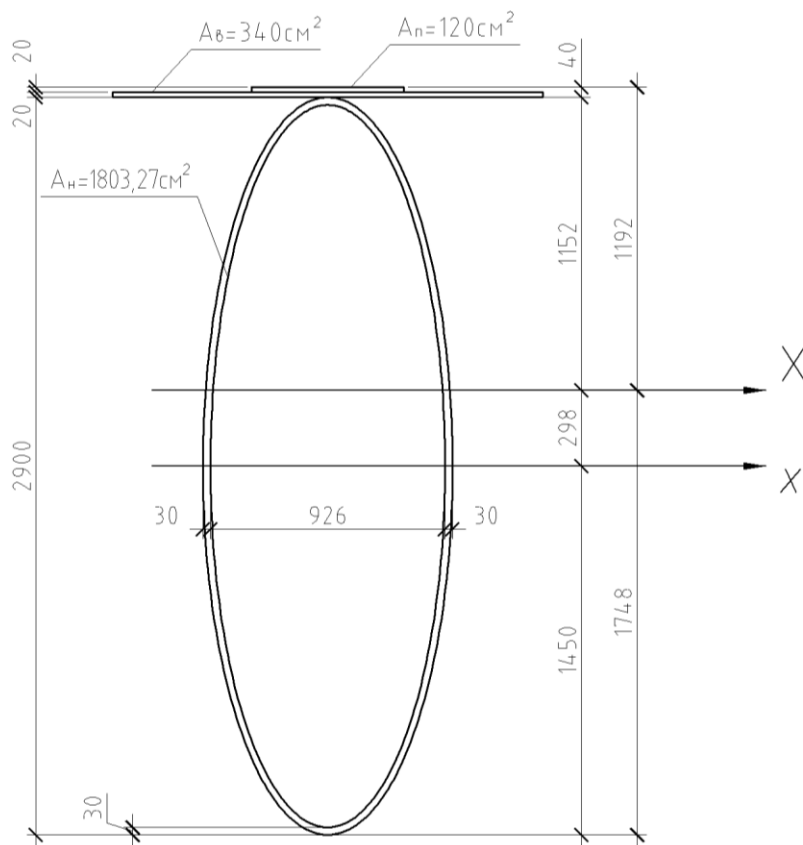


Рисунок 1 - Сечение долговечной подкрановой балки

1. Ордината центра тяжести всего сечения относительно центра тяжести нижнего пояса балки (эллипса):

$$y_c = \frac{\sum S}{\sum A} = \frac{A_в y_в + A_n y_n}{\sum A} = \frac{340 \cdot (1+145) + 120 \cdot (3+145)}{340 + 120 + 1803,27} = 29,78 \text{ см.}$$

2. Момент инерции сечения относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения (главная центральная):

$$I_x = I_в + I_n + I_n + A_в y_в^2 + A_n y_n^2 + A_n y_n^2 = \frac{170 \cdot 2^3}{12} + \frac{60 \cdot 2^3}{12} + \frac{3 \cdot 1803,27}{16} \left(2 \cdot 143,5^2 + \frac{5}{6} \cdot 3^2 \right) + 340 \cdot 116,22^2 + 120 \cdot 118,22^2 + 1803,27 \cdot 29,78^2 = 21796462 \text{ см}^4$$

3. Момент сопротивления нижнего пояса:

$$W_{xH} = \frac{I_x}{d} = \frac{21796462}{174,78} = 124708 \text{ см}^3.$$

4. Напряжения на нижней грани балки:

$$\sigma_H = \frac{M}{W_{xH}} = \frac{27440765}{124708} = 220,04 \text{ МПа} < \gamma R_y = 1 \cdot 230 = 230 \text{ МПа.}$$

5. Момент сопротивления верхнего пояса:

$$W_{xв} = \frac{I_x}{d_1} = \frac{21796462}{119,22} = 182826 \text{ см}^3.$$

6. Напряжения на верхней грани балки:

$$\sigma_n = \frac{M}{W_{xв}} = \frac{27440765}{182826} = 150,09 \text{ МПа} < \gamma R_y = 1 \cdot 230 = 230 \text{ МПа}.$$

Полученное значение используем при проверке балки на кривой изгиб. Тормозная балка предназначена для восприятия изгибающего момента в горизонтальной плоскости M и должна обладать достаточной прочностью и жесткостью. Одновременно она используется для обслуживания рельсовых путей и кранов. Тормозная балка состоит из верхнего пояса, тормозного листа толщиной 16 мм и внешнего пояса, выполненного из тавра. Расчет выполним в программе, разработанной К.К. Неждановым BALKA (рис.2).

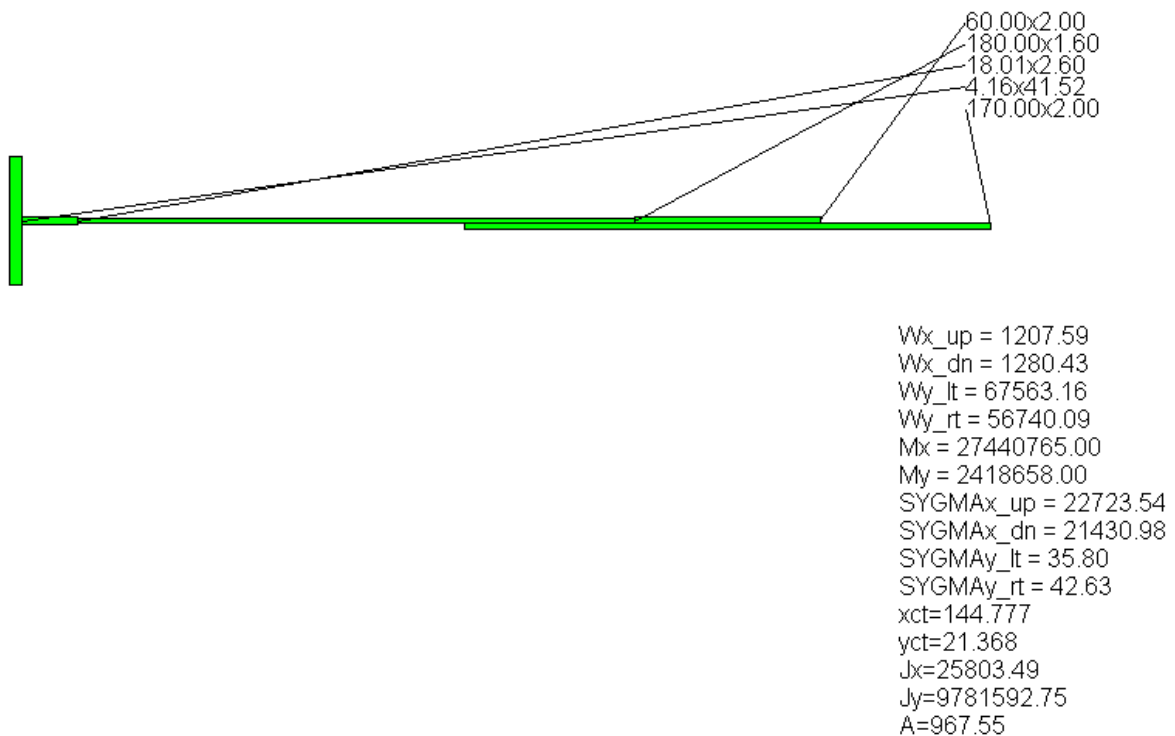


Рисунок 2 – Результаты расчета тормозной балки

$$\sigma_{\sigma} = \sigma_{up} + \sigma_{lt} = 150,09 + 35,80 = 185,9 \text{ МПа} < \gamma R_y = 1 \cdot 230 = 230 \text{ МПа}.$$

Максимальные касательные напряжения определим по формуле:

$$\tau_{\max} = \frac{QS_x^{omc}}{t_{cm}I_x}.$$

Статический момент отсеченной части:

$$S_x^{omc} = \frac{3}{36} (40 \cdot 143,5^2 + 3 \cdot 3^2) + \frac{1803,27}{2} \cdot 29,78 = 95494 \text{ см}^3;$$

$$\tau_{\max} = \frac{6799315 \cdot 95494}{3 \cdot 21796462} = 99,3 \text{ МПа} < 0,9 \cdot 133,4 = 120 \text{ МПа}.$$

Проверка жесткости балки

$$\frac{f_{\max}}{l} = \frac{M^H l}{10EI_x} < \frac{1}{n_0}.$$

Относительный прогиб:

$$\frac{f_{\max}}{l} = \frac{210409,54 \cdot 100 \cdot 1800}{10 \cdot 206000 \cdot 21796462} = \frac{1}{1186} < \frac{1}{600}.$$

Жесткость достаточна. Выполним расчет опорного ребра. С целью повышения выносливости приопорной зоны балки ребро выполним из двутавров, симметричных относительно стенки. По концам к двутаврам приварены фланцы, посредством которых опорные ребра соединяются с верхним поясом и колонной консолью [4,5]. Ниже нейтральной оси балки уголки соединяются между собой фрикционными болтами. Определяем требуемую площадь опорного ребра из условия его устойчивости.

$$A_p = \frac{Q}{\varphi R_y} = \frac{6799315}{0,9 \cdot 230} = 328,5 \text{ см}^2.$$

Примем два двутавра 35К2.

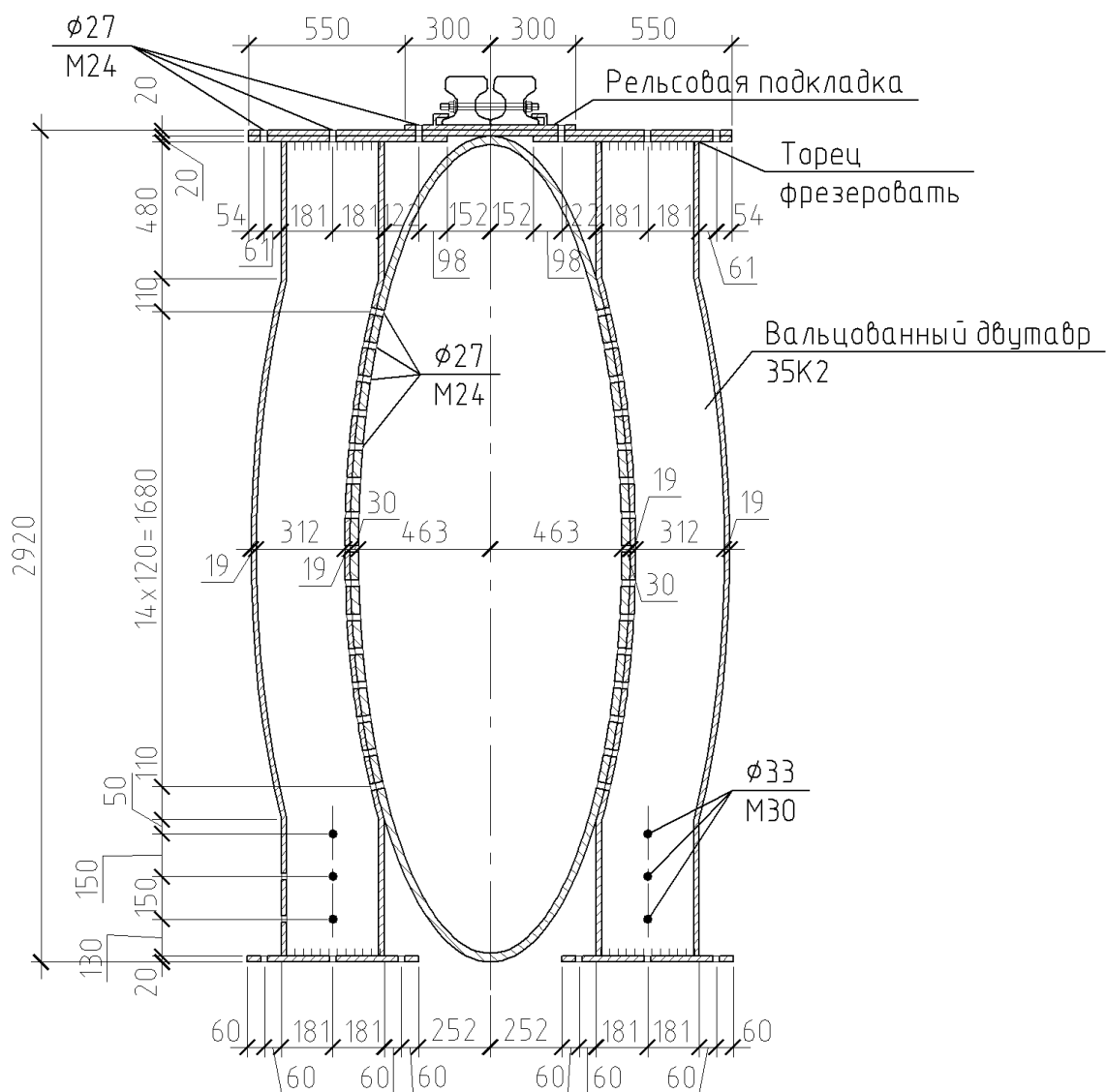


Рисунок 3 - Опорное сечение балки

Гибкость $\lambda_y = \frac{h}{i_y} = \frac{290}{68,51} = 4,23.$

Коэффициент продольного изгиба $\varphi = 0,995.$

Проверка устойчивости опорного ребра производится по формуле:

$$\sigma = \frac{Q}{A_p} = \frac{6799315}{2 \cdot 173,87} = 196 \text{ МПа} < 0,995 \cdot 230 = 229 \text{ МПа}.$$

Устойчивость обеспечена. Определение числа фрикционных шпилек, необходимых для крепления опорного ребра со стенкой. Примем фрикционные шпильки M24.

$$Q_{bh} = R_{bh} \gamma_b A_{bn} \mu / \gamma_h = 945 \cdot 0,9 \cdot 3,52 \cdot 0,42 / 1,12 = 1122,66 \text{ кН}.$$

Несущая способность одной шпильки (одна поверхность трения) $F_{un} = Q_{bh} = 1122,66 \text{ кН}$.

Количество шпилек для одного ребра:

$$n = \frac{Q/2}{Q_{bh}} = \frac{67993,15/2}{1122,66} = 30.$$

Примем шаг $a = 120 \text{ см}$, в ряду 15 шпилек.

Разработанная подкрановая конструкция имеет улучшенные (более чем на 30%) характеристики, за счет замкнутого (эллиптического) контура. Порядок расчёта применяет при чтении курса «Специальный курс по металлическим конструкциям».

Библиографический список:

1. Нежданов, К.К. Совершенствование подкрановых конструкций и методов их расчёта [Текст]: дисс. д-ра техн. наук. Пенза. 1992. С 349.
2. Гарькин И. Н. Подкрановые конструкции на предприятиях Пензенской области: состояние, перспективы // Инженерно - строительный вестник Прикаспия. 2017. № 3 (21). С. 20–24.
3. Сабуров В.Ф. Использование моделей упругого основания для анализа распределения локальных напряжений в стенке стальных составных балок // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 4. Т. 14. С. 15-20.
4. Гарькин И.Н. Подкрановые конструкции: классификация по долговечности [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2018. №7. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no7/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/7.18/at_download/file
5. Туманов В.А. Повышение выносливости стальных подкрановых балок // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 1. С. 75-82.