

Новейшие разработки в области конструктивных и архитектурных решений большепролетных кровель вантового типа

Карамышева Анна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент
Колотиенко Мария Андреевна, студент
Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

Аннотация. В статье представлены последние мировые разработки в области конструирования и монтажа большепролетных кровель вантового типа. Описаны основные недостатки данного архитектурного решения и даны способы минимизации их воздействия на конструкцию, основанные на анализе введенных в эксплуатацию объектов.

Ключевые слова: вантовая кровля, большепролетное здание, стальной канат, аэродинамика, вант, пилон, пескоструйная цементация, нелинейный анализ.

Кровли с применением гибких натяжных элементов подразделяются на две категории: в первой трое выступают в качестве основных опорных элементов, во второй - служат стабилизаторами для вертикальных или наклонных опор (пилонов). До 60-х годов вантовые конструкции в строительстве применялись исключительно при конструировании большепролетных мостовых сооружений. Однако немецкие архитекторы Г. Бениш и Ф. Отто вывели данный тип конструкций на качественно новый уровень, спроектировав олимпийский стадион (Мюнхен, Германия). Объект включает систему стабилизирующих стальных тросов, прикрепленных к опорам высотой порядка 60 м. Примечательно, что шарнирное крепление конструкции позволяет вибрироваться углу наклона, для наиболее эффективного восприятия внешних нагрузок [1]. Структура кровли состоит из девяти седловидных сеток 65 м., сформированных из стальных тросов (поперечное сечение 25 мм.). Меньшие по площади дугообразные сетки соединяют крупные элементы конструкции и поддерживающие мачты. Данная конфигурация позволяет избежать колебания структуры от воздействия ветровых нагрузок, что считается основным фактором риска устойчивости вантовых конструкций. Восприятие внешних нагрузок, а также компенсация внутренних напряжений, производится, в том числе, благодаря массивному фундаменту, имеющему столбовую структуру сечением до 6 м. и глубиной заложения 18 м.

Помимо устойчивости и значительной несущей способности, данная конфигурация кровли отличается высокими показателями светопрозрачности и аэродинамики. Пространство внутри объекта открыто для доступа естественного освещения. Перечисленные преимущества, в совокупности с легкостью и экономичностью, делают вантовые кровли привлекательным решением при строительстве большепролетных сооружений, таких как: стадионы [2], выставочные павильоны, фабрики, аэропорты.

К примеру, при строительстве центра атлетики им. Джеральда Ратнера (Чикаго, США) предъявлялись повышенные требования к объекту. Было необходимо создать большепролетное пространство, минимизировав количество колонн, снизив материальные затраты, но выполнив все требования к безопасности и ускоренным темпам строительства. В качестве решения было предложено создание кровли на основе системы конусообразных пилонов, стабилизируемых 15 тросами, которые служили бы подвесами для S-образных балок. Минимизировать колебания опорных мачт позволило применение техники струйной цементации основания, сложенного из преимущественно глинистых пород. Снижению стоимости объекта послужило применение переработанной конструкционной стали, а также уменьшение количества пилонов, за счет перераспределения нагрузок на ванты, расположенные на нескольких уровнях.

К перечню недостатков конструкций зачастую относят срок службы тросов. Однако данный показатель напрямую зависит от условий эксплуатации, а последние разработки позволяют говорить о том, что он не может играть решающей роли в выборе конфигурации. Например, полная фиксация отдельных проволочных элементов, благодаря изменению сечения на z-образное, либо включению герметизирующего материала, позволяет исключить просачивание воды, следовательно, снижает риск коррозионного разрушения. Тросы данного типа применены в ходе строительства центра атлетики им. Джеральда Ратнера.

К недостаткам принято относить необходимость нелинейного анализа, в связи со значительными удлинениями вант, влекущими последующую деформацию несущей структуры [3]. Данное явление наиболее распространено для конструкций, не включающих опорные пилоны. Тем не менее, предварительное растяжение тросов, отправка их к месту монтажа на катушках большого диаметра и наличие монтажных рисков [4], позволяет минимизировать возможные конструктивные отклонения.

Затруднения возникают и в процессе монтажа узлов вантовых систем, так как конструкции требуют отличных от типовых такелажных средств и подъемных механизмов. Сегодня наиболее распространен способ устройства элементов покрытия на промежуточные опоры, с последующим созданием предварительного напряжения, который успешно применяется и позволяет снизить затраты на нестандартный инвентарь и средства механизации.

Значительно облегчает процесс монтажа конструкций применение прямых тросов, предложенных в 1994 году инженеринговой компанией Wigo Hapold Engineering (Великобритания).

Риском является и выход из строя конструктивных элементов кровли, однако, благодаря совместной работе различных деталей и расчетам, производимым с учетом коэффициентов запаса, обрушение

при этом является маловероятным. В качестве примера возможно привести ледовый дворец "Крылатское" (Россия). Отказ одного из стержней, возникший после введения объекта в эксплуатацию, был компенсирован включением в работу оставшихся частей узла, а в дальнейшем устранен в ходе ремонтных работ. Конструкция кровли представляет собой стропильные фермы, поддерживаемые наклонными

вантами, закрепленными на оголовке пилона с помощью системы ребер.

Как показал проведенный анализ новейших разработок в области проектирования и устройства вантовых кровель большепролетных сооружений, данная технология является перспективным решением на сегодняшний день, а возможные сопутствующие недостатки имеют современные способы устранения.

Литература:

1. Кара Н., Bosia D. Название источника: Design Engineering Refocused AD Smart. USA: John Wiley & Sons, 2016.- 82 с.
2. Шумейко В. И., Евтушенко А.И., Кудлаева А.А. Название источника: Перспективы развития стадиона как многофункционального спортивного объекта. Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4111. -7 с.
3. Шумейко В.В., Карамышева А.А., Евтушенко А.И. Большепролетные вантовые несущие конструкции зданий и сооружений. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. С. 5-6.
4. Kloiber L.A., Eckmann D.E., Meyer T. R. Название источника: Modern Steel Construction magazine. USA: American Institute of Steel Construction, march 2004. – 6 с.