

Михеев Ю.М.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ СТАТИЧЕСКИХ СХЕМ
ВСПАРУШЕННЫХ ВАНТОВЫХ СИСТЕМ**

В конце 70-х годов XX века развитие вантовых систем большепролетных покрытий зданий, которые основывались на работе гибкой нити, расположенной в одной плоскости, практически завершилось. Большепролетные покрытия, основанные на работе пространственных вантовых систем с опорными контурами в виде жестких арок или тросов-подборов, стали самыми массовыми конструкциями. Это и так называемые «гибкие» железобетонные оболочки и вантово – тентовые покрытия.

В этих условиях изобретение В.Ф. Колейчука, запатентованное в 1976 году как «стоячая нить» и описанное нами в 2005 году [4] не могло вызвать заинтересованности у тех, кто занимался вантовыми системами в строительстве. Скорее всего «стоячая нить» рассматривалась как забавная игрушка, а не как строительная конструкция, какой она, по сути, является. Потеря интереса архитекторов и строителей к конструкциям железобетонных оболочек нулевой Гауссовой кривизны была, естественно, вызвана тем, что они имеют ряд существенных недостатков, отмеченных в статьях [5,8,9] и других. Это, прежде всего форма покрытия, нависающая над залом, не экономичное расходование площади застройки [4], сложный способ монтажа конструкций, подверженность системы действию флаттера и др. При этом основное достоинство «гибкой нити» – работа несущей конструкции на чистое растяжение, т.е. отсутствие в ней изгиба перестало играть решающую роль.

В нашей статье [4] было показано, что «стоячая нить» может быть легко превращена во «вспарушенную» вантовую конструкцию, которая обладает всеми свойствами «провисающей» гибкой нити, расчет которой уже разработан в достаточно полной мере. При этом «вспарушенная» вантовая конструкция избавляется от архитектурных и технологических недостатков, а также от

боязни флаттера, землетрясений и неравномерных осадок грунтов.

Вопрос заключается только в том, что теория расчета такой системы отсутствует.

Подход к разработке расчета «вспарушенной» вантовой системы начинается, естественно, с анализа работы «стоячей» нити В.Ф. Колейчука, но теперь уже с точки зрения на нее как на строительную конструкцию.

Таким образом, логика расчета любой строительной конструкции начинается с построения и геометрического описания общей формы, затем следует ее расчет под нагрузками и воздействиями, а потом подбор геометрии сечения, когда собственно и учитывается материал и его свойства.

Из всего этого следует, что начало расчета «вспарушенных» вантовых систем начинается с определения их геометрии, как математического описания их общей формы.

Выбирать общую форму не пришлось, поскольку наклон «стоячей» нити В.Ф. Колейчука естественным путем приводит к расчетной схеме двухшарнирной арки.

Первоначально показалось, что арка должна быть только круговой, но затем проработка различных моделей показала, что арка может иметь форму параболы, гиперболы и даже форму образующей сегментного луковичного купола [1].

Затем в исследованиях А.Г. Артюховой (А. Г. Гвоздевой) было показано, что «вспарушенная» вантовая конструкция может иметь балочную форму – консоль криволинейного очертания. Поскольку геометрия «вспарушенной» вантовой конструкции консольной статической схемы и принципы прочностных и других расчетов подробно описаны ранее [5, 6, 8, 9, 10], а также защищены патентом [3] и изложены в диссертации А.Г. Гвоздевой, в данной статье эти вопросы рассматриваться не будут.

В патентах [1, 2] рассматриваются три различных конструктивных решения вспарушенной вантовой системы, работающей как двухшарнирная арка.

Первая система [1] построена в точности на конструктивном решении «стоячей нити» В.Ф. Колейчука.

По существу в этой системе используются две статические схемы, причем расчет арки (круговой) хорошо известен, а что касается системы перекрещивающихся луков, то здесь следует отметить, что расчетом лука механика никогда не занималась. Все, что сегодня можно найти по вопросу работы лука, то это создание его цифровой модели для нужд спорта.

Таким образом, первый вопрос, требующий ответа – это работа двух элементов лука: тетивы и дужки, т.е. рабочего троса и напрягающего элемента нашей системы.

Любая статическая схема строительной конструкции имеет абсолютно неподвижные опоры. Лук является замкнутой напряженной системой, не имеющей опирания. Таким образом, для расчета лука требуется задать либо напряжение и деформации дужки, либо напряжение и деформации тетивы.

Вопрос простой и исчерпывающий:

- дужка растягивает тетиву или
- тетива стягивает концы дужки?

Ответ дает Одиссей, который сначала надавил на концы лука, потом закрепил тетиву, после чего взял стрелу и оттянул тетиву. Так Пенелопа была избавлена от женихов.

Для создания «стоячей нити» В.Ф. Колейчук использовал только первую часть действий Одиссея. Для получения вспарушенной вантовой системы использована также и вторая часть, т.е. стягивающие тетивы.

На первом этапе сборки системы дужки закрепляются к неподвижным опорам на тросе с перекрещиванием на опорном участке (рис. 1)

Таким образом, на разных участках троса возникают различные усилия N_1 и N_2 , которые до начала подъема системы в проектное положение разнятся в два раза, т.е. $N_2 = 2N_1$ (рис. 1).

При подъеме в проектное положение на

участках рядовых дужек происходит оттягивание троса от прямой линии, соединяющей концы дужки, по причине взаимного поворота дужек в опорном узле.

Происходит дополнительное «догружение» троса $N_{доп}$ и дужек $M_{доп}$, которое можно вычислить через величину отклонения троса δ (рис. 2).

Таким образом определяется величина догружающего момента M_2 в дужке по отношению к начальному моменту M_1 , определяемому по параметрам дужки и начальному усилию N_1 .

Поскольку лук является напряженной замкнутой системой, не имеющей опор на какой – либо абсолютной массе, его расчет можно сделать только задавая какой – либо из двух начальных параметров – для дужки или тетивы.

Что касается определения усилия в тросе от всех видов нормативных нагрузок N_0 , то оно вычисляется по общим принципам расчета тросов плоских висячих систем, что общеизвестно.

Окончательное сечение несущего троса в первом приближении можно определить, пользуясь принципами независимости действия сил.

Следует сделать одно замечание: конструкции подобного типа должны собираться только из элементов заводского изготовления.

Таким образом, величина расчетного усилия в вспарушенном тросе составит:

$$N_{расч} = N_0 + 2N_1 + N_{доп}$$

Что касается «догружения» дужки, то величина его зависит от отклонения троса δ (рис. 2), которое в свою очередь определяется размером зоны «перекрещивания» дужек.

Начальная и конечная геометрия системы строятся с помощью компьютерной программы. Для этого сначала задается величина отклонения несущего троса δ (рис. 2).

Два других конструктивных решения [2] отличаются от описанного выше тем, что дужки напрягающих луков не имеют жесткого крепления к рабочему тросу (рис.3). При этом рассматриваются два варианта:

1) дужки, напрягающие трос, перекрещиваются;

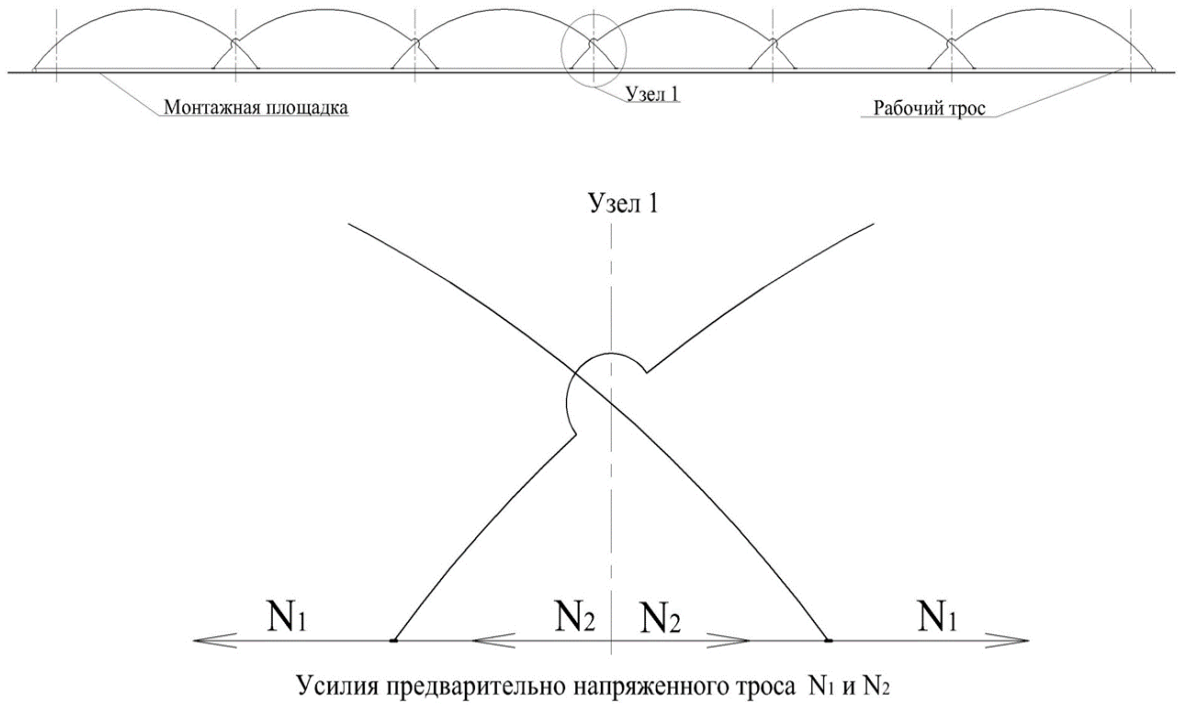


Рис. 1. Схема монтажа впарушенного покрытия до подъема в проектное положение при неподвижном защемлении натягающего элемента на тросе

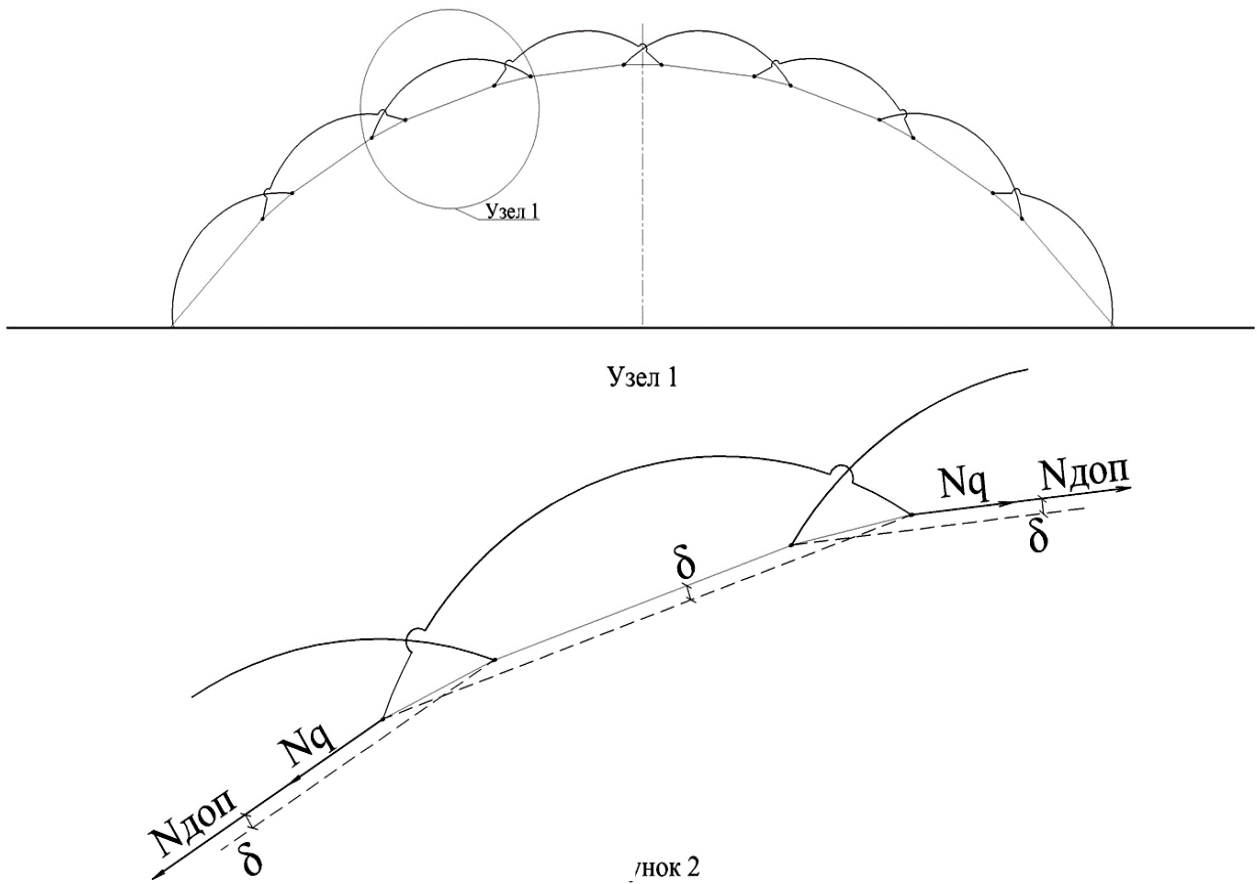
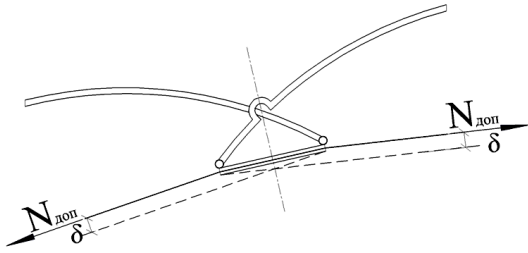


Рис. 2. Геометрическая схема впарушенной конструкции в проектное положение

2) дужки, натягаючі трос, не перекрещиваються (рис. 3).

Варіант конструкції 1



Варіант конструкції 2

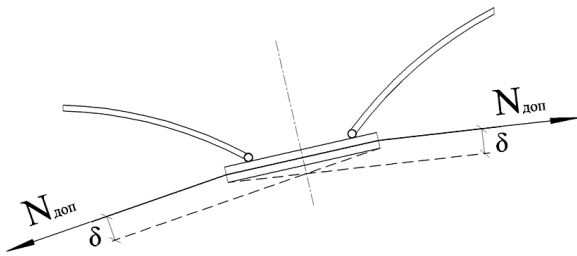


Рис. 3. Конструктивні рішення кріплення к робочому тросу

Обе эти конструкции (рис. 3) отличаются тем, что при горизонтальной сборке (рис. 1) не имеют начальных усилий в рабочем тросе N_1 и N_2 , а дужки не имеют начальных изгибающих моментов, поскольку рабочий трос свободно перемещается внутри трубок (рис. 3).

Начальное сечение троса определяется по величине усилия N_0 , как это делалось для конструкции с неподвижной фиксацией натягающих элементов на тросе, т.е. как для провисающей гибкой нити.

Начальное сечение троса определяется по величине усилия N_0 , как это делалось для конструкции с неподвижной фиксацией натягающих элементов на тросе, т.е. как для провисающей гибкой нити.

При подъеме системы в проектное положение возникает усилие $N_{доп}$. Таким образом расчетное сечение троса должно подбираться по усилию:

$$N_{расч} = N_0 + N_{доп}$$

Величина $N_{доп}$ в тросе будет зависеть от расстояния между точками закрепления

натягающих элементов на трубках, через которые пропущен рабочий трос, или от величины выноса консоли трубки во втором варианте системы, т.е. когда натягающие элементы не перекрещиваются (рис. 3).

Как первый, так и второй вариант решения конструкции со свободным скольжением рабочего троса в узлах системы, обладают способностью самоподъема в проектное положение, хотя не исключается возможность установки системы с помощью крана, как это выполнялось ранее для монтажа вант при строительстве провисающих цилиндрических покрытий. В этом случае необходимо будет только рассчитать количество и места точек строповки системы.

При выборе конструкции вспарушенной системы арочной статической схемы должны учитываться как простота конструкции, так и архитектурные, технологические, экономические и другие факторы.

Как уже упоминалось, построение проектной (конечной) геометрии системы не является проблемой.

Форма и высота сечения арки (высота натягающего элемента) рассмотрена ранее [5].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Патент «Покрытие», RU213291, С1, (Михеев Ю.М.), 10.07.99г.
2. Патент «Покрытие», RU2183234, С2, (Михеев Ю.М.), 19.07.02г.
3. Патент «Покриття», Україна, МПК (2006), ЕО4В1/32 №82478, 25 квітня 2008.
4. Михеев Ю.М., Вспарушенні вантові покриття, Науковий вісник будівництва, вип. 31, 2005.
5. Артюхова А.Г., Михеев Ю.М., Умовля забезпечення поперечної устойчивості вспарушених вантових систем, Науковий вісник будівництва, вип. 41, 2007.
6. Артюхова А.Г., Михеев Ю.М., Геометричні параметри вспарушених вантових систем, Науковий вісник будівництва, вип. 48, 2008.
7. Артюхова А.Г., Михеев Ю.М., Особливості монтажу вспарушених вантових систем, Науковий вісник будівництва, вип. 46, 2008.
8. Гвоздьова А.Г., Методика розрахунку зведеної вантової системи з гравітаційним напруженням вант, Науковий вісник будівництва, вип. 53, 2009.

9. Гвоздьова А.Г., Методика розрахунку деформації звищеної вантової системи, Науковий вісник будівництва, вип. 55, 2009 р.
 10. Михеев Ю.М., Гвоздева А.Г., Анализ ра-

боты существующих вантовых систем, рассчитываемых в плоскости. Науковий вісник будівництва, вип. №4 (82), 2015 р.

УДК 691.714;669.14.018.8

Чернявский В.Л., Гасанов А.Б., Макаренко О.В.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

О СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА ДЕЙСТВИЮ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Введение. История строительного материаловедения утверждает, что цементный бетон - это активный объект влияния среды, который обладает достаточно гибкой реакцией на ее воздействие и может изменяться в связи с внешними условиями на всех этапах своего развития. Такая адаптационная изменчивость создает принципиальную возможность разработки научных основ регулирования свойств цементного бетона не только на стадии интенсивного структурообразования в процессе изготовления, но и в период эксплуатации, когда внутренние процессы протекают с незначительной скоростью [1]. Исследования цементного бетона как открытой системы, постоянно изменяющейся в окружающей обстановке, ведут на основе установления взаимосвязи внешних условий и протекающих в нем процессов с учетом иерархии подвижных равновесий на различных структурных уровнях.

Цель и задачи исследований. Открытые системы, по мнению А.И. Берга [2], обладают способностью к устойчивому сохранению определяющих характеристик своих состояний. А.А. Ляпунов [3] отстаивает наличие в неорганической природе так называемых «сохраняющих реакций», которыми характеризуется тело, внутренне реагирующее на внешние воздействия так, чтобы сохранить заданное состояние. Можно считать доказанным, что уже в чисто химических процессах, несмотря на довольно низкий уровень организации, должны существовать механизмы своеобразной химической устойчивости [4, 1], ярким примером которой является принцип Ле-Шателье - Брауна, иногда называемый «принципом демпфирования» или «принципом бегства от принуждения». Этот принцип выражает

общий характер поведения неорганических объектов по отношению к внешним влияниям.

Результаты исследований. Цементный бетон занимает особое место среди конструктивных строительных материалов. Он является практически единственным представителем технического камня, имеющим в структуре такие неиндифферентные к внешней среде компоненты, как клинкерные, шлаковые, зольные и другие реликты, которые можно рассматривать как резервные источники гидратационного структурообразования, поддерживающие физико-химическую эластичность бетона в определенных условиях среды за счет формирования «сохранительных свойств», оберегающих его от внешних дезорганизующих сил. Понятие «сохранительные свойства» технической системы является объединением двух понятий - способности обеспечивать устойчивость и способность поддерживать стационарное неравновесное состояние при изменяющихся условиях внешней среды.

Для цементного бетона интуитивно сложилось представление о состоянии как весьма широком круге характеристик, определяющих его функционирование и реакции на различные факторы внешней среды. Существуют два принципиально отличающихся по форме, но идентичных по содержанию варианта трактовки понятия «состояние»: первый - это конкретный набор числовых характеристик, описывающих состав, структуру и функционирование объекта; второй - это обобщающий термин, дающий оценку (меру) трех упомянутых групп свойств. В оценку состояния должны вводиться переменные «уровень» и «температура».