

УДК 624.014

**СТЕСНЕННОЕ КРУЧЕНИЕ БАЛКИ С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ
НЕСИММЕТРИЧНОГО СЕЧЕНИЯ В УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЙ СТАДИИ****Молева Наталия Юрьевна**аспирант, Самарский государственный технический университет, г. Самара
moleva.nat@yandex.ru**Аннотация**

В статье рассматриваются две гофрированные балки несимметричного сечения с различными геометрическими характеристиками: шириной верхнего пояса 400 и 300 мм соответственно. Профиль гофрирования стенки – синусоидальный. Условия нагружения конструкции: приложение равномерно-распределенной нагрузки с эксцентриситетом e : 20÷40 мм. В результате сравнительного анализа результатов расчета балок сделаны выводы об особенностях начала пластической стадии работы конструкций. В связи с различиями на этапе начала развития пластических деформаций из двух рассматриваемых балок выбрано наиболее оптимальное сечение.

Ключевые слова: двутавровая балка, гофрированная стенка, несимметричное сечение, пластические деформации.

**CONSTRAINED TORSION OF THE CORRUGATED WEB BEAM WITH AN
ASYMMETRICAL SECTION IN THE ELASTIC-PLASTIC STAGE****Nataliya Yu. Moleva**post-graduate student of Samara State Technical University, Samara
moleva.nat@yandex.ru**ABSTRACT**

The article considers two corrugated beams of non-symmetrical cross-section with different geometric characteristics: the width of the upper flange is 400 and 300 mm, respectively. The profile of the wall corrugation is sinusoidal. Loading conditions of the structure: application of a uniformly distributed load with the eccentricity e : 20÷40 mm. As a result of a comparative analysis of the results of the calculation of beams, conclusions are drawn about the peculiarities of the beginning of the structure's plastic stage of the work. Due to the differences at the stage of the beginning of the development of plastic deformations, the most optimal cross-section was selected from the two beams under consideration.

Keywords: I-girder, corrugated web, non-symmetrical cross-section, plastic deformations.

Приложение нагрузки с эксцентриситетом приводит к появлению дополнительных напряжений, которые необходимо учитывать при расчете. Вопросу изгиба и кручения,

определению секториальных геометрических характеристик тонкостенных профилей посвящен труд В. З. Власова [1]. Теме анализа напряженно-деформированного состояния балки с гофрированной стенкой посвящено множество научных статей, например [2-4]. Рассматривая работу двутавровой балки при приложении к ней равномерно-распределенной нагрузки нельзя не учитывать появление возможного эксцентриситета, а, следовательно, изменения напряженно-деформированного состояния конструкции. В случае, когда величина напряжений в элементах $\sigma > R_y$, можно сделать вывод о том, что эти элементы перешли в упругопластическую стадию работы. Данная статья посвящена особенностям работы балки с гофрированной стенкой в начале упругопластической стадии, в то время как большинство научных исследований посвящены классическим двутавровым конструкциям с плоской стенкой.

Рассмотрим двутавровую балку с гофрированной стенкой с размерами верхнего пояса – 400 мм, нижнего – 300 мм. Пролет балки 6 м. Высота стенки 500 мм.

1. Приложение равномерно-распределенной нагрузки с эксцентриситетом $e = 20$ мм.

После проведения ряда итерационных расчетов было определено значение нагрузки, при которой можно зафиксировать начало работы материала в пластической стадии. При $q = 122$ кН/м в приопорной части стенки наблюдается приближение значений касательных напряжений к пределу допустимых значений в упругой стадии работы (рис. 1). При этом величина нормальных напряжений в полках не превышает допустимых упругим расчетом значений.

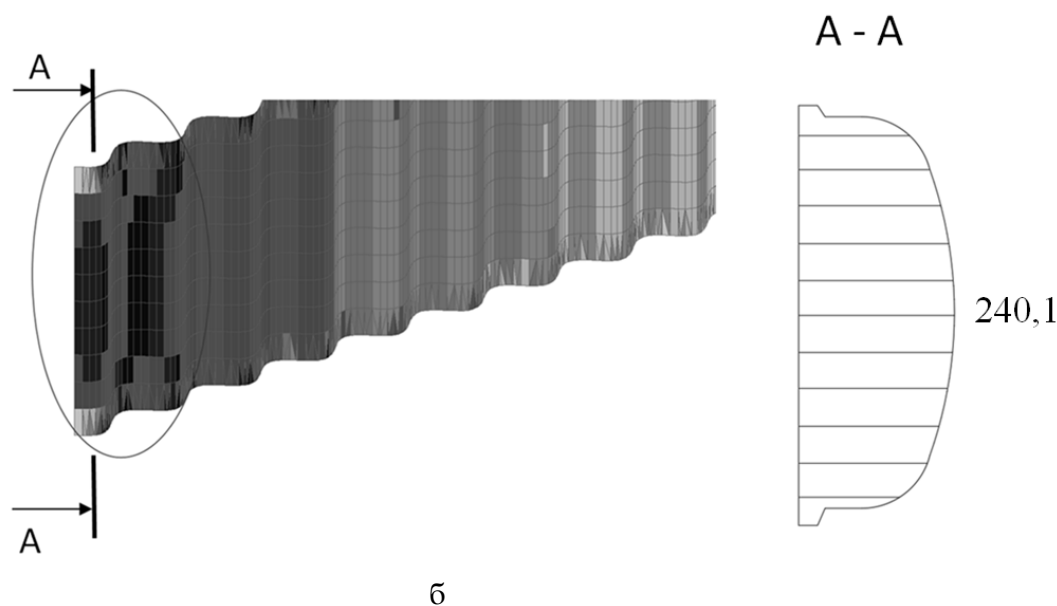


Рис. 1. Увеличение касательных напряжений в приопорной зоне: а – участок модели балки; б – эпюра касательных напряжений

Определим величину нагрузки, при которой в поясах балки достигаются критические с точки зрения упругого расчета значения напряжений. Нормальные напряжения, превышающие допустимые для упругого расчета, развиваются в центральном участке нижнего пояса балки при нагрузке

$q = 170$ кН/м (рис. 2, 3).

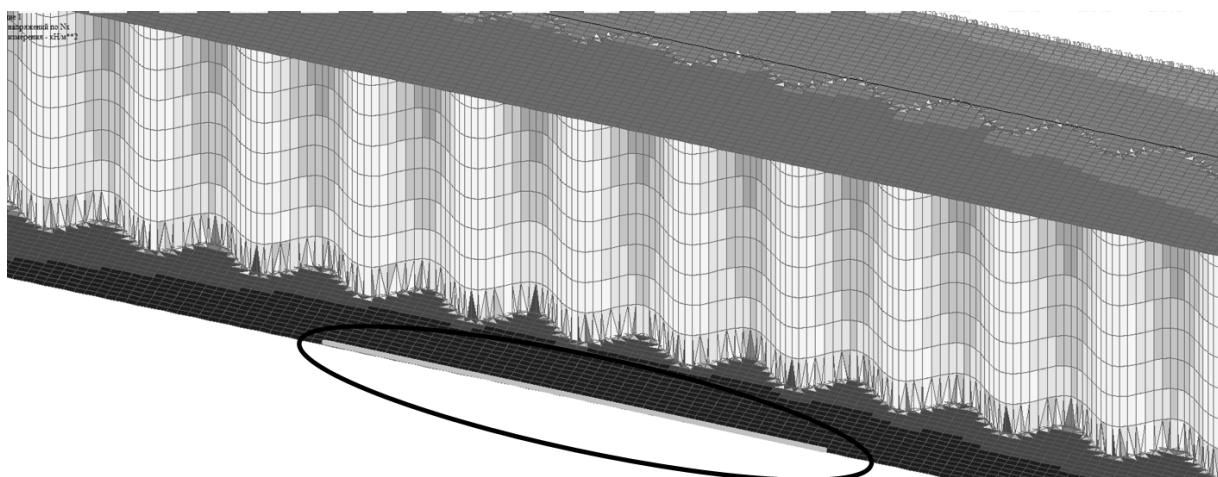


Рис. 2. Начало развития пластических деформаций в нижнем поясе балки

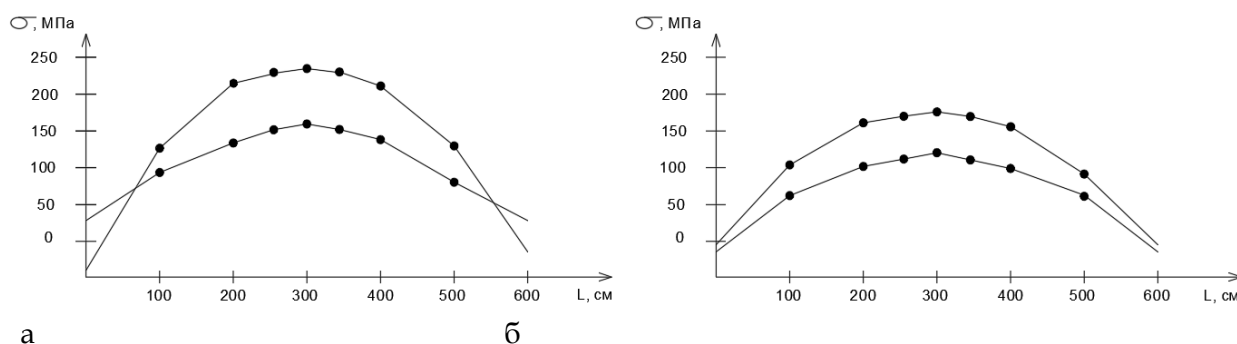


Рис.3. Распределение нормальных напряжений в поясах при нагрузке $q = 170$ кН/м, приложенной с $e=20$ мм: а – для нижнего пояса; б – для верхнего пояса

2. Приложение равномерно-распределенной нагрузки с эксцентриситетом $e = 40$ мм.

При увеличении эксцентриситета появление элементов, находящихся в упругопластической стадии в нижнем поясе балки происходит при нагрузке $q = 144$ кН/м.

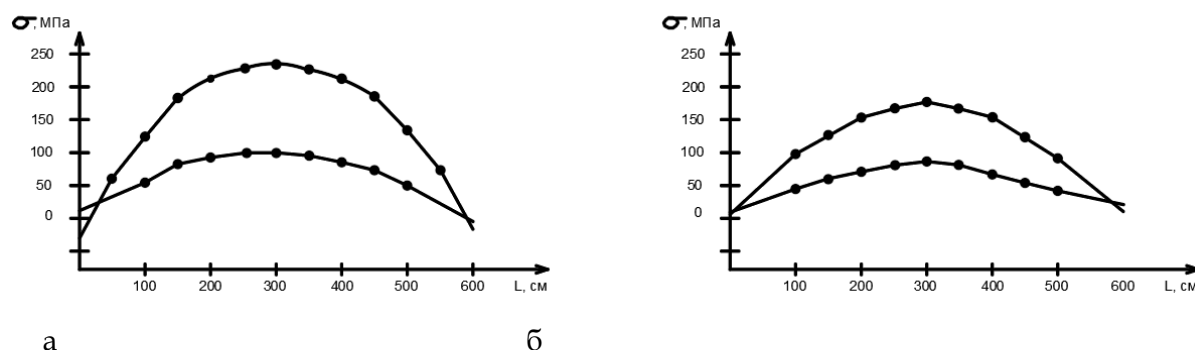


Рис. 4. Распределение нормальных напряжений в поясах при нагрузке $q = 144$ кН/м, приложенной с $e=40$ мм: а – для нижнего пояса; б – для верхнего пояса

Таким образом, для балки с шириной верхнего пояса величиной 400 мм из упругой стадии работы сначала «выключается» припорная часть стенки.

Рассмотрим балку с шириной верхнего пояса 300 мм, а нижнего пояса – 200 мм в тех же условиях загрузки с изменением эксцентриситета приложения равномерно-распределенной нагрузки.

3. Приложение равномерно-распределенной нагрузки с $e = 20$ мм.

Пластические деформации развиваются, в первую очередь, в нижнем поясе (рис. 5) при нагрузке $q = 112$ кН/м. При этом максимальные касательные напряжения в стенке – 222 МПа. Следовательно, в пластическую стадию сначала переходят элементы нижнего пояса, а не стенки.

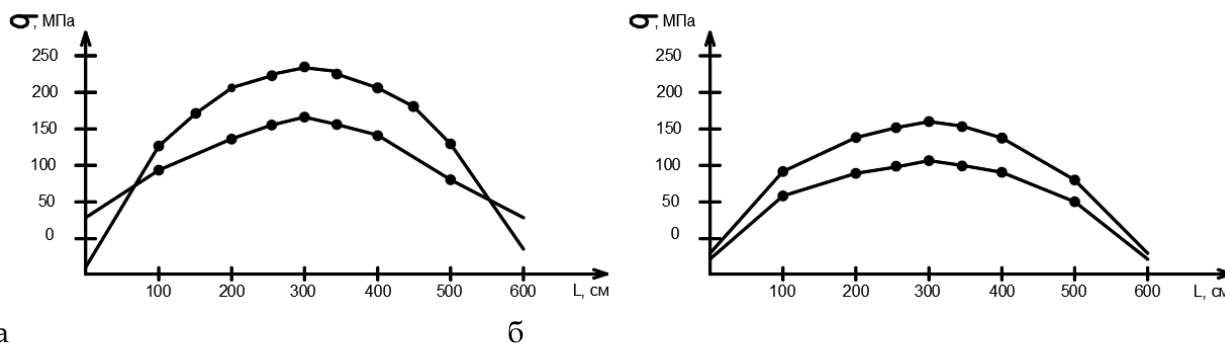


Рис.6. Распределение нормальных напряжений в поясах при нагрузке $q = 112$ кН/м, приложенной с $e = 20$ мм: а - для нижнего пояса; б - для верхнего пояса

4. Приложение равномерно-распределенной нагрузки с $e = 40$ мм.

При нагрузке величиной $q=96$ кН/м и $e = 40$ мм происходит развитие пластических деформаций в нижнем поясе балки (рис.7).

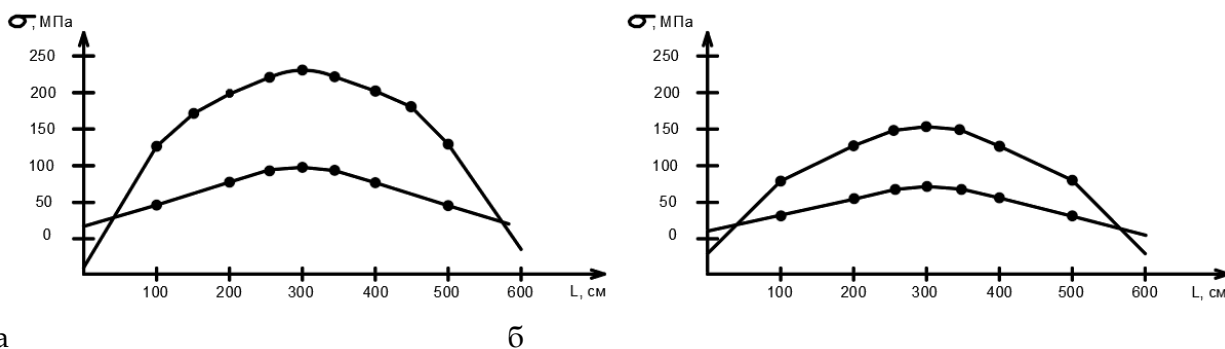


Рис. 7. Распределение нормальных напряжений в поясах при нагрузке $q = 96$ кН/м, приложенной с $e = 40$ мм: а - для нижнего пояса; б - для верхнего пояса

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод об особенностях работы конструкции на равномерно-распределенную нагрузку, приложенную с эксцентриситетом в зависимости от сечения, а именно в балке с меньшей шириной верхнего пояса (300 мм), а, следовательно, и меньшим свесом, пластические деформации развиваются в первую очередь в нижнем поясе в отличие от балки с большей шириной верхнего пояса (400 мм). В ней, напротив, в пластическую стадию работы вначале переходит приопорная зона стенки, что может при дальнейшем увеличении нагрузки привести к потере местной устойчивости. Следовательно, в данных условиях загрузки наиболее оптимальным вариантом сечения является двутавр с меньшей шириной верхнего пояса.

Список литературы:

1. Власов В. З. Тонкостенные упругие стержни// Физматгиз. Москва, 1959.
2. Соловьев А. В., Лукин А. О. Оценка влияния стесненного кручения на работу балки с гофрированной стенкой// Известия высших учебных заведений. Строительство, 2012, № 6 (642), с. 112-118.
3. Chan C. L., Khalid Y. A., Sahari B. B., Hamouda A. M. S., Finite element analysis of corrugated web beams under bending// Journal of constructional steel research, 2002, с. 1391-1406.
4. Abbas H. H., Sause R., Driver R. G., Behavior of corrugated web I-girders under in-plane loads// Journal of engineering mechanics, August 2006, с. 806-814.

References:

1. Vlasov V. Z. Thin-walled elastic rods, Fizmatlit, Moscow, 1956.
2. A. V. Solovyov, A. O. Lukin, Evaluation of the effect of constrained torsion on the work of a beam with a corrugated wall // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Building, 2012, pp. 112-118.
3. Chan C. L., Khalid Y. A., Sahari B. B., Hamouda A. M. S., Finite element analysis of corrugated web beams under bending // Journal of constructional steel research, 2002, pp. 1391-1406.
4. Abbas H. H., Sause R., Driver R. G., Behavior of corrugated web I-girders under in-plane loads // Journal of engineering mechanics, August 2006, pp. 806-814.