

Висячие тросовые конструкции и покрытия сооружений

Попков Максим Витальевич СТФ 11902121

Висячие тросовые конструкции просты в монтаже, надежны в эксплуатации, а в ряде случаев отличаются и архитектурной выразительностью. Представлены наиболее знаковые конструкции и сооружения, имевшие на момент строительства практическую значимость и новизну, отмеченные наградами профессионального сообщества или вошедшие в рейтинги научных журналов. Несколько крупных аварий большепролетных тросовых покрытий не охладили интерес к ним со стороны архитекторов и конструкторов общественных и промышленных зданий.

В висячих конструкциях внешнюю нагрузку воспринимают тросы (стальной канат), кабели, цепи, прокатный металл и листовые мембраны, работающие только на растяжение. В вантовых системах ванты (нити) или тросовые плоские, или пространственные фермы поддерживают жесткие элементы (балки, плиты, арки, рамы), работающие на изгиб, в проектном положении, а уже на эти жесткие элементы укладывают ограждающие конструкции. Висячие тросовые конструкции (тросовые сети) отличаются от вантовых систем тем, ограждающие элементы в них укладываются непосредственно на тросы или тросовую сеть. Ванты иногда называют открытыми тросами. В зависимости от формы, материала несущих элементов, их расположения, конструктивных особенностей, способа обеспечения жесткости пролетных несущих элементов висячие покрытия подразделяют по очертанию в плане (прямоугольные, круглые, овальные и сложной формы); по расположению тросов или вант (параллельное, радиальное и перекрестное); по форме поверхности, образуемой несущими элементами; по виду применяемого несущего материала, перекрывающего пролет (тросы, ванты, цепи, прокатный металл, мембраны); по способу устройства покрытия и принятым расчетным схем (висячие вантовые, висячие тросовые, висячие мембранные, висячие комбинированные с совместной работой гибких нитей и материала покрытия); по способу стабилизации конструкции покрытия от воздействия ветрового отсоса (пригрузением; ужесточением с помощью предварительного напряжения конструкции и омоноличивания оболочки покрытия; предварительным напряжением несущих тросов стабилизирующими тросами); по взаимоположению несущих и стабилизирующих тросов (однопоясные, у которых несущие и стабилизирующие тросы лежат в одной поверхности, но имеют кривизну разных знаков; двухпоясные, у которых несущие и стабилизирующие тросы расположены в разных поверхностях, причем несущие тросы всегда выгнуты книзу, а

Тросовые и вантовые конструкции позволяют перекрывать пролёты более 200 м, однако обычно диапазон перекрываемых пролётов составляет 50-150 м. ЦНИИСК им. Кучеренко предложил выделить в отдельную группу металлические уникальные большепролетные сооружения, к которым следует относить объекты, имеющие пролеты более 60 м при принципиально новых конструктивных решениях, требующих разработки специальных методов расчета, экспериментального исследования и т. п. и объекты пролетом более 100 м при конструктивных решениях, успешно опробованных в практике проектирования, строительства и эксплуатации. «Такие сооружения имеют повышенный уровень ответственности, их отказы могут привести к тяжелым экономическим и социальным последствиям. В связи с этим следует учитывать дополнительные требования к номенклатуре и объемам изысканий и проектных работ, изготовлению и монтажу конструкций, правилам их приемки и эксплуатации. Проектирование должно основываться на выборе рациональных конструктивных решений, увязанных с функциональным назначением, архитектурой, методами изготовления и монтажа, условиями эксплуатации. Выдвигаемые идеи должны быть технически и экономически обоснованы»

Виды и конструктивные особенности тросовых висячих покрытий и конструкций

Основные достоинства висячих тросовых и вантовых конструкций заключаются в эффективном использовании всей площади поперечного сечения растянутых элементов при восприятии внешних нагрузок и поэтому оправдано применение высокопрочных сталей, что существенно уменьшает расход стали на единицу площади сооружения; при монтаже не требуется устройство лесов и подмостей, что приводит к снижению стоимости покрытия; гибкие стальные канаты, ленты при транспортировке могут быть свернуты в бухты, рулоны; нет необходимости проводить расчет конструкции на устойчивость.

Однопоясные покрытия получили наибольшее распространение вследствие своей технологичности в изготовлении, простоты в монтаже. Ими можно перекрывать пролеты до 100 м и придавать сооружению самую различную форму. В двухпоясных покрытиях стабилизация поверхности висячих покрытий может быть достигнута устройством двойной системы вант (рис. 2). Верхние и нижние ванты закрепляют анкерами в одном жестком железобетонном кольце. Между обеими системами вант предусмотрен распорный барабан или стоечные распорки, размещаемые между вантами. Тросовые сетки представляют собой висячую систему, состоящую из двух семейств взаимно пересекающихся гибких нитей и образующих четырехугольные, близкие к квадратным ячейки. Нити одного семейства провисают и являются несущими, другого – стабилизирующие, имеют кривизну противоположного знака. В работе указывается, что под действием некоторых нагрузок (ветер, сейсмическая нагрузка), не совпадающих по направлению с гравитационными нагрузками, в ортогональной тросовой сети сооружения на эллиптическом плане могут возникнуть сжимающие усилия, поэтому необходимо предусмотреть предварительное натяжение тросов, которое могло бы погасить сжимающие усилия. Оказывая при предварительном натяжении взаимное давление друг на друга, они образуют единую седловидную поверхность, т.е. поверхность отрицательной гауссовой кривизной. В силу этого сеть обладает кинематической неподвижностью и не нуждается в пригрузке, так как нагрузки гравитационного происхождения воспринимают несущие нити, а ветровой отсос – стабилизирующие.

К недостаткам тросовых конструкций можно отнести большую деформативность от местной нагрузки и наличие значительного распора. Тросовые конструкции достигают необходимой жесткости и устойчивости путем придания несущим тросам предварительно напряженного состояния через узлы их крепления. Поскольку эти конструкции - необычайно легкие и обладают минимальной собственной массой конструкции, то именно у плоских тросовых фасадов появляется относительно большие прогибы в перпендикулярном направлении к первоначальной плоскости лицевого участка фасада. Эти деформации не опасны для собственно тросовой конструкции, однако стекла, закрепленные на тросовую сеть, вынуждены следовать всем движениям в точках их фиксации. Архитектурная группа «Lamm, Weber, Donath & Partner» применила тросовый сетчатый остекленный фасад в форме поверхности отрицательной гауссовой кривизны для здания клиники Rhön Clinic в Бад-Нойштадте (Bad Neustadt), Германия. Тросовая сеть покрывает пространство между различными зданиями, и это была первая в мире стальная тросовая сеть, остекленная силикатным стеклом. Детали крепления стекла выполнены с помощью клипс из стальных изогнутых стержней, установленных в узлах пересечения тросов различных семейств.

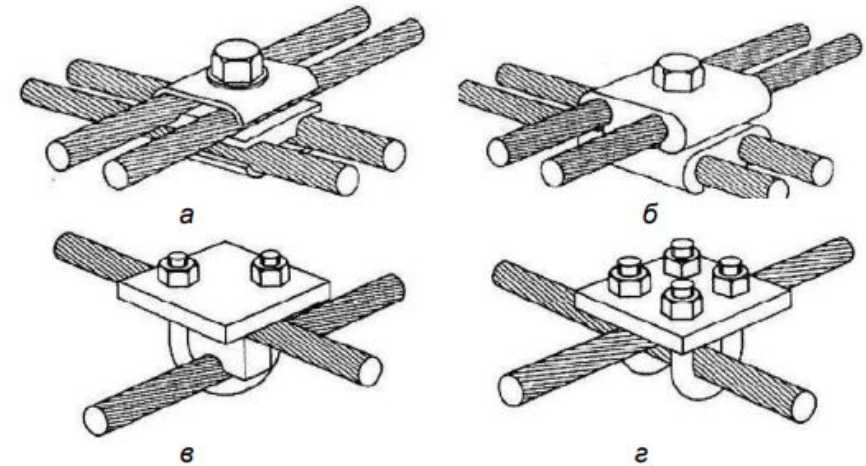
Тросы из стержневой стали проще всего закрепить при помощи нарезных хвостовиков, снабженных гайкой. В России канаты из параллельных пучков высокопрочной проволоки рекомендуется закреплять при помощи гильзостержневых анкеров типа НИИ-200, заливаемые специальным сплавом с температурой плавления около 45°C , а ванты из мощных пучков – при помощи анкеров стаканного типа с забетонированными загнутыми концами проволок. Оба эти типа анкеров широко применяются в предварительно напряженных конструкциях, хорошо известны и проверены на практике. В тросовых сетях необходимо соединять пересекающиеся тросы. Конструкция такого соединения должна обеспечивать взаимную неподвижность вант в плоскости покрытия

- а – зажим для соединения парных пересекающихся тросов, устанавливаемый в процессе монтажа;

- б – зажим для соединения парных пересекающихся тросов, устанавливаемый в заводских условиях;

- в – соединение двух пересекающихся тросов с помощью U-образного болта;

- г – соединение двух пересекающихся тросов с помощью двух U-образных болтов





Пример здания с висячими системами конструкций

- Автобусный гараж в г. Новгороде имеет шатровое висячее тросовое покрытие опирающееся в середине на стойку при помощи металлического кольца и несущих нитей из прокатной стали диаметром 40 мм.



- Таким образом выглядит центральная стойка автобусного гаража в Новгороде

Таким образом, мы можем сделать вывод что висячие конструкции и покрытия не могут быть использованы повсеместно ввиду большого количества недостатков, однако они также являются незаменимыми в некоторых ситуациях, например, в ситуациях когда требуется сделать покрытие очень большой площади