

## Конструктивная безопасность вантовых конструкций

*А.Н. Леонова, Е.Н. Сорокина*

*Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар*

**Аннотация:** В статье рассматривается проблема повышения конструктивной безопасности вантовых конструкций. Представлены механизмы регулирования значений риска аварий объекта на стадиях его возведения и эксплуатации. Описывается процедура сертификации требованиям стандарта. Приведены этапы защиты вантовых конструкций от коррозии и представлено оптимальное положение для повышения коррозионной стойкости канатов и креплений. Даны рекомендации по возможностям повышения эксплуатационной долговечности.

**Ключевые слова:** конструкционная безопасность, вантовые конструкции, коррозия, канат, анкера, эксплуатация, авария, риск, долговечность.

Качественные изменения, характеризующие сегодня строительство и его современную практику, позволяют говорить о разнообразии, как архитектурных форм, так и конструктивных решений. Реализация и конкретное воплощение уникальных проектов, включая большепролетные конструкции, активизация строительства подземных сооружений, увеличение темпов и объемов возведения высотных зданий, актуальная динамика развития нестандартных планировочных и инженерных решений с акцентом на инновационные технологии и эффективное использование современных строительных материалов оправдывают востребованность максимально сложных строительно-эксплуатационных систем.

Повышение сложности указанных систем последовательно влечет за собой увеличение присутствия в них нестабильных тенденций, и, следовательно, увеличение степени ответственности в процессе их проектирования, строительства, захватывая при этом и период эксплуатации. При этом четко наблюдается изменение характера распределения, степени и частоты внешних, в том числе, и запроектных воздействий на здания и сооружения. Данные обстоятельства, особенно в условиях снижения качественного уровня строительства, абсолютным образом влияют на

---

ведущую характеристику строительных объектов – их безопасность. Тем более, что значительное число аварий вантовых сооружений непосредственно связаны с обрушением несущих конструкций.

Таким образом, проблемы безопасности строительных объектов сегодня максимально актуализируются и заставляют обращать на себя повышенное внимание. Кроме значительно увеличившихся катастроф природного характера, существенно возросла вероятность возникновения опасностей техногенного характера, а также опасностей, связанных с нарушением условий эксплуатации.

Степень конструктивной безопасности элементов вантовых конструкций зависит от формирования последовательности процедур и критериев для принятия решений по прогнозу безаварийной работы [1]. Необходима разработка рекомендаций по повышению уровня конструкционной безопасности сооружений с учетом системного подхода к оценке влияния окружающей среды и эксплуатационной долговечности в функциональном пространстве [2].

Для снижения риска влияния негативных факторов на конструктивную безопасность зданий и сооружений разработаны нормативные документы, позволяющие регулировать величину риска аварий объекта на стадиях его возведения и эксплуатации. Стандарт величины риска аварий формируется с учетом пороговых инвариантных значений риска [3].

На стадии проектирования вантовых сооружений уже закладывается вероятность аварии, обусловленная действующими строительными нормами. Одним из основных факторов, формирующих систему безопасности вантовых конструкций, является эксплуатационная долговечность [4]. В случае несоответствия требованиям стандарта производится регулирование риска аварий. Это производится за счет процедур страхования объекта на случай аварии и сертификации его требованиям стандарта Процедура

---

сертификации включает техническое обследование на основе визуального обследования и неразрушающих методов выявления скрытых дефектов. При этом основное внимание уделяется состоянию вант, состоянию концевых креплений и степени повреждения их коррозией. Мониторинг выполняется с помощью электромагнитных и акустических методов. Акустические методы применяются для выявления порывов проволок, электромагнитные – для выявления коррозионных повреждений элементов конструкции [5].

В некоторых сооружениях может возникнуть необходимость в замене установленных вант. Причиной этому может послужить усовершенствование сооружения для возможности восприятия больших величин нагрузок, или ухудшение состояния вант вследствие недостаточного обслуживания.

Защита строительных канатов от коррозии имеет первостепенное значение [6]. Способы защиты элементов вантовых конструкций от коррозии зависят от результатов мониторинга, их можно разделить на 5 этапов:

1 Этап - защита отдельных проволок. Производится протекторная защита с помощью горячего оцинкования путем погружения или нанесения цинковых сплавов в заводских условиях [7].

2 Этап – внутренние слои каната. Для повышения защиты от коррозии применяют различные составы для заполнения пространства между проволоками и нанесения покрытия во время свивки каната. Составы, чаще всего используемые при производстве спиральных и закрытых канатов, предназначены для долговременной смазки, уменьшая трение между проволоками и, следовательно, увеличивая срок службы каната.

3 Этап – наружная часть каната. В процессе строительства объекта для повышения коррозионной стойкости на наружную поверхность каната наносят дополнительный защитный слой, который сохраняет эластичные свойства и обеспечивает для проволок дифференциальное движение при натяжении каната во время эксплуатации, а следовательно устраняет

---

растрескивание поверхности. При выборе наружного покрытия следует проверить их совместимость с внутренними защитными составами. В качестве защиты от коррозии хорошие результаты показала катодная защита вант при использовании магниевого и алюминиевого протекторного сплава АП-1 [8].

4 Этап – строительное проектирование. Начиная с этапа проектирования, необходимо предусматривать мероприятия по коррозионной защите вантовой системы. Например, такие изделия, как седло и сжимы проектируют с формой сечений, хорошо обтекаемой воздушными струями, не удерживающими пыли, открытыми для обработки защитными составами [9].

5 Этап – программа планомерного технического обслуживания. Эффективность любой системы защиты от коррозии зависит от регулярного технического обслуживания с момента монтажа. Технические осмотры следует запланировать на протяжении всего срока службы строения, не менее 1 раза в год. Во всех местах, где ванты постоянно увлажнены, с шагом 2 м производится очистка ее от бетона и коррозии на участке 150-200 мм, к стальной ванте присоединяется полоса из сплава магния длиной 100 мм, толщиной 10-15 мм для создания гальванического элемента [8]. По окончании установки протекторов шов должен быть закрыт. Установление протекторов имеет минимальные материальные затраты.

Защита анкеров и сжимов от коррозии также является важной частью эксплуатационной долговечности вантовых конструкций. Первичная защита анкеров и сжимов от коррозии обеспечивается путем горячего оцинкования или горячего напыления. Оцинкование производится в соответствии с ISO EN 1461 с минимальной толщиной в 150 микрон. Для правильного функционирования системы долгосрочная коррозионная защита наносится на месте эксплуатации, после окончательного натяжения вант [9].

---

Страхование объекта на случай аварии учитывает, кроме коррозионных повреждений, особые случаи неблагоприятного воздействия окружающей среды и механические повреждения. Стандартное значение риска аварии - это совокупность естественного и критического значений риска. Величина критического значения риска аварии вантовых конструкций в процессе эксплуатации не должна превышать величины естественных рисков, равной 2. Таким образом, эксплуатационная долговечность оказывает существенное влияние на решение реальных проблем обеспечения конструктивной безопасности вантовых конструкций [3,10].

#### Литература:

1. Леонова А.Н., Карпанина Е.Н. Вантово-тентовая архитектура в условиях курортного года: актуальность и особенности проектирования/ Строительство в прибрежных курортных регионах. Сборник материалов VII Международной научно - практической конференции.-Сочи, 2014.- с. 88-92.
  2. Мельчаков А.П., Никольский И.С., Шлейков И.Б. Методика и технология оценки уровня конструктивной безопасности зданий и сооружений на основе регламента на величину риска аварий / Предотвращение аварий зданий и сооружений: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 4. – Магнитогорск: МГТУ, 2005.– С. 62–73.
  3. Мельчаков А.П., Беззубкова Г.А., Косоголов В.Г., Чебоксаров Д.В. О правилах по регулированию риска аварии зданий и сооружений на стадиях возведения и эксплуатации Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2008. № 25 (125). С. 4-8.
  4. Травуш В.И., Колчунов В.И., Ключева Н.В. Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. с. 4-11.
-

5. Lepidi M., Gattulli V., Vestroni F. Static and dynamic response of elastic suspended cables with damage // International Journal of Solids and Structures. 2007. Т. 44. № 25-26. pp. 8194-8212.

6. Карпанина Е.Н., Софьяников О.Д. Разработка базовой методики определения поверхностного коррозионного износа стальных конструкций // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 11 (89). С. 108-111.

7. Леонова А.Н., Гаврилов Г.В., Вороной А.А. База данных учебного материала "Антикоррозионная защита и восстановление строительных конструкций". Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019621231, 10.07.2019. Заявка № 2019621119 от 01.07.2019.

8. Сергеев Н.Д., Братанчук А.И. Прекращение роста коррозии стальных вант большепролетной вантово-шатровой конструкции. эксперимент и его результаты // Вестник гражданских инженеров. 2006. № 1 (6). С. 34-36.

9. Королёв В.П. Методический подход к обеспечению работоспособности металлоконструкций в условиях коррозионной опасности // Строительство и реконструкция. 2019. № 4 (84). С. 70-82.

10. Choi H.-H., Seo J. Safety assessment using imprecise reliability for corrosion-damaged structures // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2009. Т. 24. № 4. pp. 293-301.

### References

1. Leonova A.N., Karpanina E.N. Stroitel'stvo v pribrezhnyh kurortnyh regionah. Sbornik materialov VII Mezhdunarodnoj nauchno- prakticheskoy konferencii. Sochi, 2014. pp. 88-92.

2. Mel'chakov A.P., Nikol'skij I.S., SHlejkov I.B. Predotvrashchenie avarij zdaniy i sooruzhenij: Mezhvuz. sb. nauch. tr. Vyp. 4. Magnitogorsk: MGTU, 2005. pp. 62–73.



3. Mel'chakov A.P., Bezzubkova G.A., Kosogorov V.G., CHEboksarov D.V. Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. 2008. № 25 (125). pp. 4-8.
4. Travush V.I., Kolchunov V.I., Klyueva N.V. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2015. № 3. pp. 4-11.
5. Lepidi M., Gattulli V., Vestroni F. International Journal of Solids and Structures. 2007. T. 44. № 25-26. pp. 8194-8212.
6. Karpanina E.N., Sof'yanikov O.D. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2018. № 11 (89). pp. 108-111.
7. Leonova A.N., Gavrilov G.V., Voronov A.A. Baza dannyh uchebnogo materiala. Antikorrozionnaya zashchita i vosstanovlenie stroitel'nyh konstrukcij" [Anti-corrosion protection and restoration of building structures]. Svidetel'stvo o registracii bazy dannyh RU 2019621231, 10.07.2019. Zayavka № 2019621119 ot 01.07.2019.
8. Sergeev N.D., Bratanchuk A.I. Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2006. № 1 (6). pp. 34-36.
9. Korolyov V.P. Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2019. № 4 (84). pp. 70-82.
10. Choi H.-H., Seo J. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2009. T. 24. № 4. pp. 293-301.