

Висновки. Таким чином, можливо зробити висновок, що формотворчі процеси в містах, а відповідно і формування планувальної структури міста нерозривно пов'язані з природними, демографічними, соціальними, культурними, техніко-економічними, а також з багатьма іншими процесами на планеті. Водночас, вплив природних факторів на певному рівні розвитку процесу урбанізації нівелюється і на перший план виходить соціокультурний процес (цивілізаційний), який увібрав у себе соціальну динаміку, а також досягнення культури та мистецтва. Процес урбанізації, в свою чергу, як частина та етап соціокультурного процесу розвитку людства, як глобальний процес перетворення природного довкілля спирається і відповідно відображає техніко-економічні досягнення людства, Зважаючи на це, у виявленні факторів впливу на формування особливостей структури архітектурного середовища міст ми можемо зосередитися на соціокультурному процесі, який враховує і урбанізаційний процес.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Иконников А.В. Искусство, среда, время. (Эстетическая организация городской среды) / А.В. Иконников. – М.: Советский художник, 1984. – 336 с.
2. Яргина З.Н., Косицкий Я.В., Владимиров В.В., Гутнов А.С., Никулина Е.М., Сосновский В.А. Основы теории градостроительства. – М.: Стройиздат, 1980г. – 372 с.

3. Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли / Л.Н. Гумилев.- М.: ООО «Издательство АСТ», 2005.- 548 с.
4. Глазычев В. Социально-экологическая интерпретация городской среды /В.Глазычев.- М.: Наука, 1984. - 179 с.
5. Авдотьян Л.Н. и др. Градостроительное проектирование: Учеб. для вузов / Л.Н. Авдотьян, И.Г. Лежава, И.М. Смоляр.— М.: Стройиздат, 1989. – 432 с: ил.
6. Шубович С. А. Упорядоченные структуры в системе ценностей архитектурной среды города. [Электронный доступ] <http://kafedra.net.ua/uk/conferences/2011/48-2011-03-22-09-20-01/68-2011-04-13-19-55-34.html>
7. Галантей Е. Причудливая смесь из архитектурных первообразов // Современная архитектура. – 1969.- №5 с. 99-100
8. Бархин М.Г. Город. Структура и композиция / М.Г. Бархин.–М.: Наука, 1986.- 252 с.
9. Павленко Ю. История мировой цивилизации. –Київ: Либідь, 2001.–352 с.
10. Черкес Б. Национальная идентичность в архитектуре міста: Монографія. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2008. – 268 с.
11. Вильковский М. Социология архитектуры. – М.: Фонд «Русский авангард», 2010. – 592 с., ил.
12. Сорокин П. А. Социальная и культурная динамика / П. А. Сорокин; пер. с англ., вступ. статья и комментарии В.В. Сапова.- М. Астрель, 2006.- 1176 с.

УДК 72.01

Михеев Ю.М., Гвоздѣва А.Г.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

АНАЛИЗ РАБОТЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВАНТОВЫХ СИСТЕМ, РАСЧИТЫВАЕМЫХ В ПЛОСКОСТИ

Понятие висячих (вантовых) систем

В сферу строительства термин «ванты» в качестве обозначения конструкции, работающей исключительно на растяжение, пришёл из кораблестроения. При этом в кораблестроении во все исторические времена в понятие «вант» входило несколько конструктивных систем,

отличающихся между собой по принципам своей работы: растяжки, веревочные лестницы, опорные контуры парусов и другие (см. рис. 1-3).

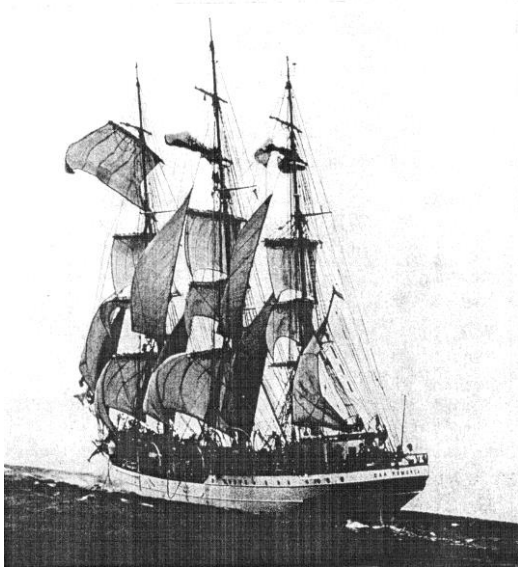


Рис. 1. Вантовые опорные контуры парусов



Рис. 2. Вантовый мост между островами Хонсю и Сикоку в Японии

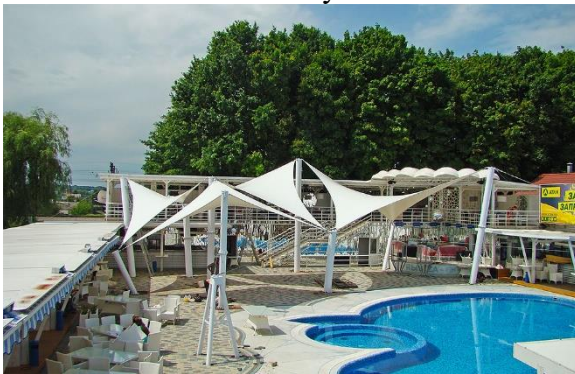


Рис. 3. Теневые вантовые навесы

В современной строительной технике мы имеем соответствующие аналоги древних конструктивных решений:

- вант, работающий на растяжение, отличающийся тем, что нагрузка прикладывается к нему непосредственно по его длине в одной плоскости (вантовые оболочки нулевой Гауссовой кривизны) или опорного контура в виде троса-подбора в оболочках покрытий Кензо Танге и др.,

- ванты, работающие на растяжение в пространственных системах (верёвочные лестницы кораблей), отличающиеся тем, что они имеют два вида тросов: рабочие тросы и стабилизирующие тросы, функции которых взаимосвязаны,

- ванты, работающие на растяжение, нагрузки к которым прикладываются по их концам и которые служат растяжками или элементами для «подвешивания» других конструкций: общеизвестные примеры современного использования таких схем – мосты с классической схемой «гибкая нить с балкой жёсткости» и жёсткая балка, подвешенная на тросах к одной жёсткой опоре (мост через р. Днепр в г. Киеве),

- комбинации этих трёх основных принципиальных решений, обеспечивающие бесчисленное множество самых разнообразных инженерных решений в строительной технике.

Для иллюстрации вышеперечисленных особенностей работы различных вантовых конструктивов позволительно, наверное, воспользоваться иллюстрациями, приведёнными В.Г. Штолько в его книге «Архитектура сооружений с висячими покрытиями» [1], на которых очень чётко видна функциональность различных вантовых элементов. При этом все эти системы называются «вантовыми», как это до сих пор принято в современной строительной терминологии.

Для исключения разночтений в терминологии рассматриваемых далее «вспарушенных вантовых систем» [4, 5, 6] предлагается принять следующую терминологию:

- вантовые (висячие) системы – это системы, в которых нагрузки приложены непосредственно на вант (трос) по всей его длине,

- подвесные системы – это системы, в которых тросы создают в жёстких конструктивных элементах опоры с опорной результирующей реакцией, направленной вдоль троса,

- комбинированные системы, в которых классичность «висячих» и «подвесных» систем исчезает, хотя при этом законы статики сооружений не нарушаются.

При принятии такой терминологии понятно, что только висячие (вантовые) системы могут быть «вспарушенными», т.е. такими, в которых растянутый вант выгнут вверх.

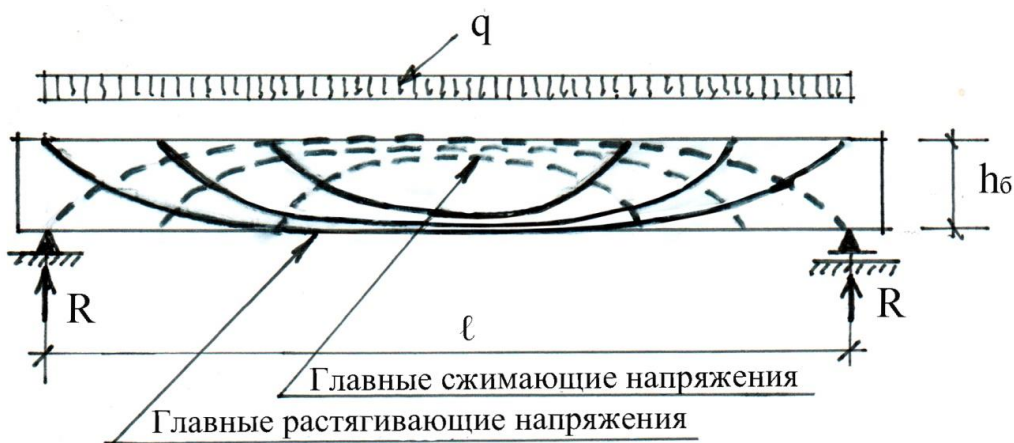
Следует заметить, что в дальнейшем в тексте для определения «висячей системы» может употребляться также термин «гибкая нить», используемый, как правило, в теории статике сооружений.

В предлагаемой рамке понятия «гибкая нить» существуют ещё два признака, формирующих это понятие:

- одноосное напряжённое состояние конструкции, которое при стандартных расчётах обычно называют «плоским», т.е. когда деформации рассматриваемого элемента рассматриваются только в одной плоскости, а все прочие отбрасываются по двум причинам: несоизмеримости их деформаций с деформациями в основной плоскости и слишком большой сложностью расчётов в случае включения всех других деформаций в расчёт,

- в отличие от исторического представления о гибкой нити (лианы в джунглях, веревка, перекинутая через препятствие, бельевая верёвка и т.д.) современная висячая конструкция может иметь два пояса, сохраняя при этом одноосное напряжённое состояние.

Рис.4. Расположение главных сжимающих и главных растягивающих напряжений по длине однопролётной балки, возникающих при её изгибе



Для получения несущей конструкции в виде вант (гибкая нить) достаточно в пределах очертания однопролётной балки

Если рассматривать возникновение строительных конструкций в их историческом появлении и развитии, то вряд ли сегодня найдётся человек, который сможет ответить на вопрос: что возникло раньше – висячая конструкция или балка?

На первый взгляд, это две совершенно разные конструкции, у которых общим является только то, что обе они рассматриваются как конструкции, имеющие одноосное напряжённое состояние, т.е. работают в одной плоскости. При этом гибкая нить имеет только напряжения от растягивающего усилия, балка имеет напряжения от изгиба и поперечной силы.

Однако, можно довольно просто показать, что работа этих двух конструкций практически ничем друг от друга не отличается. Для этого следует только подобрать такую конструкцию балки, в которой восприятие соответствующих напряжений обеспечивается соответствующим расположением материалов с требуемыми свойствами. Такой конструкцией является железобетонная балка.

Общеизвестно расположение главных сжимающих и главных растягивающих напряжений по длине однопролётной балки, возникающих при её изгибе (см. рис. 4)

расположить её по очертанию её линии максимального главного растягивающего усилия (рис.5).

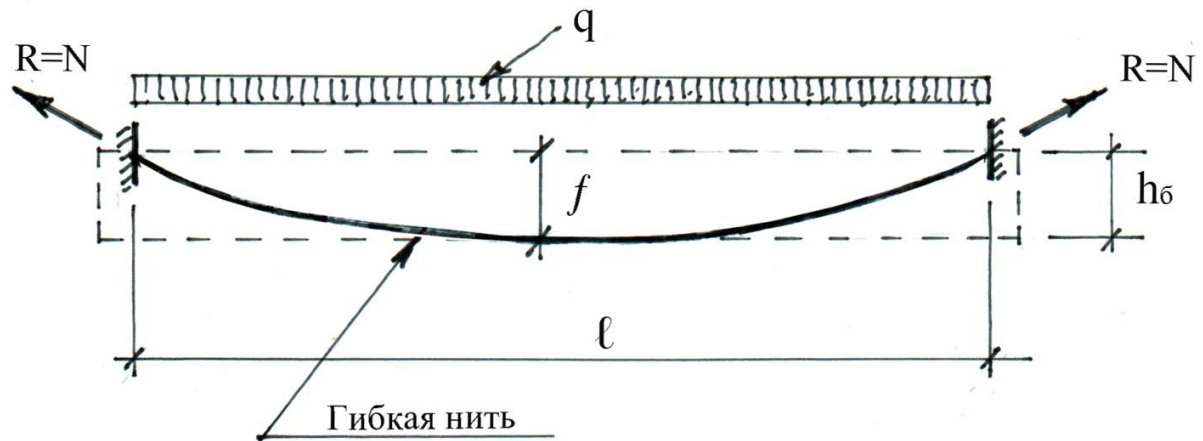


Рис.5. Расположение гибкой нити (ванта)

Усилие в гибкой нити N , которое является неизменным по её длине и равно опорной результирующей реакции R , вычисляется очень просто:

$$N = \frac{M_{\delta}^{\max}}{f}, \text{ где } M_{\delta}^{\max} = \frac{ql^2}{8}, \text{ а } f = h_{\delta},$$

$$\text{т.е. } N = \frac{ql^2}{8h_{\delta}}. \quad (1)$$

Таким образом, когда при проектировании висячих покрытий архитектор задает стрелку провисания f , он по существу

определяет высоту сечения балки такого же пролёта. При этом с увеличением стрелки провисания снижается величина усилия в гибкой нити.

На рис. 6 изображена конструкция однопролётной железобетонной балки с классическим одиночным армированием. Рабочая арматура имеет отгибы, очерченные по форме эпюры главных растягивающих напряжений и заанкеренные на опоре.

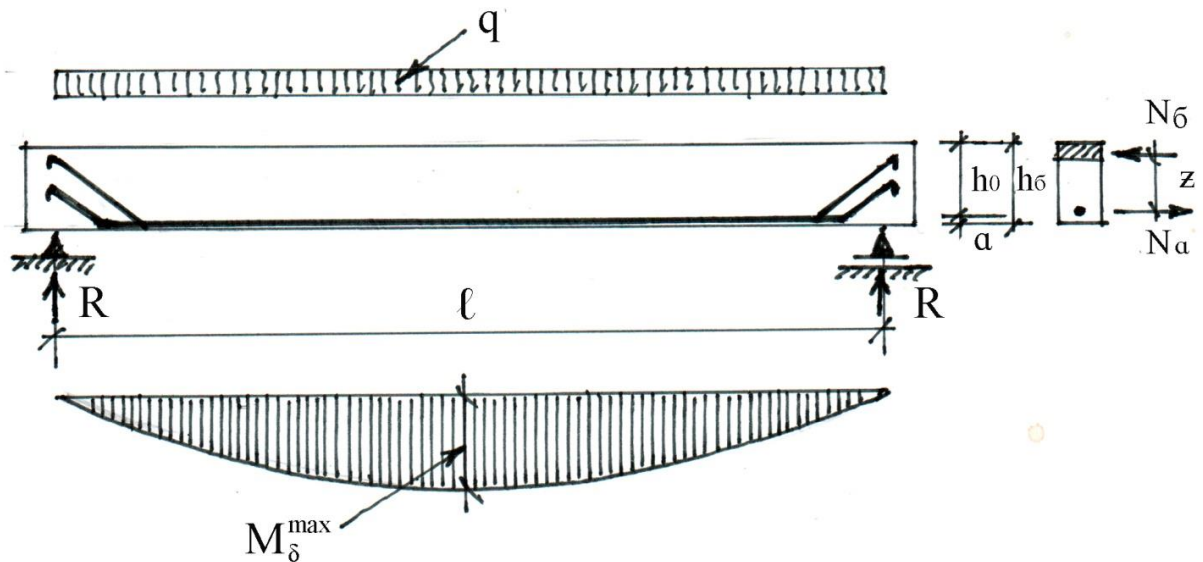


Рис.6. Конструкция однопролётной железобетонной балки с классическим одиночным армированием

Величина рабочего усилия в арматуре N_a определяется согласно теории Лойейта по известной формуле:

$$N_a = \frac{M_{\delta}^{\max}}{z} = \frac{ql^2}{8z}, \quad (2)$$

где $z = \beta \cdot h_0 = \beta \cdot (h_{\delta} - \alpha)$; $\beta = \varphi(h_0)$ и составляет при различных свойствах стали, бетона и процента армирования от 0,8 до 0,97 h_0 [3].

Отсюда следует, что при определённых условиях конструирования железобетонной балки плечо внутренней пары сил Z практически равно h_0 и, следовательно, определения сечения стали для гибкой нити и для рабочей арматуры однопролётной балки практически абсолютно идентичны с точки зрения классической механики.

Это обстоятельство позволяет очень легко производить экономические оценки эффективности вантовых систем по сравнению с традиционными системами строительных конструкций, в основу которых положены балочные схемы покрытий.

Отметим, однако, что при проектировании различных покрытий зданий, а также различных сооружений, оценка экономической эффективности далеко не всегда является решающей, поскольку очень большую роль играют архитектурно-строительные, объёмно-планировочные и градостроительные соображения.

Подход к проектированию зданий и сооружений должен определять архитектор, а это означает, что он должен хорошо знать не только технические возможности различного рода конструкций и строительных систем, но и знать их достоинства и недостатки с других точек зрения.

К достоинствам одноосно-напряжённых вантовых систем можно отнести следующие их свойства:

- минимальный расход стали, затрачиваемый на собственно-несущую конструкцию покрытия, получаемый за счёт использования высокопрочных тросов,
- высокая степень сборности покрытия из конструктивов заводского изготовления, что не требует тяжёлой строительной техники,
- возможность использования в строительстве практически любых строительных материалов для других элементов объекта,
- возможность перекрытия достаточно больших пролётов, что зависит только от прочностных характеристик тросов, и достижений в области строительных технологий.

К недостаткам одноосно-напряжённых вантовых систем можно отнести следующие свойства:

- эти системы могут быть только провисающими, имеющими форму цилиндрического покрытия (нулевая Гауссова кривизна) со значительными стрелками провисания, что диктуется достаточно низкими прочностными характеристиками тросов и значительными расходами на опорные конструкции, а провисающее покрытие создаёт дискомфортное восприятие человеком интерьера зала, вызывающее «давящее» впечатление,

- цилиндрическая форма покрытия, имеющего небольшую собственную жесткость сечения, делает покрытие опасным с точки зрения его подверженности действию флаттера; это заставляет конструктора делать ограждающие конструкции покрытия либо достаточно тяжёлыми, либо имеющими значительную высоту сечения, либо выполнять предварительное напряжение всего покрытия в целом,

- в любом случае кроме рабочих тросов такие покрытия должны быть снабжены стабилизирующими тросами, поскольку опорные контуры таких покрытий являются разомкнутыми,

- покрытие имеет форму, требующую при определении снеговой нагрузки принимать самый высокий коэффициент перегрузки (иногда за пределами официальных строительных норм),

- цилиндрическая форма покрытий создаёт определённые трудности при разработке таких вопросов строительной физики как водоотведение,

- ограниченные возможности в вопросах разработки объёмно-планировочных решений зданий, которым конструктивное решение вантового покрытия почти всегда диктует прямоугольное очертание в плане,

- практическая невозможность использования такого рода вантовых систем в промышленном строительстве.

Исторически развитие вантовых систем начиналось именно с проектирования и строительства висячих систем, работающих «в плоскости», т.е. имеющих одноосное напряжённое состояние.

Конструкции покрытий с гибкими нитями, работающими в плоскости, требуют искусственного обеспечения своей пространственной жёсткости подобно тому, как это приходится делать в зданиях, имеющих конструктивную схему в виде полного каркаса.

Развитие вантовых систем покрытий большого пролёта

Когда мы говорим про горизонтально расположенные конструкции, перекрывающие «большой пролёт», т.е. какое-либо расстояние между двумя опорами, мы ни в коем случае не имеем в виду дискретные размеры расстояния между этими опорами. Для каждой конкретной конструкции предельная величина перекрываемого пролёта определяется такими параметрами, как статическая схема, свойства используемых материалов, свойства формы конструкции, экологическая составляющая, экономическая составляющая, архитектурно-художественная ценность и др. Дискретно выраженного понятия «большого» пролёта не существует. Подтвердить это можно очень просто, сопоставив, например, свободный пролёт «Крымского моста» в Москве ($l_0 = 260 \text{ м}$), «Босфорского моста» в Турции ($l_0 \geq 1650 \text{ м}$) и моста между островами Хонсю и Сикоку в Японии ($l_0 = 1991 \text{ м}$), выполненных по одной и той же классической статической схеме: «гибкая нить с балкой жёсткости» (рис. 2). Эта схема стала «классической» и используется в течение всего 20 века.

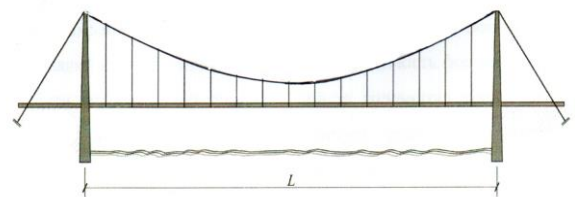
Простая «гибкая нить» использовалась человечеством с незапамятных времён для устройства висячих мостов в горных районах и, что самое главное, не потеряла своей актуальности в настоящее время. Интересной деталью висячего моста является то, что висячий поручень соединяется с несущей гибкой нитью гибкими подвесками и, таким образом, является прототипом современной двухпоясной висячей системы (см. рис. 7).

В 60-е годы 20-го столетия теория висячих систем была практически сложена и появились фундаментальные работы по вопросам их расчёта [2].



Рис. 7. Двухпоясная висячая система

В середине 20-го столетия появились первые покрытия зданий, в которых статическая схема работы гибкой нити практически ничем не отличалась от схемы «гибкой нити с балкой жёсткости» ставшей уже тогда классической при строи-



тельстве мостов (см. рис. 8).

Рис.8. Гибкая нить с балкой жесткости

Простейшая схема такого покрытия



показана на рис. 9.

Рис.9. Статическая схема работы гибкой нити

Однако, как видно из самой схемы, строительный объём сооружения имеет как архитектурно-эстетические, так и композиционные недостатки: фактическая площадь застройки на 15-20% больше размеров самого здания, покрытие явно подвержено флаттеру, провисание потолка в интерьере создаёт отрицательное восприятие пространства внутри здания и др.

Очень скоро эту схему сменила другая схема здания с гибкой нитью в покрытии (рис. 10), по существу отличающаяся тем, что она не имела растяжек. В этом случае частично была решена задача соотношения размеров здания и площади застройки, однако увеличивалась величина перекрываемого пролёта.



Рис. 10. Схема здания с гибкой нитью в покрытии

В дальнейшем на принципиальной основе схемы, показанной на рис. 9 появилось множество различных конструктивных решений зданий, в которых неизменной частью остаётся цилиндрической формы провисающее вантовое покрытие с несущими вантами, рассчитываемыми в плоскости (рис. 11).

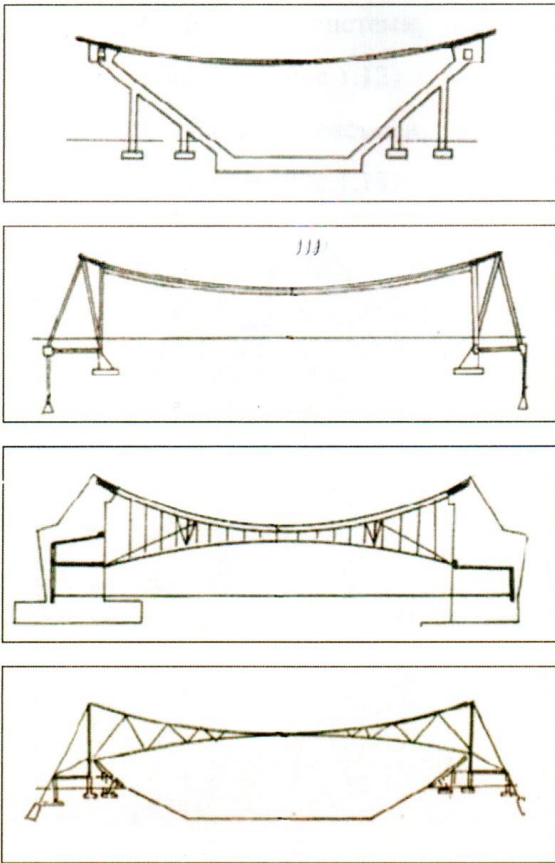


Рис. 11. Конструктивные решения зданий с вантовыми покрытиями

Начиная с середины 20 века стали быстро развиваться пространственные вантовые системы различных форм и дали миру большое многообразие архитектурных решений.

Однако, нам представляется, что развитие вантовых систем, рассчитываемых в плоскости, ещё себя не исчерпало.

В дальнейшем мы рассмотрим вантовые системы, обладающие всеми свойствами гибких нитей, но при этом лишённых многих их недостатков. Эти конструкции рассчитываются в плоскости достаточно просто и по строительной терминологии называются «вспарушенными» [4, 5, 6].

Строительных объектов, имеющих «вспарушенные вантовые покрытия» пока ещё нет, но сами конструкции защищены соответствующими патентами.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Штолько В.Г., Архитектурные сооружения с висячими покрытиями, Киев: «Будівельник», 1972.
2. Качурин В.К. Теория висячих систем. Ленинград-Москва, 1962.
3. Кузнецов Н.В. Упрощённый расчёт железобетонных балок и плит, Киев: «Будівельник», 1973.
4. RU 2132913, С1 (Михеев Ю.М.), 10.07.99.
5. RU 2183234, С2 (Михеев Ю.М.), 19.07.02.
6. Україна, МПК (2006) Е04В 1/32. Артюхова А.Г. 25.04.08.