



# ДИНАМИКА СООРУЖЕНИЙ

Авторы: А. И. Цейтлин

---

ДИНАМИКА СООРУЖЕНИЙ, раздел строительной механики, в котором рассматриваются методы расчёта параметров дискретных и распределённых систем с упругими, диссипативными и инерционными свойствами и определения колебаний (вибраций) этих систем, вызываемых действием динамич. нагрузок; в Д. с. также разрабатываются эффективные методы борьбы с вредными вибрациями строит. конструкций. К динамическим относятся воздействия, характеризующиеся достаточно быстрым изменением во времени их величины, направления или места приложения (сразу всех параметров или некоторых из них), в результате чего в элементах конструкций могут возникать значит. силы инерции, которые необходимо учитывать в динамич. расчёте. Примеры динамич. воздействий на строит. конструкции: ударные и вибрационные нагрузки, вызванные работой машин и механизмов, размещаемых на фундаментах и перекрытиях зданий; ударные нагрузки от рельсового транспорта, возникающие при прохождении колёсами вагонов стыков и неровностей рельсового пути (трамвай, метро, железная дорога); взрывные, сейсмич., ветровые и волновые воздействия на сооружения и т. п. Колебательный характер имеют не только перемещения точек сооружения, но и возникающие при этом внутр. усилия и напряжения в его элементах. Осн. содержание динамич. расчёта сооружения составляют определение параметров его напряжённо-деформированного состояния (ожидаемых амплитуд перемещений, внутр. усилий и напряжений) при колебаниях под действием динамич. нагрузки и сравнение их с допустимыми значениями. Допустимые значения амплитуд внутр. усилий обусловлены требованиями прочности и долговечности строит. конструкций, а значения амплитуд скоростей и ускорений колебаний зданий и сооружений, в которых находятся люди или установлено чувствительное к вибрациям технологич. оборудование, — требованиями исключения вредного влияния колебаний здания на здоровье людей

(устанавливаются санитарными нормами) и на нормальную работу виброчувствительного оборудования (согласно его паспортным данным).

Д. с. в осн. развивается по двум гл. направлениям. Первое из них представляет собой аналитическую динамику, связанную с наиболее старым разделом строит. механики – статикой сооружений. Аналитич. динамика использует в расчётах (обобщая на основе Д'Аламбера принципа) разработанные в статике классич. методы строит. механики (методы сил, перемещений, начальных параметров и др.). Второе направление – прикладная Д. с., которая на реальных объектах и имитационных моделях изучает динамич. нагрузки (природного и техногенного происхождения) на сооружения, определяет динамич. характеристики материалов и конструкций (динамич. модули упругости, внутр. трение, пределы выносливости материалов и соединений конструкций – заклёпочных, сварных и др., пределы прочности и текучести при больших скоростях деформирования, вызываемых мощными ударами), проверяет надёжность расчётных схем сооружений и эффективность разрабатываемых методов борьбы с вибрац. повреждениями в пром-сти и строительстве, способствует произ-ву средств виброзащиты, шумоглушения и т. п.

Методы динамич. расчёта сооружения зависят от вида динамич. нагрузки и расчётной схемы сооружения. Динамич. нагрузки разделяются на детерминированные (изменяющиеся во времени по определённому закону) и случайные (изменяющиеся во времени незакономерно и характеризующиеся статистич. величинами). В зависимости от вида расчётной схемы сооружения (балка, ферма, рама, арка, плита, оболочка) применяют соответствующий метод для определения амплитуды колебаний как функции координат точек сооружения. В динамич. расчётах сооружения классифицируются по числу степеней свободы, т. е. по количеству независимых числовых параметров, однозначно определяющих положение всех точек системы в пространстве в любой фиксированный момент времени. Если число степеней свободы сооружения конечно, то для его динамич. расчёта обычно используют метод разложения решения по собств. функциям (формам колебаний). Определение спектра собств. частот и соответствующих им форм собств. колебаний является важным этапом динамич. расчёта сооружения, позволяющим ещё на ранней стадии проектирования предугадать качественную картину вынужденных колебаний,

максимально сократить расчёт и проанализировать необходимость выполнения возможной корректировки проектных решений.

**Исторический очерк.** Д. с. как наука зародилась в 1920–30-х гг.; её возникновение было обусловлено практич. нуждами строительства, столкнувшегося со значит. увеличением статич. и динамич. нагрузок на сооружения вследствие быстрого развития технологий и возведения большого количества новых пром. предприятий. Большой вклад в становление Д. с. был сделан рос. учёными А. Н. [Крыловым](#), В. В. Болотиним, а также С. П. [Тимошенко](#) (США), В. Новацким (Польша), Р. В. Клафом (США), Дж. Ден-Гартогом (США), Э. Раушем (Германия). Тем не менее в эти годы Д. с. ещё существенно отставала от её осн. теоретич. базы – теории колебаний и строит. механики. Применявшийся в этот период традиц. метод учёта влияния динамики введением в статич. расчёт сооружения динамич. коэффициента нагрузки был достаточно условным и не учитывал динамич. характеристики сооружений. В 1930-х гг. развитию Д. с. в СССР способствовали труды Д. Д. Баркана, К. С. [Завриева](#), А. Ф. Смирнова, В. А. Ильичёва, О. А. Савинова и др. Новый толчок развитию Д. с. дали успехи вычислит. техники после Вел. Отеч. войны, позволившие с помощью ЭВМ численно решать многие сложные задачи, выдвигаемые строит. практикой. В 1960–70-х гг. в СССР была издана впервые в мировой практике серия справочников и руководств по Д. с., разработанных в Ин-те строит. конструкций (ЦНИИСК) и НИИ оснований и подземных сооружений (НИИОПС). В эти же годы получили развитие новые важные направления в Д. с.: динамич. расчёт конструкций с неклассическими диссипативными характеристиками (Я. Г. Пановко, Г. С. Писаренко, Е. С. Сорокин, А. И. Цейтлин и др.); расчёт динамич. гасителей колебаний (Б. Г. Коренев, Л. М. Резников и др.); расчёт конструкций, опирающихся на упругое инерционное основание (Н. М. Бородачёв); расчёт сооружений на случайные нагрузки с применением методов статистич. динамики или теории случайных процессов (В. В. Болотин, И. И. Гольденблат, Н. А. Николаенко, Ю. П. Назаров, М. Ф. Барштейн, Н. А. Попов и др.), в т. ч. разработка статистич. методов расчёта сооружений на групповые динамич. нагрузки (А. И. Цейтлин, Н. И. Гусева).

## Литература

Лит.: Баркан Д. Д. Динамика оснований и фундаментов. М., 1948; Ден-Гартог Дж. Механические колебания. М., 1960; Болотин В. В. Статистические методы в строительной механике. 2-е изд. М., 1965; Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле. М., 1967; Вибрации в технике: Справочник. М., 1978. Т. 1: Колебания линейных систем / Под ред. В. В. Болотина; Рауш Э. Фундаменты машин. М., 1978; Клаф Р., Пензиен Дж. Динамика сооружений. М., 1979; Цейтлин А. И. Прикладные методы решения краевых задач строительной механики. М., 1984.