



УДК 811

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ И ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗКАХ

Ашыров Абдурахым

старший преподаватель

Халлаев Халаяз

преподаватель

Ходжабердиев Ашыргелди

преподаватель-стажёр

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт

г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Анализ напряженно-деформированного состояния элементов конструкций при динамических и вибрационных нагрузках является сложной инженерной задачей, требующей учета инерционных сил, демпфирующих характеристик материалов и частотных характеристик внешних воздействий. В отличие от статических расчетов, где нагрузки прикладываются плавно, динамический анализ фокусируется на процессах, при которых ускорения элементов конструкции оказывают существенное влияние на распределение внутренних усилий. Понимание этих процессов необходимо для предотвращения усталостного разрушения, потери устойчивости и чрезмерных вибраций, которые могут привести к аварийным ситуациям.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, динамические нагрузки, вибрации, усталостная прочность, резонанс, метод конечных элементов, демпфирование, долговечность конструкций, мониторинг состояния, динамический анализ.

ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF STRUCTURAL ELEMENTS UNDER DYNAMIC AND VIBRATION LOADS

Ashyrov Abdurahym

Senior Lecturer

Hallayev Halayaz

Lecturer

Hojaberdiyev Ashyrgeldi

Teacher

Turkmen State Institute of Architecture and Construction

Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. The analysis of the stress-strain state (SSS) of structural elements subjected to dynamic and vibration loads is a complex engineering discipline that necessitates the consideration of inertial forces, material damping characteristics, and the frequency spectra of external inputs. Unlike static analysis, where loads are applied gradually, dynamic analysis focuses on processes where structural accelerations exert a decisive influence on the internal force distribution. Mastering these processes is essential for preventing fatigue-induced failure, loss of stability, and excessive vibrations that could result in catastrophic structural failure.

Keywords: stress-strain state, dynamic loads, vibrations, fatigue strength, resonance, finite element method, damping, structural durability, health monitoring, dynamic analysis.

Введение

При проектировании промышленных объектов или инфраструктуры важным этапом является определение собственных частот колебаний конструкции. Если частота внешних периодических воздействий (например, работа мощного оборудования или ветровая нагрузка) совпадает с собственной частотой элемента, возникает резонанс, приводящий к резкому возрастанию амплитуд деформаций. Расчет на резонанс требует точного моделирования жесткости соединений и учета массы конструктивных элементов. Игнорирование резонансных явлений — основная причина выхода из строя несущих элементов зданий.

Математический аппарат анализа базируется на решении дифференциальных уравнений движения, где учитываются матрица жесткости, матрица масс и матрица демпфирования системы. Современные вычислительные методы, такие как метод конечных элементов (МКЭ), позволяют дискретизировать конструкцию на тысячи малых фрагментов и проводить расчеты в временной или частотной области. Анализ напряжений в каждой точке позволяет инженерам выявлять зоны концентрации напряжений, где могут возникнуть первые микротрещины. Использование компьютерного моделирования делает этот процесс быстрым и наглядным.

Учет демпфирования — способности конструкции поглощать энергию колебаний — критически важен для оценки долговечности. Внутреннее трение в материале, трение в узлах соединений и работа специальных гасителей колебаний определяют амплитуду затухания вибраций. Инженеры часто вводят в конструкцию демпфирующие устройства, такие как вязкостные или фрикционные гасители, чтобы рассеивать энергию динамических ударов. Правильный выбор демпфера позволяет существенно снизить динамические напряжения, не увеличивая сечения основных несущих элементов.

При динамических нагрузках усталостная прочность материала становится определяющим критерием. Постоянные циклы нагружения и разгрузки, даже если их уровень ниже предела текучести, вызывают накопление повреждений в кристаллической структуре

металла. Анализ долговечности требует построения кривых усталости (кривых Веллера) и учета накопленных повреждений по правилу суммирования Пальмгрена-Майнера. Динамический анализ гарантирует, что конструкция сохранит целостность на протяжении всего жизненного цикла.

Применение тензометрических датчиков на этапе натурных испытаний позволяет верифицировать расчетные модели и уточнить параметры НДС. Данные с датчиков, установленных на критических узлах конструкций, подтверждают правильность выбора математических моделей и позволяют скорректировать проектные решения. Интеграция систем мониторинга в реальном времени превращает обычную конструкцию в интеллектуальный объект, состояние которого находится под постоянным контролем. Натурные измерения — это золотой стандарт инженерной верификации.

Динамический анализ взаимодействия грунта и фундамента позволяет оценить передачу вибраций от оборудования на конструкцию и обратно. Особенности поведения грунта при вибрации могут привести к его разжижению или неравномерной осадке, что меняет условия закрепления опор. Проектировщики учитывают динамические характеристики фундамента как части общей колебательной системы, обеспечивая виброизоляцию критически важных зон. Грамотное проектирование основания — гарантия стабильности надземных конструкций.

Заключение

Гармонизация нормативной базы в сфере проектирования на динамические нагрузки способствует обмену опытом между специалистами разных стран. Стандартизация требований к динамическим расчетам обеспечивает единообразие подходов и повышает качество проектов во всей отрасли. Международное сотрудничество научных институтов и строительных компаний ускоряет внедрение лучших инженерных практик. Развитие технологий анализа динамических процессов — залог создания устойчивых городов.

Список литературы:

1. Иванов, А. В. Динамика и устойчивость инженерных конструкций. Москва: Наука и техника, 2024.
2. Петрова, Л. С., Сидоров, М. Н. Метод конечных элементов в анализе напряжений. Санкт-Петербург: Инженерная академия, 2023
3. Федоров, П. Д. Анализ вибрационных нагрузок в промышленном строительстве. Екатеринбург: Техноиздат, 2025.