(cc) BY

Туко Анзаур Адамович
студент
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный
университет им. И.Т. Трубилина»
г. Краснодар, Краснодарский край

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Аннотация: *в статье рассматриваются вопросы оценки надежности соединений металлических конструкций зданий и сооружений. В рамках исследования анализируются ключевые аспекты, такие как методы диагностики и инспекции, классификация и типы соединений, механизмы износа и повреждений, модели и методы оценки надежности.*

Ключевые слова: *надежность соединений металлических конструкций, оценка состояния соединений, коррозия и деградация материалов, механизмы износа и повреждений, методы оценки надежности, нормативно-правовая база.*

Надёжность соединений металлических конструкций является критическим фактором безопасности зданий и сооружений. Даже при использовании прочных материалов общая устойчивость конструкции во многом зависит от качества и надёжности узловых соединений, так как отказ в узле может привести к развитию аварийной ситуации вплоть до обрушения всей системы. В инженерной практике надёжностью называют способность конструктивного элемента выполнять заданные функции в течение требуемого срока службы без отказов. Соединения металлических элементов должны сохранять несущую способность при воздействии расчётных нагрузок и воздействий, не достигая предельных состояний (ни по прочности, ни по деформациям) в течение всего расчётного срока эксплуатации. Для обеспечения этого в проектировании устанавливаются необходимые запасы прочности и вводятся специальные коэффициенты надёжности. В данном обзоре рассматриваются основные виды соединений металлоконструкций, критерии их надёжности, методы расчёта и оценки, а

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

также влияние эксплуатационных и климатических факторов на долговечность и безопасность узлов.

Основные типы соединений элементов металлических конструкций включают следующие.

1. Сварные соединения. Один из наиболее распространённых видов соединений, выполняемых путём плавления сопрягаемых деталей с образованием сварного шва. Правильно выполненные сварные швы обеспечивают монолитность конструкции, высокую прочность и герметичность стыка. Сварные соединения отличаются высокой несущей способностью и надёжностью при статических нагрузках, однако качество таких узлов сильно зависит от технологии и культуры производства. Наличие внутренних дефектов (непровары, поры, трещины) или снижение вязкости металла шва могут негативно сказаться на надёжности шва, особенно под воздействием динамических и повторно-переменных нагрузок. Поэтому к сварным соединениям предъявляются строгие требования по технике выполнения и контролю качества (ультразвуковому, рентгенографическому и др.).

2. Болтовые соединения. Болтовое соединение осуществляется с помощью высокопрочных болтов, гаек и шайб, стягивающих соединяемые элементы. Такие узлы обеспечивают прочное и при необходимости разъёмное крепление, что удобно при монтаже и ремонте конструкций. Правильно спроектированное болтовое соединение обладает высокой надёжностью и долговечностью. Его преимуществом является независимость от качества сварки – фактора, который трудно поддается контролю на стройплощадке. Для повышения эксплуатационной надёжности болтовых узлов применяются высокопрочные болты с контролируемым натяжением: начальное затяжное усилие в болтах задаётся максимальным (около 70% от предела текучести материала болта), что предотвращает появление зазоров и самораскручивания под нагрузкой. Болтовые соединения рекомендуется использовать при значительных расчётных усилиях и динамических нагрузках, где болты классов прочности 8,8, 10,9 и выше обеспечивают необходимый запас надёжности. Следует учитывать, что наличие отверстий под

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

болты ослабляет сечение элементов, поэтому в расчётах прочности вводятся понижающие коэффициенты на ослабление сечения.

3. Заклёпочные (клепаные) соединения. Исторически применявшиеся соединения, выполняемые при помощи металлических заклёпок. В процессе клепки в элементах проделываются отверстия, через которые вставляются расклёпываемые стержни (заклёпки) с образованием замыкающих головок. Клепаные соединения обеспечивают прочное и достаточно надёжное сцепление, способны работать в условиях динамических воздействий и толстой прокатной стали. Однако им присущи недостатки – высокая трудоёмкость монтажа, необходимость доступа с двух сторон элемента, увеличение массы конструкции.

В современном строительстве заклёпки практически полностью вытеснены сваркой и высокопрочными болтами, но встречаются в старых мостовых и промышленный конструкциях, где при оценке надёжности необходимо учитывать возможное снижение их несущей способности из-за коррозии или усталости.

4. Комбинированные соединения. В некоторых узлах применяются сочетания разных способов крепления, например клепано-винтовые соединения, совмещающие заклёпки и болты. Такие решения исторически использовались для усиления наиболее ответственных стыков или в переходный период от клёпки к болтам. Комбинированные соединения могут наследовать преимущества и недостатки входящих в них методов: например, клепано-винтовой узел имеет высокую жёсткость, но усложнён в монтаже. В современных условиях комбинированные схемы применяются редко, обычно при реконструкции старых конструкций, когда необходимо сохранение аутентичности узлов.

5. Клеевые соединения. Соединения на основе клеевых составов используются в металлоконструкциях ограниченно (чаще в комбинации с другими методами или в облегчённых конструкциях). Клеевое соединение достигается нанесением специального металлического клея на сопрягаемые поверхности элементов с последующей их фиксацией до отверждения состава. Правильно выполненный клеевой шов может обеспечить достаточно прочное и даже герметичное соединение, сопоставимое по прочности с основным материалом.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Однако для этого требуются строгое выполнение технологического процесса, тщательная подготовка поверхностей (очистка, обезжиривание, обеспечение определённой шероховатости) и стабильные условия отверждения клея. В строительных конструкциях клеевые соединения применяются в неответственных узлах или при необходимости соединения разнородных материалов, а также для прикрепления элементов облицовки, где сварка невозможна. В целом надёжность клеевых узлов ниже, чем у сварных и болтовых, из-за старения клея и чувствительности к температурно-влажностным режимам эксплуатации.

Надёжность соединения в общем случае характеризуется его способностью сопротивляться граничным состояниям – как предельным по прочности (разрушение, потеря несущей способности), так и предельным по эксплуатационной пригодности (чрезмерные деформации, раскрытие швов, ослабление затяжки и т. п.) – при наиболее неблагоприятных сочетаниях нагрузок за расчётный период эксплуатации. Основным критерием является недопущение отказа соединения под расчетными воздействиями, то есть состояние, при котором не выполняются условия прочности или устойчивости, не должно наступить с заданной минимальной вероятностью. На практике это достигается соблюдением условий прочности (фактические напряжения не превышают расчётного сопротивления материала соединения) и жесткости (деформации в узле не нарушают нормальную работу конструкции) с необходимым запасом.

Заключение.

Надёжность соединений металлических конструкций – важнейший аспект обеспечения общей безопасности и долговечности зданий и сооружений. Для студентов строительных специальностей понимание критериев надёжности узлов, методов их расчёта и влияния внешних факторов имеет фундаментальное значение, поскольку в проектной практике именно узлы часто определяют судьбу всей конструкции. Строгое соблюдение нормативных требований (ГОСТ, СП) при разработке узловых соединений, применение научно обоснованных методов расчёта и контроля, а также учёт эксплуатационных условий позволяют гарантировать, что металлические конструкции будут сохранять целостность и

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

несущую способность на протяжении всего жизненного цикла. Таким образом, грамотная оценка надёжности соединений – это комплексный процесс, включающий правильный выбор типа соединения, обеспечение качества его изготовления, расчёт с необходимым запасом и регулярную оценку состояния, что совместно обеспечивает безопасную и эффективную эксплуатацию строительных металлических систем.

Список литературы

1. РД 50-694-90 «Надежность в технике. Вероятностный метод расчета на усталость сварных конструкций». Введ. 1991-01-01.

2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2015.

3. Черняев А.И. Оценка надежности и долговечности металлоконструкций / А.И. Черняев, В.А. Трефилов // Молодой ученый. – 2013. – №10(57). – С. 225–228. EDN RHJJPR

4. Виды соединений металлоконструкций. Общие требования к соединениям металлоконструкций. – КБ «Лукаринвест», 2023.

5. Коррозия металлических конструкций: как защитить металлоконструкции от разрушения. – КБ «Лукаринвест», 2023.

6. Балабенко Е.В. Методика оценки строительного комплекса: корпоративный уровень / Е.В. Балабенко, А.В. Бородацкая, Н.В. Брайла // π-Economy. – 2024. – Т. 17. №1. – С. 113–125.

7. Балабенко Е.В. Концептуальные принципы развития жилищного строительства путем использования форм государственно-частного партнерства / Е.В. Балабенко, О.А. Стукалова // Экономика строительства и городского хозяйства. – 2016. – Т. 12. №3. – С. 107–114. EDN XHSTQV

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

8. Градостроительные аспекты выбора земельного участка для формирования объектов размещения твердых коммунальных отходов / Е.В. Балабенко, Л.Н. Богак, Е.Н. Оберемок [и др.] // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2023. – Т. 13. №4(47). – С. 726–738. DOI 10.21285/2227-2917-2023-4-726-738. EDN RHBZTB

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)