

УДК 624.016.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО АРОЧНОГО ПЕШЕХОДНОГО
ПЕРЕХОДА ПРОЛЕТОМ 18 м**

Бояджи А.А., к.т.н., ассистент,
Воскресенская А.О., бакалавр,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
mdp@mail.ua

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы проектирования крытых надземных арочных пешеходных переходов и определение оптимальной конфигурации их пространственных связей с точки зрения выполнения нормативных требований, предъявляемых к прочности и деформативности – для крытых надземных переходов эти требования весьма существенны ввиду значительной длины конструкций и их большой парусности. Для уменьшения деформаций от действия ветровой нагрузки предложены два варианта: 1) устройство в поперечных сечениях перехода рамных порталов, элементами которых являются пространственные фермы; 2) ведение арок с обеих сторон перехода в двух горизонтальных уровнях. По обоим вариантам проведены и проанализированы численные расчеты различных конструкции.

Ключевые слова: надземный пешеходный переход, арочные комбинированные конструкции, ветровые нагрузки, прочность, напряженно-деформированное состояние.

**ПРОЕКТУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО АРОЧНОГО ПІШОХІДНОГО
ПЕРЕХОДУ ПРОЛЬОТОМ 18 м**

Бояджи А.О., к.т.н., ассистент,
Воскресенска А.О., бакалавр,
Одеська державна академія будівництва і архітектури
mdp@mail.ua

Анотація. У статті розглядаються питання проектування критих надземних аркових пішохідних переходів і визначення оптимальної конфігурації їх просторових зв'язків з точки зору виконання нормативних вимог, що пред'являються до міцності і деформативності – для критих надземних переходів ці вимоги досить істотні, зважаючи на значну довжину конструкцій і їх велику парусність. Для зменшення деформацій від дії вітрового навантаження запропоновано два варіанти: 1) влаштування в поперечних перерізах переходу рамних порталів, елементами яких є просторові ферми; 2) ведення арок з обох сторін переходу в двох горизонтальних рівнях. Проаналізовано чисельні розрахунки різних варіантів конструкції.

Ключові слова: надземний пішохідний перехід, аркові комбіновані конструкції, вітрові навантаження, міцність, напружено-деформований стан.

DESIGN OF 18 m SPAN COMPOSITE ARCHED PEDESTRIAN CROSSING

Boiadzhi A.O., PhD.,
Voskresenskaya A.O., B.S.,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
mdp@mail.ua

Abstract. Previous studies of strength and deformability of the composite arched construction of the overhead pedestrian crossing conducted in [1; 2; 3] focused on the optimal design of the open structure (the structure without sheathing on side and top surfaces). For this construction, the main load is a load in the vertical plane of the arch - the wind load in this case was considered minor and the problem of stability of the structure in the perpendicular direction to the plane of the arch was solved by bracing of the structure from the plane with the help of side shrouds.

This article deals with the design of covered aerial arched pedestrian crossings, determination of the optimal configuration of their spatial relations in terms of conformity to regulatory requirements for strength and deformability of the structure - for indoor aerial crossings, these requirements are quite significant because of the considerable length of these structures and their large sail area. To reduce the deformation of the construction from the wind load action, the introduction of arches in two horizontal planes (in the pedestrian crossing plane - the lower zone and in the upper ceiling plane - the upper zone) was proposed. This method of solving the problem leads to a slight increase in material consumption.

Also the numerical calculations of many variants of the construction with different spatial relations are analyzed.

Keywords: aerial pedestrian crossing, arched composite structure, wind load, strength, stress-strain state.

Введение. При исследованиях прочности и деформативности комбинированной арочной конструкции надземного пешеходного перехода, проведенных в работах [1-4] основное внимание было уделено оптимальному проектированию открытой конструкции (конструкции, в которой отсутствует обшивка боковых и верхних поверхностей). Для такой конструкции основной нагрузкой является вертикальная нагрузка в плоскости арки – ветровая нагрузка в этом случае полагалась незначительной и вопрос устойчивости конструкции в направлении, перпендикулярном плоскости арки решался ее раскреплением из плоскости при помощи боковых вант.

Эксплуатация открытых надземных переходов проблематична ввиду возможных неблагоприятных погодных условий (ветер, дождь, снег), поэтому надземные пешеходные переходы обычно проектируются крытыми.

На крытые надземные переходы из-за их большой парусности действует значительная ветровая нагрузка, что требует обязательного рассмотрения вопроса боковой устойчивости конструкции.

Цели и задания. Целью проведенного исследования является обеспечение пространственной жесткости крытых надземных пешеходных переходов при минимальной материалоемкости конструкции.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования является напряженно-деформированное состояние несущих конструкций крытых надземных пешеходных переходов. При проведении исследования были применены классические методы строительной механики в сочетании с современными программными комплексами, основанными на методе конечных элементов.

Результаты исследований. В качестве первого варианта обеспечения боковой устойчивости надземного пешеходного перехода предложено использование в конструкции порталов – рамных конструкций, элементами которых являются пространственные фермы, связывающие несущие элементы перехода в поперечных плоскостях. Число таких порталов, их конструкция и способ соединения с элементами перехода варьируются.

В статье приводится пример расчета перехода пролетом 18 м и высотой 4,5 м. Несущими элементами перехода являются комбинированные арочные конструкции с 18 подвесками каждая, соединенными шарнирно с аркой и балкой (затяжкой). Крепление арки с балкой также шарнирное.

Размеры и поперечные сечения арки, балки и подвесок были определены из условия прочности конструкции на вертикальную нагрузку. Расчет деформаций конструкции в

поперечном направлении на действие предельной ветровой нагрузки без установки порталов, проведенный с помощью ПК ЛИРА-САПР 2013 показал, что боковые перемещения в арке в этом случае превышают допустимые в 30 раз. Введение в конструкцию одного портала приводит к уменьшению боковых перемещений более, чем в 3 раза и равно 392 мм, что также значительно больше допустимого значения абсолютной деформации. Поэтому был рассмотрен случай установки двух порталов. В первом варианте порталы были установлены на расстоянии 1500 мм от середины конструкции. Расчет деформации для этого варианта показал максимальное перемещение равное 218 мм (в 3,7 раз больше допустимого).

В следующем варианте расстояние между порталами было увеличено на 2000 мм (установлены на расстоянии 2500 мм от середины конструкции). Расчет деформации для этого варианта показал максимальное перемещение, равное 296 мм (в 5 раз больше допустимого). Простое увеличение расстояния между порталами привело в этом варианте к увеличению деформаций конструкции. Это указывает на то, что вопрос оптимального расположения порталов по длине конструкции требует дополнительного изучения.

В следующем варианте для увеличения поперечной жесткости конструкции, при неизменном расстоянии между порталами, в плоскости перехода были добавлены дополнительные связи в уровне пешеходной части (рис. 1). Влияние этих дополнительных связей оказалось существенным – деформации конструкции в поперечном направлении уменьшились с 296 мм до 68 мм, что всего на 13% выше допустимых. При увеличении поперечного сечения этих связей на 11% максимальное перемещение конструкции в горизонтальной плоскости составляет 58 мм, что удовлетворяет нормативным требованиям.

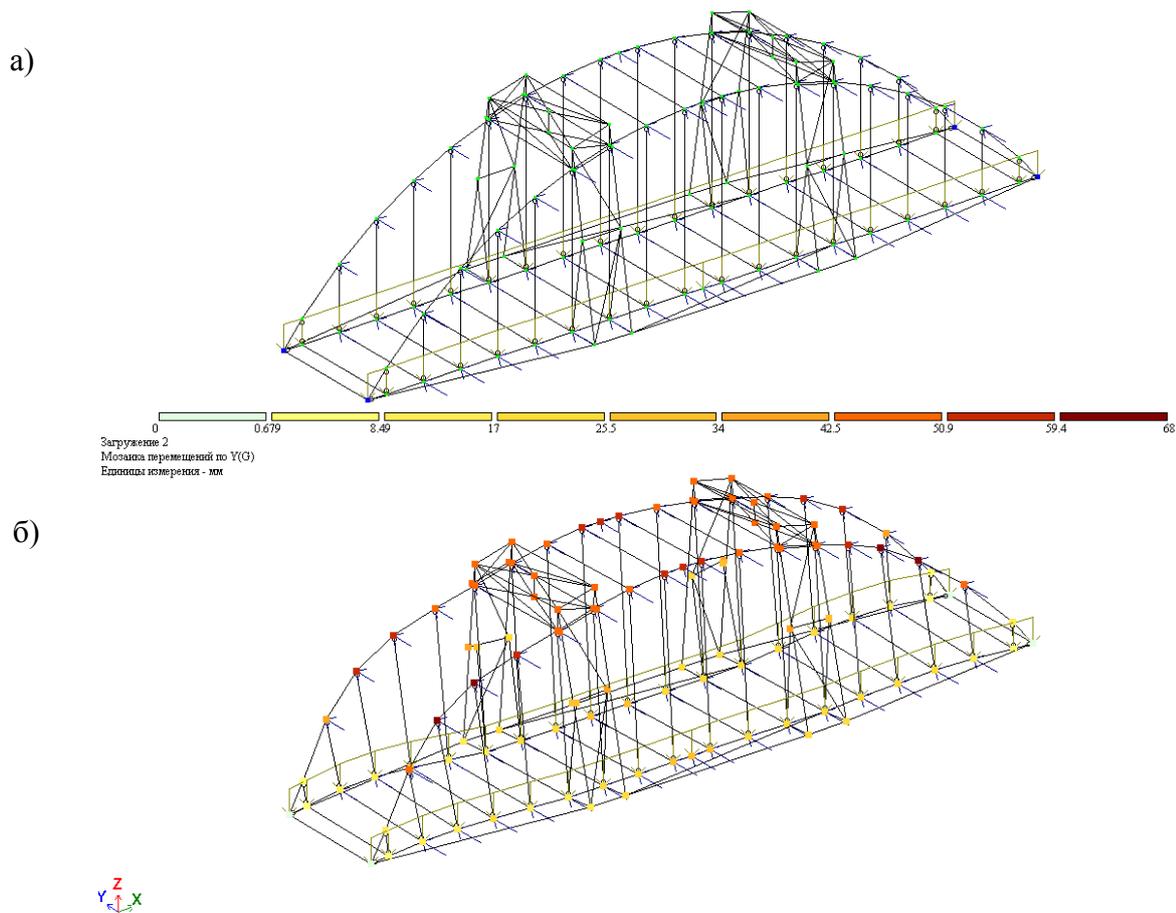


Рис. 1. Пешеходный переход пролетом 18 м:

- а – расчетная схема перехода с двумя порталами и дополнительными связями;
- б – перемещение вдоль оси Y под действием нагрузки

Введение аналогичных дополнительных связей наверху конструкции (между ригелями порталов) практически не повлияло на величину максимальных деформаций (уменьшились на 1,3 мм).

Введение консолей на ригелях и изменение в связи с этим конструкции стоек, а также добавление раскосов, соединяющих концы ригелей с опорами, также привели к незначительному уменьшению максимальных деформаций.

Рассмотрение вышеперечисленных вариантов показало, что в крытых арочных конструкциях пролетами 18 м и выше необходимо применять не менее 2 порталов, что может снизить архитектурную привлекательность и желаемую легкость таких переходов.

В качестве альтернативы выше рассмотренному предложению был предложен вариант (рис. 2), в котором по верху и по низу конструкции были установлены горизонтальные пологие арки высотой 1,5 м (вдоль линии действия ветровой нагрузки).

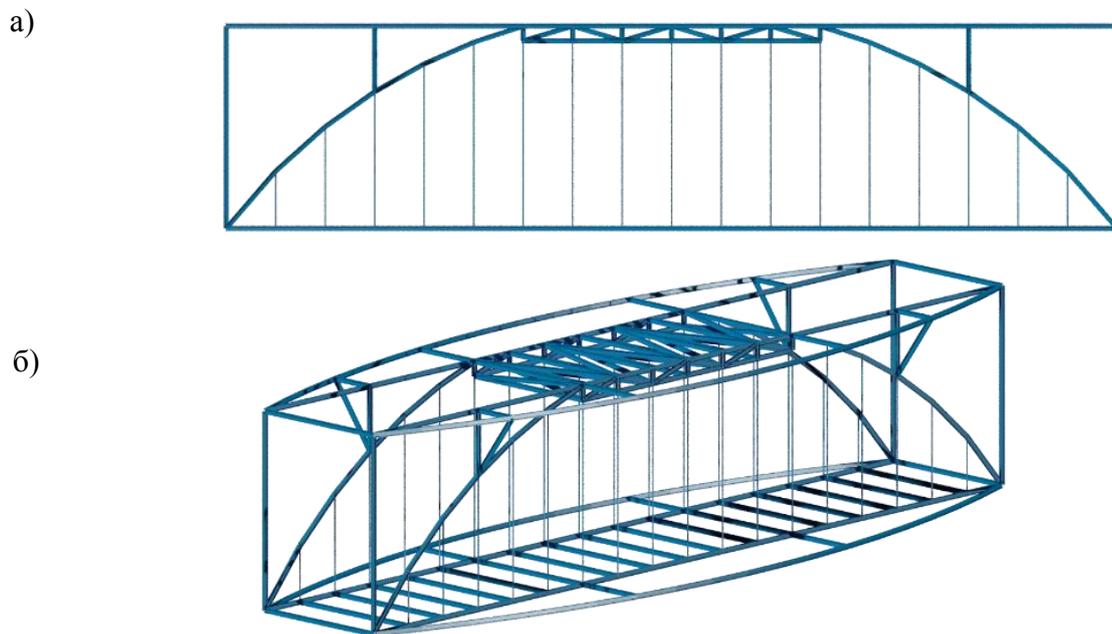


Рис. 2. Конструкция перехода с арками в поперечном направлении:
а – вид спереди; б – перспектива

Как показали расчеты, введение таких арок значительно увеличивает жесткость перехода в поперечном направлении при существенно меньшем расходе материала по сравнению с вариантом с использованием порталов.

Следует отметить также, что очевидный интерес, на наш взгляд, представляет исследование влияния изменения положения верхнего горизонтального пояса жесткости (верхний арочный контур) по высоте конструкции. Предполагается, что уменьшение высоты установки этого пояса приведет к уменьшению консольности боковых опор, приблизит уровень этого пояса по высоте к точке приложения равнодействующей ветровой нагрузки и позволит установить дополнительные связи (распорки) между верхними горизонтальными и основными вертикальными арками. Все эти факторы в комплексе могут существенно увеличить жесткость конструкции в горизонтальной плоскости и, как следствие, уменьшить ее материалоемкость. Подробному исследованию этих вопросов авторы предполагают посвятить следующую работу.

Предварительный вид пешеходного перехода на основе таких конструкций представлен на рис. 3. Ограждающие элементы предполагается выполнять из прозрачного монолитного поликарбоната, что позволит не пользоваться искусственным освещением в светлое время суток.

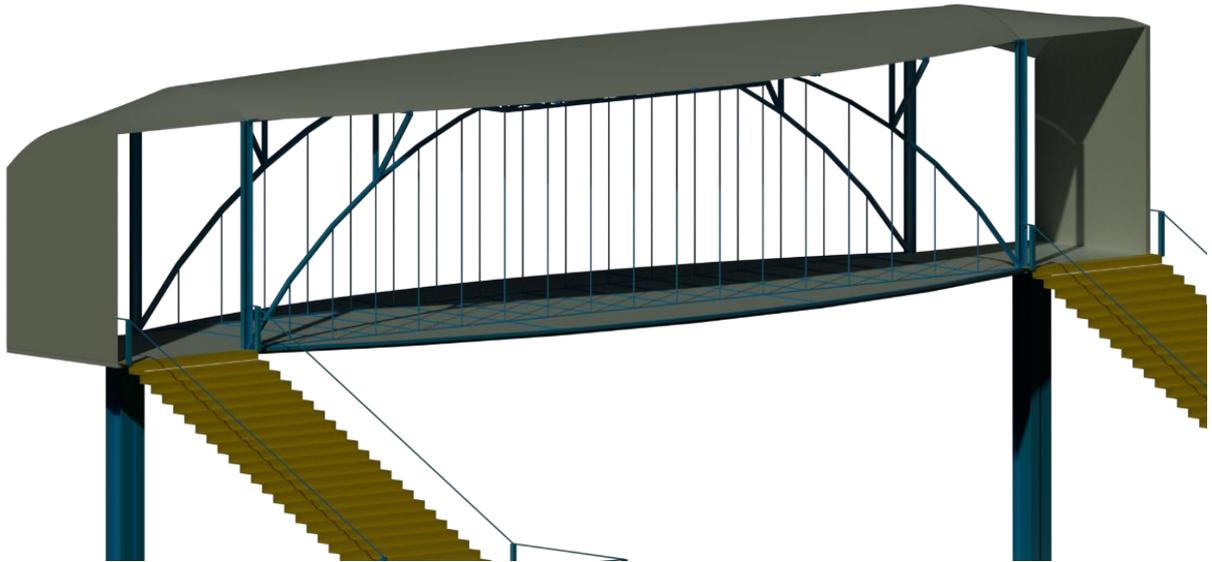


Рис. 3. Модель крытого арочного пешеходного перехода пролетом 18м

Выводы:

- 1) обеспечить требуемую поперечную жесткость надземного пешеходного перехода без введения дополнительных конструктивных элементов типа предложенных порталов не представляется возможным;
- 2) наибольшее влияние на уменьшение поперечных деформаций конструкции оказывает число порталов и их расположение по длине перехода, а также способ крепления нижних концов стоек порталов к конструкции;
- 3) вопрос выбора оптимального числа порталов и их расположения по длине перехода требует дополнительного исследования – пока очевидной оказывается связь этих факторов с эпюрой распределения изгибающих моментов от ветровой нагрузки в конструкции;
- 4) с помощью добавления арок в горизонтальных плоскостях (в плоскости самого перехода – нижний пояс и в плоскости верхнего перекрытия – верхний пояс) можно добиться удовлетворения требований действующих норм в отношении деформативности конструкции при незначительном увеличении расхода материала.

Литература

1. Бояджи А.А. Легкие надземные пешеходные переходы / А.А. Бояджи. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2012. – №46. – С. 26–32.
2. Бояджи А.А. Некоторые особенности оптимального проектирования комбинированной арочной пролетной конструкции / А.А. Бояджи, В.А. Артемоненко. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2014. – №54. – С. 33–39.
3. Стоянов В.В. Экспериментальное исследование прочности и деформативности комбинированной металлодеревянной арочной конструкции / В.В. Стоянов, А.А. Бояджи. // Лесной журнал (Архангельск, Российская федерация). – 2015. – №3 (345). – С. 93–104.
4. Бояджи А.А. Статический расчет арочного пешеходного перехода / А.А. Бояджи, А.А. Троян, В.В. Стоянов. // Современные строительные конструкции из металла и древесины. – 2013. – №17. – С. 29–32.

Стаття надійшла 28.08.2016