

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОПТИМАЛЬНОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ АРОЧНОЙ
ПРОЛЕТНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

Бояджи А.А. аспирант, Артемоненко В.А. студент

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина*

При проектировании комбинированных арочных пролетных конструкций возможны случаи, когда прочные размеры одного из главных элементов этих конструкций заданы изначально исходя из архитектурных, конструктивных, технологических и др. соображений. В данной работе рассматривается вариант, когда заданными являются прочные размеры балки, непосредственно воспринимающей эксплуатационную нагрузку. Существенным является также то обстоятельство, что несущая способность этой балки определяется не прочностью, а ее прогибом.

Уменьшить прогиб балки можно при помощи арки и подвесок, но при небольшом поперечном сечении арки может оказаться, что напряжения в ней превышают допустимые уже при нагрузках, меньших расчетной. В таких случаях предлагается устраивать на подвесках специальные узлы, обеспечивающие предварительную слабину – при помощи таких узлов подвески передают нагрузку с балки на арку не с самого начала нагружения конструкции, а с момента достижения прогибом балки определенной величины. Эта величина (предварительная слабина) определяется из того условия, что напряжения в арке достигают допустимых значений тогда, когда нагружение конструкции достигает расчетного значения.

Величины предварительных слабин определяются следующим образом:

1. Рассматривается прочность арки принятого сечения под действием сосредоточенных усилий в местах крепления подвесок – определяется наибольшее значение этих усилий исходя из условия прочности арки (отношение усилий в боковых и средней подвесках при расчетах варьируется $k = \frac{P_{cp}}{P_{кр}}$); здесь же определяются перемещения точек

крепления подвесок и величина распора – они будут использоваться в дальнейшем расчете;

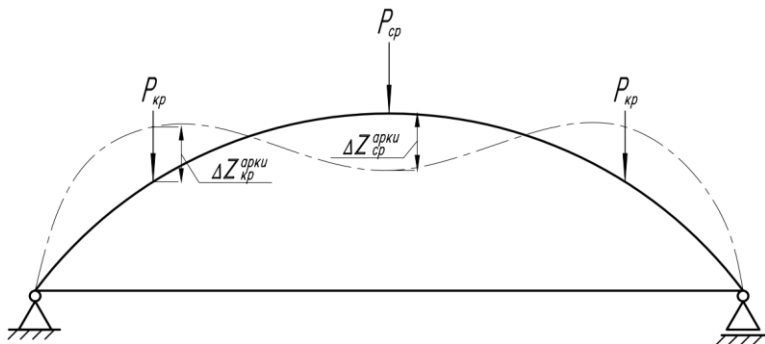


Рис. 1. Расчетная схема к определению $P_{кр}$ и $P_{ср}$, и перемещению арки в точках крепления подвесок

2. Рассматривается балка, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой и реакциями в подвесках, которые были определены выше. Определяется наибольшее значение интенсивности равномерно распределенной нагрузки, при которой балка, нагруженная указанным образом, удовлетворяет условиям прочности и жесткости (если интенсивность расчетной нагрузки отличается значительно от вышеопределенного наибольшего значения интенсивности равномерно распределенной нагрузки, то следует изменить сечение арки – увеличить в случае, если расчетная нагрузка больше найденного значения или уменьшить в обратном случае).

3. Определяются перемещения точек крепления подвесок к балке;

4. По $P_{кр}$ и $P_{ср}$ определяются сечения крайних и средней подвесок;

5. Для подвесок составляются уравнения совместности деформаций с учетом перемещений точек крепления подвесок к арке и балке и слабины – из этих уравнений и определяется необходимая слабина:

$$\Delta_{кр} = \Delta z_{кр}^{балк} - \Delta z_{кр}^{арк} - \Delta l_{кр}^{пов} = \Delta z_{кр}^{балк} - \Delta z_{кр}^{арк} - \frac{P_{кр} l_{кр}}{EA} \quad (1)$$

$$\Delta_{ср} = \Delta z_{ср}^{балк} - \Delta z_{ср}^{арк} - \Delta l_{ср}^{пов} = \Delta z_{ср}^{балк} - \Delta z_{ср}^{арк} - \frac{P_{ср} l_{ср}}{EA} \quad (2)$$

где: $\Delta_{кр}, \Delta_{ср}$ – слабина в крайней и в средней подвесках соответственно; $\Delta z_{кр}^{балк}, \Delta z_{ср}^{балк}$ – перемещение балки в точках крепления к ней крайней и средней подвесок соответственно; $\Delta z_{кр}^{арк}, \Delta z_{ср}^{арк}$ – перемещение арки в точках крепления к ней крайней и средней подвесок соответственно; $\Delta l_{кр}^{пов} = \frac{P_{кр} l_{кр}}{EA}$ – удлинение крайней подвески; $\Delta l_{ср}^{пов} = \frac{P_{ср} l_{ср}}{EA}$ – удлинение средней подвески.

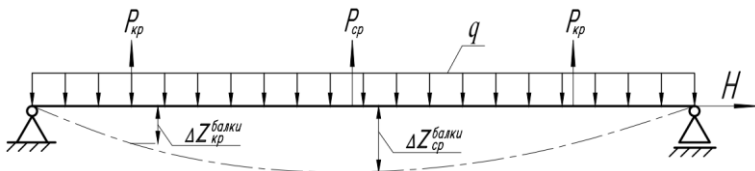


Рис. 2. Расчетная схема к определению перемещения точек крепления подвесок к балке

Конструкция узла, обеспечивающего регулируемую предварительную слабину подвески, приведена на рис. 3.

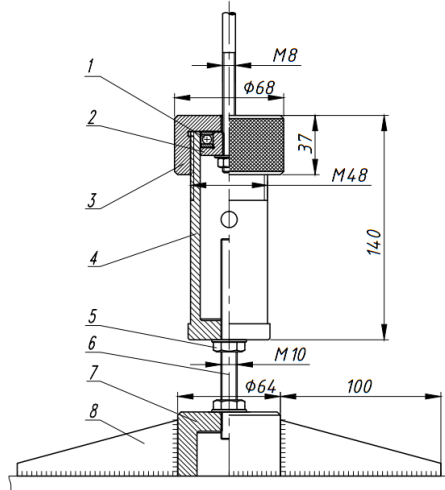


Рис. 3. Узел предварительной слабины

1 – подшипник упорный 8104 ГОСТ 6874-75; 2 – втулка упорная; 3 – гайка круглая; 4 – патрон; 5 – контргайка нижняя; 6 – шпилька нижняя; 7 – основание; 8 – фанонка

Установка вычисленных по формулам (1) и (2) предварительных слабин осуществляется в следующей последовательности (рис. 4): контргайка 5 и патрон 4 сворачиваются вниз; патрон 4 вворачивается в круглую гайку 3 до упора – это положение патрона 4 принимается в качестве нулевого; патрон 4 вместе с круглой гайкой 3 при помощи нижней контргайки 5 фиксируется по отношению к нулевому положению на высоте, равной величине устанавливаемой слабины.

Приведенные выше общие положения были применены к вариантному расчету комбинированной арочной конструкции пролетом 12 м (поперечное сечение балки приведено на рис. 5). Варьировались сечения арки и подвесок, высота арки, количество и положение подвесок, способ крепления арки к балке.

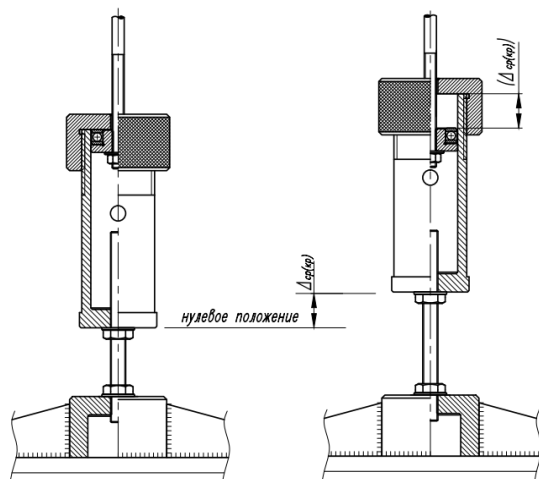


Рис. 4. Установка предварительной слабину

В результате расчета определились оптимальные параметры конструкции:

- 1) поперечное сечение арки – 2 прямоугольные трубы сечением 45x30x3;
- 2) поперечное сечение подвесок – металлический прут Ø8мм;
- 3) высота арки – 2,75м;
- 4) число подвесок – 3 шт.;
- 5) расположение боковых подвесок – 3,5м от средней подвески;

На рис. 6 приведена расчетная схема арочной пролетной конструкции. На рис. 7-12 приведены эпюры, полученные в результате расчетов на программном комплексе ЛИРА 9.6.

Вспомогательные величины ($\Delta z_{кр}^{балк}$ – перемещение балки в точке крепления к ней крайней подвески; $\Delta z_{кр}^{арк}$ – перемещение арки в точке крепления к ней крайней подвески; $\Delta z_{ср}^{балк}$ – перемещение балки в точке крепления к ней средней подвески; $\Delta z_{ср}^{арк}$ – перемещение арки в точке крепления к ней средней подвески; $\Delta l_{кр}^{подв} = \frac{P_{кр} l_{кр}}{EA}$ – удлинение крайней

подвески; $\Delta l_{ср}^{подв} = \frac{P_{ср} l_{ср}}{EA}$ – удлинение средней подвески), входящие в формулы (1) и (2) для определения предварительных слабину, были вычислены при помощи программного комплекса ЛИРА 9.6.

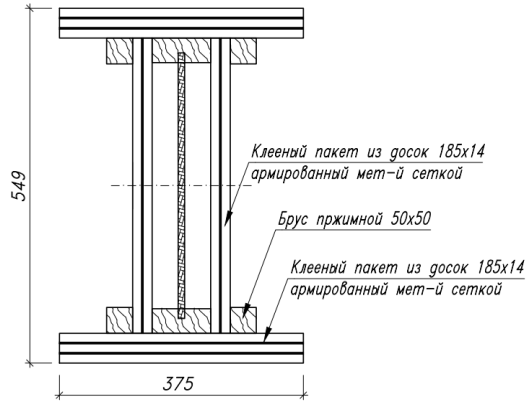


Рис. 5. Поперечное сечение балки

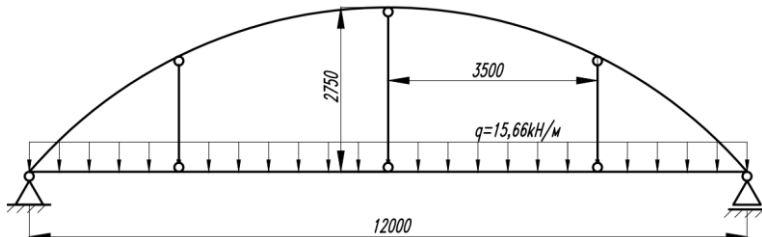


Рис. 6. Расчетная схема арочной пролетной конструкции

Предварительные слабины, определенные по формулам (1) и (2), оказались следующими:

$$\Delta_{кр} = 1,9\text{см}$$

$$\Delta_{ср} = 0,8\text{см}$$

При проверочном расчете арочной конструкции в целом в ПК ЛИРА введение предварительной слабину в подвесках учитывалось при помощи приведенной жесткости $EA^{привед}$, которая вычисляется по формулам (1) и (2), в которых $\Delta_{ср}$ и $\Delta_{кр}$ принимаются равными нулю:

$$EA_{ср}^{привед} = \frac{P_{ср} I_{ср}}{\Delta z_{ср}^{балк} - \Delta z_{ср}^{арк}} \quad (3)$$

$$EA_{кр}^{привед} = \frac{P_{кр} I_{кр}}{\Delta z_{кр}^{балк} - \Delta z_{кр}^{арк}} \quad (4)$$

Здесь следует заметить, что если в результате вычислений значение какой-либо из величин $\Delta_{кр}$ или $\Delta_{ср}$ получается отрицательным, то это означает, что в соответствующей подвеске должна быть обеспечена не

предварительная слабина, а предварительное натяжение, которое также можно реализовать при помощи узла предварительной слабины.

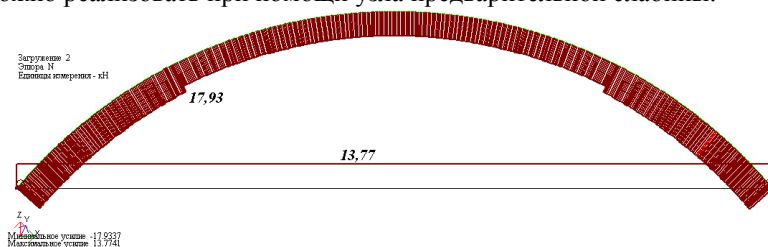


Рис.7. Эпюра продольных сил в арке

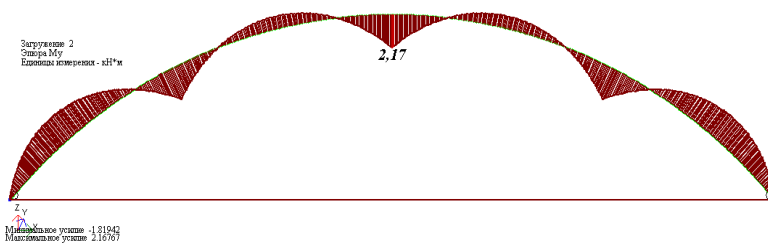


Рис.8. Эпюра изгибающих моментов в арке

Выводы

- в тех случаях, когда несущая способность балки определяется в первую очередь жесткостью, увеличить ее можно путем введения в конструкцию арки и подвесок. При этом естественным является стремление использовать арку минимального поперечного сечения. Однако при небольшом сечении арки может оказаться, что несущую способность конструкции ограничивают уже не прогиб балки, а напряжения в самой арке. В статье предлагается в таких случаях использовать специальные узлы (конструкция узлов приводится), обеспечивающие такую предварительную слабину подвесок, при которой допускаемый прогиб балки и допускаемые напряжения в арке возникают одновременно;
- по приведенной в статье методике были рассчитаны величины предварительных слабин и оптимально подобраны сечения арки и подвесок в конструкции, для которой предварительно были заданы поперечное сечение балки (затяжки) и величина расчетной нагрузки.

SUMMARY

The article provides the method of optimal design of combined metal and wooden arched span structures provided section size of one of its

main elements – beam. This technique relies heavily on the use of pre-slack nodes.

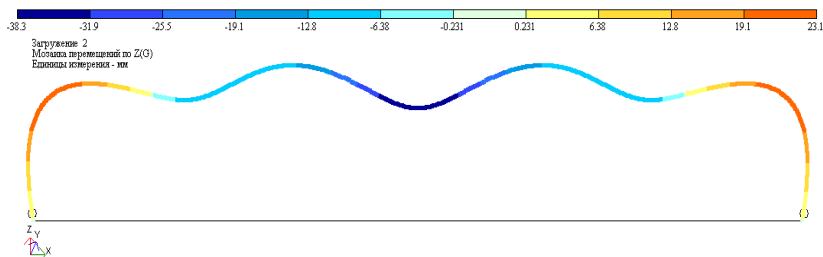


Рис.9. Мозаика перемещений арки

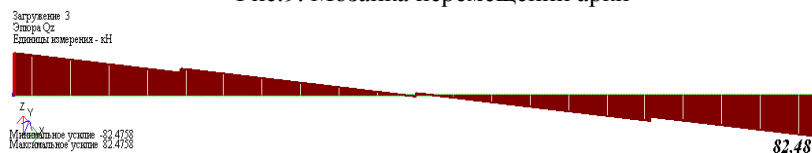


Рис.10. Эпюра поперечных сил в балке

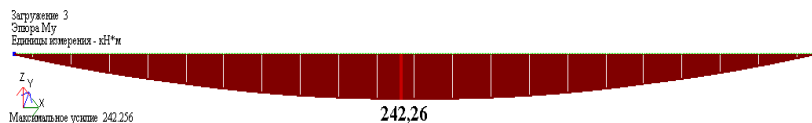


Рис.11. Эпюра изгибающих моментов в балке

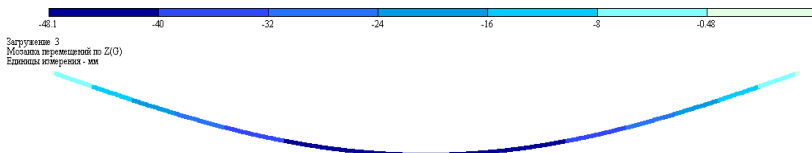


Рис.12. Мозаика перемещений балки

1. Стоянов В.В. и др. Архитектурные конструкции транспортных развязок на перегруженных городских магистралях / Сб. науч. тр. Современные строительные конструкции из металла и древесины. - Одесса. №15 ч.1, стр. 72-80, ВРС, 2011. 2. Окунь И.В. Эффективные клеодошчатые несущие конструкции надземных пешеходных переходов / И.В. Окунь, С.М. Чучмай, В.П. Приступлюк // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, вип. № 46, Одеса: Зовнішньорекламсервіс, 2012. – С. 263 – 267. 3. Снитко Н.К. Строительная механика: Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. - М.: Высш. школа, 1980. - 431 с., ил.