

УДК 629.3.083

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И РЕМОНТА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ФЕРМЕННОГО СЕЧЕНИЯ MODERN METHODS OF DIAGNOSTICS AND REPAIR OF METAL STRUCTURES OF TRUSS SECTION

Г. А. Марков, студент;
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова».
Научный руководитель:
И. В. Зуб, к.т.н.;
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова».

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы диагностики и ремонта металлоконструкций ферменного сечения, эксплуатируемых в условиях морских портов. Выполнен анализ особенностей ферм, определяющих их сильные стороны и зоны уязвимости при воздействиях на них.

Abstract. The article discusses modern methods of diagnostics and repair of truss-section metal structures operated in seaports. The analysis of the features of farms that determine their strengths and areas of vulnerability to impacts on them has been performed.

Ключевые слова: ферменное сечение, диагностика и ремонт, методы неразрушающего контроля, ремонт металлоконструкций.

Key words: truss section, diagnostics and repair, methods of non-destructive testing, repair of metal structures.

Введение

В условиях современного портового хозяйства металлоконструкции ферменного сечения составляют большинство грузоподъемных механизмов. Эти конструкции подвергаются комплексу различных факторов: интенсивным динамическим нагрузкам, напряжениям, агрессивному воздействию морской среды, вызывающей ускоренную коррозию. По данным исследований, до 40% простоев портового оборудования связано с внеплановыми ремонтами металлоконструкций, вызванными несвоевременным выявлением дефектов.

Актуальность

Переход от системы планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию требует внедрения современных методов диагностики, позволяющих обнаруживать скрытые повреждения на ранних стадиях. В идеальных условиях, такая система должна оповещать и предугадывать возникновение дефекта/поломки заблаговременно, на основе считывания информации, эмпирических данных и анализа эталонных значений.

Конструктивные особенности ферменных сечений

Ферменная конструкция - стержневая система, где элементы (пояса, стойки, раскосы) соединены в узлах и работают в основном на осевые усилия - растяжение или сжатие. Это обеспечивает высокую удельную прочность при минимальной массе, что определяет широкое применение ферм в грузоподъемном оборудовании.

Однако те же конструктивные особенности формируют специфические зоны уязвимости: узловые соединения являются концентраторами напряжений; сжатые элементы критически чувствительны к потере устойчивости при деформациях; открытая геометрия способствует накоплению влаги и развитию коррозии в труднодоступных местах.[2]

Анализ эксплуатационной практики позволяет выделить три основные группы повреждений ферменных конструкций. Первая группа - коррозионные поражения:

равномерная коррозия, снижающая несущее сечение; локальная коррозия, создающая очаги концентрации напряжений; щелевая коррозия в зазорах соединений. Вторая группа - усталостные повреждения: трещины, зарождающиеся в зонах концентраторов напряжений и развивающиеся под действием циклических нагрузок.[5] Третья группа - механические деформации: остаточные искривления геометрии, вмятины, потеря устойчивости сжатых элементов.[4]

Современные методы неразрушающего контроля

Современная диагностика конструкций ферменного сечения основывается на комплексе взаимодополняющих методов. Ультразвуковой контроль (УЗК) остается основным инструментом для оценки толщины металла, выявления внутренних дефектов сварных швов и обнаружения усталостных трещин. Акустико-эмиссионный контроль (АЭ) позволяет в реальном времени фиксировать развитие активных дефектов под нагрузкой, однако требует тщательной фильтрации сигналов от трения и ударов, которые в условиях порта являются неотъемлемой частью эксплуатации. Вибродиагностика дает оценку изменения жесткости конструкции и позволяет выявлять серьезные повреждения силовой схемы, но малочувствительна к мелким локальным дефектам.[1]

Технологии ремонта

Традиционные методы ремонта, включающие усиление накладками и частичную сварку новых участков, имеют существенные ограничения. Приварка накладок резко изменяет локальную жесткость элемента, создавая новые концентраторы напряжений, что при динамическом нагружении провоцирует зарождение усталостных трещин. Сварка прокатных профилей осложняется неравномерной толщиной сечения: на тонких кромках возникает прожог, в зонах утолщений — непровар.[3] Полная замена элемента существенно различается по сложности: замена раскосов и стоек выполняется относительно просто, тогда как замена участков поясов требует установки временных подпорных систем, ложных опор.

По-настоящему инновационным методом ремонта является углепластик/карбон (CFRP). Такой подход к ремонту и восстановлению ресурса металлоконструкции является новым, дорогостоящим. Однако, является надежным и простым. Углеволокно позволяет восстанавливать несущую способность без сварки и без создания концентраторов напряжений, что особенно ценно для растянутых элементов и зон усталостных трещин. Применение муфт и бандажей исключает термическое воздействие и обеспечивает надежную передачу усилий.

Заключение

Ферменные конструкции обладают характерными зонами уязвимости, определяемыми их геометрией и условиями эксплуатации. Эффективная диагностика требует комплексного применения методов неразрушающего контроля. Традиционные ремонтные технологии имеют существенные недостатки применительно к динамически нагруженным конструкциям, поскольку создают новые концентраторы напряжений и провоцируют усталостное разрушение. Современные методы усиления композитными материалами и болтовыми муфтами лишены этих недостатков и позволяют восстанавливать несущую способность без ухудшения усталостной долговечности.

Список литературы

1. Киселев, С. Л. Эволюция методов вибрационного мониторинга и диагностики: обзор / С. Л. Киселев // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2023. – Т. 1. – С. 274-278. – EDN JKXNKG.
2. Гончаров, К. А. Особенности расчета элементов ферменных металлических конструкций подъемно-транспортных машин при продольно-поперечном изгибе / К. А. Гончаров // Инновационное развитие подъемно-транспортной техники : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Брянск, 27–28 мая 2021 года. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2021. – С. 14-19. – EDN NZIFYB.

3. Мандров, Б. И. Расчет и проектирование сварных соединений : Учебное пособие / Б. И. Мандров ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Издание 3-е исправленное и дополненное. – Барнаул : Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2022. – 118 с. – ISBN 978-5-7568-1354-8. – EDN BSIAZC.
4. Колотвин, А. В. К вопросу прочностной надежности несущих конструкций грузоподъемного оборудования / А. В. Колотвин, Д. А. Колотвин, О. В. Анисимова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 25–27 января 2021 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. – С. 1842-1845. – EDN FYPORT.
5. Коструб, В. А. Анализ напряженно-деформированного состояния металлоконструкции консольного ферменного крана / В. А. Коструб, А. А. Мирошников // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 81-84. – EDN UGWFUT.