

ОПД.Р.03 СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА
ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ
Терминологический словарь

Приведены основные понятия, определения и принципы механики деформируемых сред, проектирования, возведения и эксплуатации зданий. Перечислены выдающиеся учёные в области механики и строительства.

Предназначено для студентов 5, 6 курсов специальностей 270102, 270105, 270301 всех форм обучения, а также для студентов, бакалавров, магистрантов, аспирантов, обучающихся на архитектурно-строительном факультете.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ	74
3. ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЁНЫЕ В ОБЛАСТИ МЕХАНИКИ И СТРОИТЕЛЬСТВА	83
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	92

ВВЕДЕНИЕ

В период обучения студенты, бакалавры и магистранты сталкиваются с многочисленными понятиями и определениями. Иногда, в литературе приводятся разные толкования одних и тех же понятий. При выполнении научно-исследовательских работ добавляются понятия из других фундаментальных дисциплин, которые не изучаются в вузе. При подготовке статей и работ часто вместо общепринятых в механике определений приводят свои, что искажает смысл полученных результатов. Основной целью пособия является углубленное понятие изучаемых материалов и конструкций.

Научно-исследовательская работа должна опираться на фундаментальные теоремы и принципы механики деформируемых сред, давно открытые и прошедшие многократную проверку. Неиспользование их приводит к ошибочным действиям, сводящим на нет всю сделанную работу. В пособии приведены основные принципы и теоремы механики. Основное внимание уделено реологическим проблемам.

Ряд понятий, определений, принципов связаны с именами выдающихся учёных. Они, как правило, отличаются фундаментальными открытиями в разных областях науки и практики. Знать их и основные вехи их творчества важно на пути формирования специалиста.

Кроме того, целью пособия является систематизация понятий, определений, принципов и теорем, описание их с единых позиций. Для более углубленного освоения теоретических и практических основ изучаемых дисциплин приводится обстоятельная литература в основном монографического характера.

Материал изложен в виде краткого справочника по вопросам, которые встречаются, могут встретиться или необходимо знать для повышения своего научного уровня и квалифицированной подготовки научных работ.

Пособие может быть инструментом контроля остаточных знаний и самооценки уровня инженерной и научной (для магистрантов) подготовки.

1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОНЯТИЯ

Авария – обрушение здания, сооружения в целом, его части или отдельного конструктивного элемента; превышение предельно допустимых деформаций; наступление состояния, угрожающего безопасному ведению работ или эксплуатации.

Это опасное техногенное происшествие, создающее на объекте определённой территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению или повреждению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, нанесению ущерба окружающей среде (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Авторский надзор – контроль лица, осуществившего подготовку проектной документации за соблюдением в процессе строительства требований проектной документации.

Адаптация – приспособление организмов, систем, зданий и сооружений к условиям функционирования.

Акведук – мостовые сооружения на переходе.

Ангар – сооружение из металла для хранения, технического обслуживания и ремонта самолётов и вертолётов.

Активная деформация – деформация, происходящая при монотонном возрастании нагрузки.

Амплитуда колебаний – максимальная и минимальная величины отклонения колеблющейся точки от положения равновесия. Удвоенная амплитуда называется размахом колебаний.

Анизотропная среда – среда, свойства которой разные в разных направлениях.

Антропогенные образования – твёрдые отходы производственной и хозяйственной деятельности человека, в результате которой произошло коренное изменение состава, структуры и текстуры природного минерального или органического сырья.

Арки – распорные конструкции. Усилие распора создаёт момент, обратный моменту от нагрузки. Распор воспринимается опорами или затяжкой.

Арматура – совокупность соединённых между собой элементов, которые при совместной работе с бетоном в железобетонных сооружениях

воспринимают растягивающие напряжения (могут использоваться для усиления бетона в сжатой зоне).

Арматура конструктивная – арматура, устанавливаемая без расчёта из конструктивных соображений.

Арматура рабочая – арматура, устанавливаемая по расчёту на действие изгибающего момента и поперечной силы.

Арматурная сетка – плетёная или сварная сетка из арматурной проволоки или стержней, применяемая для армирования.

Арочные системы – системы криволинейного или ломаного очертания, в опорах которых от вертикальной нагрузки возникают наклонные реакции, направленные, как правило, внутрь пролёта.

Атмосферостойкие стали – стали с повышенной коррозионной стойкостью. Это низколегированные стали, содержащие в небольшом количестве хром, никель, медь.

Базис переменных X_i – величина в теории надёжности, необходимая для описания предельного состояния (нагрузка, свойства материалов и грунтов, геометрические размеры и т.д.). В основном это случайные тела или процессы.

Уравнение предельного состояния имеет вид

$$g(x) = g(x_1, x_2, \dots, x_m) = 0.$$

Отказ по рассматриваемому состоянию:

$$g(x_1, x_2, \dots, x_m) \leq 0.$$

В противном случае – безотказная работа.

Балка – изгибаемый стержень, конструктивный элемент, обычно в виде бруса, работающий главным образом на изгиб; сплошной или составной стержень, обычно призматической формы, применяемый для перекрытия перемещений; несущий линейный элемент строительной конструкции (металлоконструкции), расположенный горизонтально или наклонно и опирающийся на две или несколько опор.

Балочные конструкции – элементы, работающие на изгиб, не имеют распора, не чувствительные к температурным изменениям (балки, фермы).

Балочные плиты – плиты с отношением сторон $l_1/l_2 > 2$.

Баня – сооружение, высота которого превышает его ширину; высотное сооружение, жёстко закреплённое в основании.

Безопасность – означает отсутствие угрозы. Относительная безопасность достигается, если риск не превышает допустимого предела.

Безотказность – свойство объекта (элемента) непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени без вынужденных перерывов.

Безусловно необходимые связи (И.М. Рабинович) – такие связи, которые нельзя отбросить не превращая систему в механизм.

Бескаркасные системы – системы, состоящие из пластинок (стен), оболочек открытого и замкнутого профиля, объёмных тонкостенных блоков.

Бетон – искусственный каменный материал, получаемый в результате отвердевания бетонной смеси, состоящий из вяжущих, заполнителей, воды и химических добавок. Плотность бетона (γ_6 , кг/м³): особо тяжёлые ($\gamma_6 = 2500 \dots 6000$); тяжёлые ($\gamma_6 = 2200 \dots 2500$); облегчённые ($\gamma_6 = 1800 \dots 2200$); лёгкие ($\gamma_6 = 500 \dots 1800$); особо лёгкие ($\gamma_6 = \leq 500$).

Биение – явление, возникающее при сложении двух гармонических колебаний, происходящих с частотами, мало отличающимися друг от друга.

Бункера – саморазгружающиеся хранилища сухих сыпучих материалов (песка, щебня, угля, минеральных удобрений), загрузка которых осуществляется сверху, а разгрузка – снизу. Высота бункера не превышает 1,5 большего размера бункера в плане. При этом не учитываются силы трения материала о стенки бункера.

Ванга – прямолинейный или провисающий стержень, работающий на растяжение и не несущий поперечной нагрузки в пролёте.

Вантовый мост – висячий мост, в котором основная несущая конструкция – металлическая ферма – выполнена из стальных тросов (вантов). Жёсткое полотно дороги поддерживается тросами, закреплёнными непосредственно на опорах. Использование высокопрочных стальных тросов позволяет экономить материалы, снизить затраты, а также делает конструкцию более лёгкой. Мосты данного типа проектируются с использованием компьютерного моделирования.

Ванты – гибкие элементы (растяжки), обычно стальные тросы для крепления висячих конструкций (мосты, радиомачты и т.д.).

Вектор – величина, определяемая одновременно числовым значением, направлением и знаком, указывающим порядок отсчёта по этому направлению. В векторном анализе радиус-вектор r определяется геометрической суммой

$$r = ix + jy + kz,$$

где i, j, k – единичные векторы; x, y, z – составляющие r по положительным направлениям координатных осей.

Ветровой резонанс – возникает в виде установившихся колебаний поперёк потока при определённых скоростях ветра вследствие периодического срыва вихрей поочередно с противоположных кромок элемента, в случае близости частоты срыва вихрей к одной из первых собственных частот конструкций.

Виадук – мостовое сооружение на переходе через глубокий овраг, ущелье, лощина сход с высоким расположением уровня проезда над дном препятствия.

Вибрационная прочность – способность материала противостоять переменной нагрузке, т.е. работать без наступления усталостного разрушения.

Виды грунтов:

Грунт глинистый – связный минеральный грунт, обладающий числом пластичности $T_p \geq 1$.

Песок – несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером меньше 2 мм составляет более 50% ($T_p = 0$).

Грунт крупнообломочный – несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером крупнее 2 мм составляет более 50%.

Грунт набухающий – грунт, который при замачивании водой или другой жидкостью увеличивается в объёме и имеет относительную деформацию набухания (в условиях свободного набухания) $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$.

Грунт просадочный – грунт, который под действием внешней нагрузки и собственного веса или только от собственного веса при замачивании водой или другой жидкостью претерпевает вертикальную деформацию (просадку) и имеет относительную деформацию просадки $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$.

Виды контроля качества классифицируются в зависимости: от места и времени проведения контроля в технологическом процессе (входной, операционный, приёмочный), от охвата контролируемых параметров (сплошной, выборочный), от периодичности контроля (непрерывный, периодический, летучий), от применения специальных средств контроля (измерительный, визуальный, технический, регистрационный).

Висячие покрытия – покрытия, в которых главная несущая пролётная конструкция работает на растяжение. Это распорные системы. Для восприятия горизонтальных составляющих нагрузок необходима опорная конструкция.

Висячие стропила – стропильная ферма, конструкция которой образована системой из стропил, раскосов, подкосов и затяжек, т.е. имеющая сжатые и растянутые элементы. Система висячих стропил опирается на крайние стены.

Влияние температуры на механические свойства стали – при нагревании выше 400 °С резко снижается предел текучести и временного сопротивления. При температуре 600...650 °С наступает температурная пластичность и сталь теряет свою несущую способность.

Внешне статически неопределимая система – система, имеющая внешние лишние связи (опорные стержни).

Внутренние напряжения – система напряжений, которые могут существовать в равновесии внутри тела, когда к его поверхности не приложены ни нормальные, ни касательные напряжения (А. Надаи).

Внутренняя статически неопределимая система – система, прикреплённая к основанию тремя опорными стержнями и имеющая лишние связи внутри структуры.

Водонапорные башни – сооружения, служащие для регулирования напора воды в водопроводной сети и обеспечения бесперебойного снабжения водой. Состоят из резервуара объёмом до 5 тыс. м³, опорной конструкции высотой до 50 м и фундамента.

Водонепроницаемость – способность бетона не пропускать воду под давлением.

Водопроницаемость грунта – способность грунта пропускать через себя свободно гравитационную воду под действием разности напоров.

Воздействие – явление, вызывающее изменение напряжённо-деформированного состояния строительных конструкций и(или) основания здания или сооружения (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений, Федеральный закон № 381-ФЗ).

Возможная работа – работа заданной силы на возможном перемещении.

Возможное перемещение – малое перемещение, не зависящее от заданных внешних воздействий и удовлетворяющее имеющимся кинематическим связям.

Возможные перемещения – перемещения точек механической системы, не нарушающих наложенных на эту систему связей.

Временное сопротивление σ_u – наибольшее напряжение, предшествующее разрушению (с образованием магистральных трещин и разрыхления пластичного материала).

Временные длительные нагрузки – вес стационарного технологического оборудования, вес складываемых материалов в хранилищах, давление газов, жидкостей и сыпучих материалов в ёмкостях и т.д.

Вторая теорема прочности – хрупкое разрушение в данной точке возможно только при условии $\epsilon_1 > 0$ и достигает определённого для данного материала критического значения при $\epsilon_1 = \epsilon_u$.

Выносливость – способность конструкций выдерживать, не разрушаясь, определённый уровень переменного во времени напряжения при заданном числе циклов N_n . Уровень напряжения характеризуется его средним значением $\sigma_m(t)$ и амплитудой $\sigma_a(t)$.

Выносливость металла – способность металла сопротивляться усталостному разрушению.

Высокопрочный бетон – бетон высоких классов (от В60 и выше) изготавливается из высокопрочного портландцемента, песка, который предварительно промывается, и щебня с маркой не ниже М1200 – М1400, отличается с низким В/Ц (0,27...0,45).

Высотные сооружения – сооружения, высоты которых на много превышают размеры в поперечном направлении.

Выщелачивание – процесс вымывания из тела бетона гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, в результате чего прочность бетона снижается.

Вязкие деформации – деформации, зависящие от времени.

Вязкость – зависимость картины процесса от скорости нагружения.

Газобетон – смесь портландцемента, тонкомолотого наполнителя (кварцевого песка, доменного шлака, золы-уноса, нефелинового шлама и др.), воды и газообразователя (часто алюминиевая пудра).

Газозельеры – сооружения, предназначенные для хранения, сплавления и регулирования расхода и давления газов.

Галопирование – нарастающие вертикальные колебания балок жёсткости при действии ветра на плохо обтекаемую конструкцию вследствие переменности угла и, соответственно, подъёмной силы ветра.

Гармонические колебания – колебания, происходящие по закону синуса или косинуса.

Гауссова кривизна – произведение главных кривизн $\rho_1 = 1/R_1$ и $\rho_2 = 1/R_2$, т.е. $\rho = \rho_1\rho_2$. При расположении центров кривизны с одной стороны от поверхности имеют положительную гауссову кривизну ($\rho > 0$), с разных сторон – отрицательную гауссову кривизну ($\rho < 0$). Поверхности оболочек, как правило, образуют способом вращения или переноса.

Геологические процессы – процессы, вызывающие изменения в составе и строении земной коры, а также образовании и разрушении горных пород.

Геометрически неизменяема система – система, образованная двумя дисками, связанными между собой с помощью трёх стержней, оси которых не пересекаются в одной точке и не параллельны друг другу. К диску можно геометрически неизменяемо присоединить другой диск с помощью общего для обоих дисков шарнира (стержня), направление которого не должно проходить через этот шарнир.

Геометрическая нелинейность – перемещение конструкции вызывает значительные изменения геометрии, и уравнения равновесия составляют для деформированного состояния.

Геосинтетические материалы – материалы на основе полимерных волокон, проволоки, плёнки, тканей, сетки, сотовых каркасов и т.д.

Гибкая нить – линейный элемент, способный сопротивляться лишь растяжению и не сопротивляющийся никаким другим видам деформации; это нить с нулевой изгибной жёсткостью, работающая только на растяжение.

Гидрогеология – наука о подземных водах. Она изучает свойства и химический состав, условия залегания и движения, происхождение и историю, геологическую и геохимическую деятельность подземных вод.

Гидростатическое давление – предел отношения силы давления ΔF к площади элементарной площадки Δs , на которую она действует, когда площадь стремится к нулю.

$$p = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta F}{\Delta s} \right).$$

Гидростатическое давление жидкости – давление на глубине z

$$P_z = \gamma_f \gamma_g z,$$

где γ_f – коэффициент надёжности по нагрузке; $\gamma_g = \rho_\omega g$ – удельный вес жидкости (воды).

Гидрофобный цемент – цемент, обладающий пониженной способностью вбирать в себя воду, что увеличивает длительность его хранения.

Гиперболоидные конструкции в строительстве и архитектуре – сооружения в форме гиперболоида вращения или гиперболического параболоида (гипар). Такие конструкции, несмотря на свою кривизну, строятся из прямых балок.

Голономная система – система, все связи которой голономны, т.е. осуществляющие зависимости между координатами точек системы.

Горное давление – давление грунта на подземную конструкцию.

Главные касательные напряжения:

$$\begin{cases} \tau_{12} = \pm \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2); \\ \tau_{23} = \pm \frac{1}{2}(\sigma_2 - \sigma_3); \\ \tau_{31} = \pm \frac{1}{2}(\sigma_3 - \sigma_1). \end{cases}$$

Главные площадки – площадки, по которым касательные напряжения равны нулю. Нормальные напряжения по этим площадкам называют главными.

Главные векторы и главные моменты – внутренние силы, распределённые по поперечному сечению бруса, могут быть приведены к его центру тяжести, т.е. главным векторам и главным моментам, и могут быть разложены на составляющие Q_x , Q_y , N , M_x , M_y , M_z (M_z – крутящий момент).

Эти силы являются статическим эквивалентом внутренних сил:

$$Q_x = \int_A \tau_{yx} dA; \quad Q_y = \int_A \tau_{zy} dA; \quad N = \int_A \sigma_z dA;$$

$$M_x = \int_A \sigma_z y dA; \quad M_y = \int_A \sigma_z x dA; \quad M_z = \int_A (\tau_{zx} y - \tau_{zy} x) dA,$$

где z – продольная ось бруса.

Главные растягивающие и главные сжимающие напряжения в предварительно напряжённом элементе и определяются по формуле

$$\sigma_{mt} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2},$$

где σ_x – нормальное напряжение на площадке, перпендикулярной продольной оси элемента, от внешней нагрузки и усилия предварительного обжатия; σ_y – нормальное напряжение в бетоне на площадке, параллельной продольной оси элемента, от местного действия опорных реакций, сосредоточенных сил и распределённой нагрузки, а также усилия обжатия вследствие предварительного напряжения хомутов и отогнутых стержней.

Грунт – любая горная порода или почва (а также твёрдые отходы производственной и хозяйственной деятельности человека), представляющие собой многокомпонентную систему, изменяющуюся во времени и используемую как основание, среда или материал для возведения зданий или инженерных сооружений.

Грунтоведение – наука, изучающая любые горные породы и почвы как многокомпонентные динамические системы, изменяющиеся в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Группы предельных состояний:

первая группа включает в себя потери несущей способности и полную непригодность конструкции к эксплуатации вследствие потери устойчивости, разрушения материала, качественного изменения конфигурации, чрезмерного развития пластических деформаций;

вторая группа предельных состояний характеризуется затруднением нормальной эксплуатации сооружений или снижением долговечности вследствие появления недопустимых перемещений (прогибов, осадок опор, углов поворота, колебаний, трещин и т.п.).

Давление набухания – давление, которое развивается при невозможности объёмных деформаций в процессе набухания.

Движение точки – точка движется, если её координаты меняются во времени (Л.И. Седов) $x^i = f^i(t)$; ($i = 1, 2, 3$).

Движение сплошной среды – движение всех её точек (Л.И. Седов).

Двухшарнирная арка – сооружение с кривой осью, опирающееся на две неподвижные шарнирные опоры.

Девiator деформаций

$$D_{\text{деф}} = \begin{pmatrix} \varepsilon_x - \varepsilon_{\text{ср}} & \frac{1}{2} \gamma_{xy} & \frac{1}{2} \gamma_{xz} \\ \frac{1}{2} \gamma_{yx} & \varepsilon_y - \varepsilon_{\text{ср}} & \frac{1}{2} \gamma_{yz} \\ \frac{1}{2} \gamma_{zx} & \frac{1}{2} \gamma_{zy} & \varepsilon_z - \varepsilon_{\text{ср}} \end{pmatrix}.$$

Девiator напряжения – однородное напряжённое состояние, при котором сумма главных напряжений обращается в нуль $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$.

$$D_{11} = \begin{pmatrix} \sigma_x - \sigma_{cp} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y - \sigma_{cp} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z - \sigma_{cp} \end{pmatrix}.$$

Действительная интенсивность распределённой нагрузки по поверхности с нормалью ν

$$P_\nu = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_\nu}{\Delta A}.$$

Действительная интенсивность объёмной силы

$$P_V = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta F_V}{\Delta V}.$$

Действительное (или грузовое) состояние – состояние, вызванное действием заданной нагрузки.

Дефект – каждое несоответствие строительных конструкций, инженерного оборудования, их элементов и деталей требованиям, установленным нормативно-технической документацией.

Деформация – изменение размеров и формы сооружения под действием нагрузки, температуры, неравномерных осадок фундаментов, влияния соседних зданий, воздействия от работающей техники и др.

Деформация прямоугольного поперечного сечения изгибаемого бруса – в сжатой зоне в силу эффекта поперечной деформации происходит расширение, а в растянутой – сужение. Торцы бруса, плоские до деформации, остаются плоскими после деформации. Сетка линий, нанесённая на торцы, оставаясь ортогональной, испытывает деформацию. Линии сетки на торце, параллельные верхней и нижней граням, искривляются. Верхняя и нижняя грани бруса, плоские до деформации, приобретают форму плоских поверхностей отрицательной гауссовой кривизны. Боковые грани становятся линейчатыми поверхностями.

Деформация сдвига – деформация, происходящая при однородном напряжённом состоянии носит название жёсткого сдвига. Это изменение первоначально прямого угла под действием касательных напряжений. При малых деформациях

$$\tau = G\gamma,$$

где G – модуль сдвига (модуль упругости второго рода)

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}.$$

Деформационные уравнения равновесия элемента стержня с прямоугольной осью:

$$q_x = -\frac{dQ_x}{dz}; \quad q_y = -\frac{dQ_y}{dz}; \quad q_z = -\frac{dN}{dz};$$
$$m_x = -\frac{dM_x}{dz} + Q_y; \quad m_y = -\frac{dM_y}{dz} + Q_x; \quad m_z = -\frac{dM_z}{dz}.$$

где q_x, q_y, q_z – составляющие распределённой нагрузки, действующие на прямолинейный стержень в системе координат x, y, z ; m_x, m_y, m_z – распределённые моментные нагрузки с составляющими в той же системе координат.

Деформированная схема – система, отклонённая от недеформированного состояния.

Диаграмма работы материалов – зависимость σ – ϵ . Различают материалы: идеально линейно-упругие, нелинейно-упругие, упругопластические (диаграмма Прандля), жёсткопластические, упругопластические с упрочнением, упругопластические с разупрочнением.

Динамика сооружений – область строительной механики, в которой изучаются методы расчёта, и исследуются поведение сооружений при динамических воздействиях.

Динамическая жёсткость – жёсткость при достаточно быстрых процессах деформирования конструкций.

Динамические нагрузки – нагрузки, вызывающие значительные по величине силы инерции при скачкообразном изменении их величины, места приложения, направления при одновременном изменении ряда параметров.

Диссипативные системы – системы, обладающие свойством рассеивать энергию.

Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки:

$$\omega^4 = -\frac{M}{EI}.$$

Дифференциальные уравнения для относительных изменений деформаций и относительных сдвигов γ (уравнение Коши):

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \varepsilon_z = \frac{\partial \omega}{\partial z}; \\ \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}; \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial \omega}{\partial y}; \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}. \end{array} \right.$$

Дифференциальное уравнение прогнутой оси балки:
точное уравнение

$$\frac{u''}{\sqrt{[1+(u')^2]^3}} = -\frac{M_x}{EJ_x};$$

приближённое уравнение (если пренебречь величиной $(u')^2$ по сравнению с единицей)

$$u'' = -\frac{M_x}{EJ_x}.$$

После двойного дифференцирования и постоянной по длине жёсткости балки

$$EJ_x u'' = q_y.$$

Дифференциальные уравнения равновесия:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum X = 0, \quad \sum M_x = 0; \\ \sum Y = 0, \quad \sum M_y = 0; \\ \sum Z = 0, \quad \sum M_z = 0. \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + Xp = p \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}; \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Yp = p \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}; \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Zp = p \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2}. \end{array} \right.$$

Длительная прочность – сопротивляемость материала пластическим деформациям и разрушению при длительном действии нагрузки.

Добавки к бетонам – химические вещества, позволяющие повысить качество бетона и придать им специфических свойств. Используют добавки: ускоряющие твердение бетона (хлорид кальция CaCl_2 , поташ K_2CO_3 , нитрат кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, нитрит кальция $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$, нитрит натрия NaNO_2), противоморозные, понижающие температуру замерзания бетона (используют те же добавки – ускорители твердения и комплексные, например НКМ – нитрат кальция + мочевины. НКМ – нитрит-нитрат кальция + мочевины. НКМ – нитрит-нитрат-хлорид кальция + мочевины).

Долговечность – свойство объекта (элемента) сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Долговечность конструкции – способность сохранять эксплуатационные свойства в течение заранее предусмотренного отрезка времени.

Дымовые трубы – сооружения, предназначенные для отвода продуктов сгорания от тепловых объектов в атмосферу. Высота их достигает 500 м, изготавливают из кирпича и железобетона (обычного и предварительно напряженного).

Единичное состояние (или фиктивное) – состояние сооружения, вызванное действием единичной силы.

Жаропрочность – способность материала противостоять пластической деформации и разрушению при приложении нагрузки в условиях высоких температур.

Жаростойкий бетон (жаропрочный бетон, жаробетон) – специальный бетон, способный сохранять необходимые физико-механические свойства при длительном воздействии высоких температур (до 1800 °С). Изготавливают из связующего, тонкомолотой минеральной добавки, жаростойких заполнителей и воды (или другого затворителя, например ортофосфорной кислоты).

Жаростойкость – стойкость бетонов при постоянном и длительном воздействии высокой температуры при эксплуатации различных тепловых агрегатов (бетон жароупорный); способность материала хорошо противостоять химическому воздействию при высоких температурах.

Железобетон – строительный композиционный материал, представляющий собой залитую бетоном стальную арматуру. Запатентован в 1867 г. Жозефом Монье как материал для изготовления кадок для растений. Термин «железобетон» абстрактен и употребляется обычно в выражении «теория железобетона».

Железнение – укрепление поверхности свежесуложенного бетона цементом.

Жёсткая нить – нить конечной изгибной жёсткости, работающая преимущественно на растяжение, но способная воспринимать небольшие изгибающие моменты.

Жёсткие узлы – узлы, в которых угол между осями стержней, смыкающихся к узлу, остаётся постоянным после деформации системы.

Жёсткость – способность конструкции или её элемента не подвергаться значительной деформации (или подвергаться в определённых пределах) при внешних механических воздействиях.

Живучесть – свойство системы сохранять несущую способность при выходе из строя одного или нескольких элементов; способность конструкции адаптироваться к непредвиденным, как правило, аварийным ситуациям, выполняя при этом свою целевую функцию.

Жидкое стекло (ж. с.) – водный раствор стекловидных силикатов натрия или калия различной плотности и соотношения двуоксида кремния: оксид натрия или калия (модули). Жидкое стекло является вяжущим в жаростойких бетонах. Используется для пропитки пористых материалов.

Жизненный цикл здания или сооружения – период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Задача Буссинеска (1885) – определяются напряжения и перемещения в упругой среде от действия сосредоточенной силы, приложенной к поверхности пространства.

Задача Л. Кельвина – определяются напряжения и перемещения в упругой среде от действия сосредоточенной силы, приложенной на такой глубине, что влиянием граничной плоскости пренебрегают.

Задача Р. Миндлина (1936) – определяются напряжения и перемещения в упругой среде от действия сосредоточенной силы, приложенной вблизи поверхности полупространства.

Задача Фламана (1892) – действие на поверхность полупространства погонной сосредоточенной нагрузки. Решение используют для вычисления нормальных и касательных напряжений в любой точке массива от действия сплошной полосовой нагрузки (плоская задача).

Мичелл (1902) предложил формулу для вычисления главных напряжений в массиве. Направление большего главного напряжения совпадает с углом видимости. Напряжённое состояние основания может быть наглядно представлено с помощью эллипсов напряжений, построенных на полуосях главных напряжений.

Закон движения континуума – для любой точки континуума, выделяемой координатами a, b, c закон движения имеет вид $x^i = x^i(a, b, c, t)$.

Определение функции x^i является основным законом механики.

Затяжки – элементы конструкции, с помощью которых создаётся предварительное напряжение; применяют для восприятия распора.

Защитный слой бетона – слой бетона от наружной поверхности железобетонной конструкции до ближайшей поверхности арматуры. Применяется для защиты арматуры от коррозии и работает совместно с бетоном.

Здание – результат строительства, представляющий собой объёмную строительную систему, имеющую надземную и(или) подземную части, включающую в себя помещения, сети инженерно-технического обеспечения и предназначенную для проживания и(или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных.

Инварианты – выражения, сохраняющие свои значения при изменении входящих в них элементов, происходящем с изменением некоторого фактора, например, координатных осей. Термин подчеркивает неизменность величины по отношению к соответствующему фактору.

Идеально пластический материал – материал, который переходит в состояние текучести, когда октаэдрическое касательное напряжение τ_0 достигает своего максимального значения независимо от величины октаэдрического сдвига и остаётся постоянным во время течения (А. Надаи)

$$\tau_0 = \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} = \frac{\sqrt{2}\sigma_0}{3} = \text{const};$$

$$\gamma_0 = \frac{2}{3} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_3 - \epsilon_1)^2},$$

где σ_0 – предел текучести при растяжении; τ_0 – мера интенсивности напряжения, вызывающая пластическую деформацию; γ_0 – октаэдрический сдвиг.

Изгиб балки – деформация, которая сопровождается изменением кривизны осевой линии.

Изгибно-крутильный флаттер – нарастающие во времени взаимосвязанные изгибные и крутильные колебания, возникающие при несовпадении центра изгиба сечения с центром приложения аэродинамических сил.

Измерение – определение опытным путём с помощью технологических средств значения физической величины.

Изотропная среда – среда, свойства которой одинаковы по всем направлениям; компоненты тензоров, определяющие её свойства, не меняются при любых ортогональных преобразованиях, в противном случае среда анизотропна.

Импульсные нагрузки – кратковременные нагрузки при $\tau \rightarrow 0$.

Ингибиторы – вещества, которые могут тормозить и практически подавлять коррозию в агрессивных средах. Они блокируют поверхность арматуры и экранируют от воздействия агрессивных веществ (ингибиторы поверхности) или устраняют агрессивное воздействие коррозионных сред.

Индустриальность – возможность механизированного и автоматизированного изготовления конструкций, монтажа и отделки в кратчайшие сроки при помощи высокопроизводительных машин и механизмов.

Инертные (отошающие) материалы – природные или искусственные каменные материалы, применяющиеся для увеличения массы и уменьшения стоимости продукта.

Инженерные конструкции – сооружения и их часть, предназначены для восприятия разнообразных нагрузок и воздействий, если их размеры определены расчётом на прочность, устойчивость, выносливость, трещиностойкость и жёсткость.

Интенсивность деформаций

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{2(1+\mu)} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2}.$$

Итерационные методы решения – последовательность приближения решения строится с помощью фиксированного набора операций.

Интерференция – сложение двух периодических явлений даёт третье явление с более крупным периодом.

Искусственное регулирование усилий – способы более полного использования материала во всех элементах статически неопределённых систем, приводящие к экономическому эффекту.

Исправное состояние – категория технического состояния строительной конструкции или здания или сооружения в целом, характеризующая отсутствием дефектов и повреждений, влияющих на снижение несущей способности и эксплуатационной пригодности.

Истинное напряжение в т. А, действующее на площадке с нормалью v :

$$p_v = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta P_v}{\Delta A}.$$

Карбонизация – химическая реакция щелочных компонентов цементного камня с двуокисью углерода и образованием карбонатов.

Каркас – комплекс несущих конструкций, воспринимающий и передающий на фундаменты нагрузки от массы ограждающих конструкций, технологического оборудования, атмосферные нагрузки и воздействия, нагрузки от внутрицехового транспорта, температурно-технологические воздействия.

Каркасные здания – здания, основной несущей системой которых является каркас, состоящий из колонн и ригелей или только из колонн (безригельная схема).

Каркасные системы – системы, состоящие из стержней.

Каркасы рамного типа – это системы, состоящие из жёстко соединённых между собой колонн и ригелей, образующих плоские и пространственные рамы, объединённые междуэтажными перекрытиями.

Каркасы рамно-связевого типа – это системы аналогичны по своей схеме связевым, но отличаются от них жёсткими соединениями колонн и ригелей, не входящих в связевую конструкцию; вертикальные связи воспринимают горизонтальные нагрузки совместно с рамами, расположенными в одной или разных плоскостях со связями.

Каркасы связевого типа – это системы в виде вертикальных связей, расположенных на некотором расстоянии одна от другой и соединённых между собой горизонтальными жёсткими дисками; горизонтальная жёсткость обеспечивается за счёт работы диагональных элементов и колонн при шарнирном примыкании ригелей.

Каркасы ствольного типа – это системы, у которых главные опоры-стволы опираются на фундамент.

Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением (ГОСТ 15467–79).

Касательные напряжения на октаэдрической площадке (равноуклонной к главным осям)

$$\tau_{\text{окт}} = \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2)^2 + (\sigma_2 + \sigma_3)^2 + (\sigma_3 + \sigma_1)^2}.$$

Категория требований к трещиностойкости железобетонной конструкции – в зависимости от условий работы конструкций и вида применяемой арматуры принимают категории: первая – не допускается образование трещин; вторая – допускается ограниченное по ширине непродолжительное раскрытие трещин при условии обеспечения их последующего надёжного закрытия; третья – допускается ограниченное по ширине непродолжительное и продолжительное раскрытия трещин.

Кинематически неопределимая система – стержневая система по концам стержней, в которой имеются линейные и(или) угловые перемещения.

Кинематически определимая система – основная система метода перемещений, представляющая собой заданную систему с наложенными на неё связями, препятствующими повороту и смещению узлов.

Кислотостойкий бетон – бетон, состоящий из вяжущего в виде растворимых силикатов калия или натрия, твердения и кислотостойких заполнителей: пылевидного наполнителя, песка (щебня). Применяется для конструкций подземных сооружений, покрытий некоторых цехов химической промышленности, цветной металлургии и т.п.

Классификация бетона – разделение бетонов по какому либо признаку (по назначению, виду вяжущего, виду заполнителя, структуре).

Коаксиальность тензоров напряжений и деформаций – совпадение траекторий главных напряжений и главных деформаций в каждой точке напряжённо-деформированного тела.

Колебания – периодические изменения (возрастание и убывание) параметров системы.

Колонна – вертикальный стальной опорный элемент в традиционных постройках, оформленный в соответствии с определённым архитектурным стилем; вертикальный элемент ордера; железобетонный или стальной вертикальный опорный элемент в современных зданиях, воспринимающий преимущественно сжимающие усилия, иногда с изгибом в одной или двух плоскостях.

Компоновка конструкционной схемы здания – принципиально конструктивное решение здания, включающее выбор сетки колонн, уста-

новление габаритов здания, компоновку покрытия, разбивку здания на температурные блоки, выбор схемы связей. При этом соблюдаются требования типизации и унификации.

Компрессионные кривые – графики зависимости относительных деформаций от сжимающих напряжений при компрессионном испытании грунтов.

Консервативные системы – идеализированные системы, у которых знак механической энергии при колебаниях не изменяется.

Консолидация грунта – процесс уплотнения, сопровождающийся отжатием воды из пор грунта.

Конструктивная арматура – арматура, устанавливаемая без расчёта по конструктивным соображениям в местах, где возможны случайные силовые воздействия.

Конструкционная безопасность – предотвращение аварий и обрушений здания (сооружения) в целом и составляющих частей, а также избежание других серьёзных повреждений, которые могут привести к опасности для жизни и здоровья людей, к ущербу окружающей среды или послужить причиной других аварийных ситуаций.

Контактные напряжения – напряжения, возникающие при нажатии одной части конструкции на другую или фундамента на грунт.

Контактные напряжения под абсолютно жёстким круглым штампом:

$$p(r) = \frac{F}{2\sqrt{1 - (r/R)^2}}.$$

для $r = 0$ $p(0) = 0,5F$; $r = 0,5R$ $p(0,5) = 0,58F$; $r = R$ $p = 0$.

Концентрации напряжений – отношение максимального напряжения в месте концентрации напряжений к основному, равномерно распределённому; резкая неравномерность распределения напряжений со значительными пиками вблизи отверстий, выточек, нерегулярностей формы.

Координаты центра тяжести сечения:

$$x_c = S_y(A)/A, \quad y_c = S_x(A)/A.$$

Конфигурация тела – расположение множества частиц, образующих тело в какой-либо момент времени.

Координатные линии – линии, на которых какие-либо две координаты сохраняют постоянные значения.

Коррозия – разрушение бетона или железобетона под действием среды, в которой они эксплуатируются.

Коррозия бетона – понижение эффективности и свойств бетона вследствие вымывания или выщелачивания из него растворимых составных частей, образования продуктов коррозии, не обладающих вяжущими свойствами, накопления малорастворимых кристаллизующихся солей. Это химические процессы, приводящие к снижению его технических свойств. Различают следующие виды коррозии: выщелачивающая, общекислотная, углекислая, магниевая, алюминиевая, сульфатная, общесолевая, биологическая.

Коррозионная долговечность – продолжительность коррозионной стойкости бетона-железобетона, в течение которой конструкция сохраняет проектные требования.

Косой изгиб – чистый изгиб, когда плоскость действия изгибающих пар не совпадает ни с одной из главных плоскостей этого стержня; это изгиб с выходом изогнутой оси балки в обе главные центральные области.

Дифференциальные уравнения изогнутой оси балки:

$$EI_x \frac{d^2 \vartheta(z)}{dz^2} = -M_x(z); \quad EI_y \frac{d^2 U(z)}{dz^2} = M_y(z); \quad EA \frac{d\omega_0(z)}{dz} = N_z(z);$$
$$\frac{d^2 M_x}{dz^2} = -q_y; \quad \frac{d^2 M_y}{dz^2} = q_x; \quad \frac{dN_z}{dz} = -q_z.$$

Нормальные напряжения в поперечном сечении балки при изгибе:

$$\sigma_x(x, y, z) = \frac{M_x(z)}{I_x} + \frac{M_y(z)}{I_y} x + \frac{N_z(z)}{A}.$$

Коэффициент длительного сопротивления – отношение длительного сопротивления к кратковременному. Длительное сопротивление – максимальное напряжение от действия постоянной статической нагрузки, которая может выдержать материал неограниченное время.

Коэффициент интенсивности напряжений – предел

$$\lim_{s \rightarrow 0} (\sigma_y \sqrt{s}),$$

где s – малое расстояние по линии трещины от её вершины до некоторой точки, где действует σ_y .

Коэффициент полностью определяет поле напряжений у вершины трещины.

Коэффициент концентрации – отношение максимального напряжения σ_{\max} в районе концентрации к номинальному $\sigma_{\text{ном}}$:

$$\alpha_{\text{теор}} = \sigma_{\max} / \sigma_{\text{ном}}$$

Коэффициент поперечной деформации – отношение поперечной деформации $\epsilon_{\text{поп}}$ и продольной ϵ , $\mu = \epsilon_{\text{поп}} / \epsilon$. Он отражает процесс изменения размера в поперечном напряжении. В области малых деформаций коэффициент называют коэффициентом Пуассона.

Принято считать, что с увеличением продольной деформации коэффициент Пуассона увеличивается, стремясь при достижении предела текучести к 0,5. Для расчётов принимают величины μ : для песков 0,3; суглинков 0,35; глин 0,45; бетона (0,16...0,18); стали (0,25...0,33); полимеров (0,3...0,4).

Коэффициенты условий работы бетона – коэффициенты, учитывающие особенности свойств бетона, длительность действия и многократную повторяемость нагрузки, условия и стадию работы конструкции, способ её изготовления, размеры сечения и т.п.

Коэффициент фильтрации – скорость фильтрации при гидравлическом градиенте, равном единице.

Краевой эффект – явление возникновения изгибающих моментов и поперечных сил при жёстком сопряжении стенки цилиндрического резервуара с днищем или оболочкой покрытия с бортовыми элементами.

Кратковременная нагрузка – нагрузка, время действия которой мало по сравнению с периодом собственных колебаний системы T ($t < T$). Это нормативные нагрузки от снега, ветра, подвижного подъёмно-транспортного оборудования, массы людей, животных и т.п., действующие в определённый период времени.

Критическая прочность – прочность бетона к моменту замерзания, при которой он способен воспринимать без разрушения давления образовавшихся кристаллов льда. При раздвижении зёрен цемента кристаллами льда дальнейшее твердение цемента будет замедленно и бетон не достигнет проектной прочности.

Кружально-сетчатые своды – пространственные конструкции, состоящие из отдельных, поставленных на ребро стандартных элементов-косяков, идущих по двум пересекающимся направлениям и образующих ломанные винтовые линии.

Кривая релаксации – кривая изменения напряжений при постоянной деформации

$$\sigma(t) = \varepsilon \psi(t, \tau),$$

где τ – момент времени, когда мгновенно была произведена деформация ε , остающаяся затем постоянной.

После ряда выкладок и обозначений получим

$$\sigma(t) = E(t) \left[\varepsilon(t) - \int_0^t \varepsilon(t) R(t, \tau) d\tau \right],$$

где $R(t, \tau)$ – резольвента интегрального уравнения с ядром $K(t, \tau)$.

Кривизна изогнутой оси балки

$$\chi_x = \frac{M_x}{EI_x}, \quad \chi_y = \frac{M_y}{EI_y} -$$

физические уравнения (уравнения закона Гука).

Кручение – деформация, сопровождающаяся поворотом сечений стержня вокруг некоторой оси при неизменном расстоянии точек этих сечений, от названной оси.

Кривизна оси балки при чистом изгибе

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI_y}.$$

Критерий перехода к нестабильному разрушению (Д. Ирвин, 1948) – оно наступает в тот момент, когда в материале у вершины трещины достигается критическая интенсивность напряжений, вычисляемая по формулам линейной теории упругости.

Критерий хрупкого разрушения А. Гриффитса (1920 – 1924) – рассматривал процесс разрушения хрупкого материала, сопровождающий развитие трещин. Потенциальная энергия тела, накопленная им в процессе упругого деформирования, при разрушении полностью превращается в энергию образующихся новых поверхностей (поверхностная энергия). Причиной разрушения, по мнению Гриффитса, является накопление трещин (концентраторов напряжений). Рост трещин должен быть энергетически выгодным процессом – количество запасённой в теле энергии уменьшается.

Критическое напряжение в пластической области

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E_1}{\lambda^2},$$

где E_1 – касательный модуль деформации. Формула предложена Эггессером в 1889 г.

Крупнопористый (беспесчаный) бетон – бетон, получаемый из смеси плотного или пористого (преимущественно однофракционного) гравия или щебня, вяжущего (портландцемента или шлакопортландцемента) и воды. Применяется только для блочных или монолитных стен зданий.

Купол – пространственная несущая конструкция покрытия, по форме близкая к полусфере или другой поверхности вращения кривой. Это свод, образуемый путём вращения кривой (дуги, окружности и др.) вокруг вертикальной оси.

Лавинообразное (прогрессирующее) обрушение – распространение локального начального отказа в виде цепной реакции, непропорциональной начальному событию, которое в конечном счёте приводит к разрушению всего строения или его непропорциональной большей части (стандарт ASCE7–02 Американского общества строителей).

Лёгкий бетон – бетон плотной структуры, на пористых заполнителях, крупнозернистых, на цементном вяжущем, при любых условиях твердения массой до 1800 кг/м³.

Легирующие добавки – добавки целенаправленно повышающие свойства металла. Основными из них являются кремний, марганец, медь, хром, никель, ванадий, молибден, алюминий, азот.

Линейная механика разрушения – способ однопараметрического описания полей напряжений и деформаций вблизи кончика трещины. Важным параметром является критический коэффициент интенсивности напряжений. Использование его предполагает, что материал везде, кроме малой области из кончика трещины, является линейно-упругим, однородным и изотропным, а в образце имеется только одна трещина.

Используют для описания поведения бетона различной структуры, подбора состава структуры бетона.

Линейная ползучесть – при этом переход от режима нагружения $\sigma = f(t)$ к режиму $\sigma = af(t)$ (a – постоянный множитель) даёт увеличение деформации в каждый момент времени в a раз. Деформации ε от $\sigma = \text{const}$ равны

$$\varepsilon = \sigma\Phi(t),$$

где $\Phi(t)$ – кривая ползучести от постоянного напряжения $\sigma = 1$, приложенного в момент времени $t = 0$.

Если нагрузка приложена в момент $t = \tau$, то $\varepsilon = \sigma\Phi(t, \tau)$, и $\Phi(t, \tau) = 0$ при $t < \tau$.

Для инвариантного материала (свойства которого не изменяются во времени)

$$\varepsilon_M = \sigma\Phi(\tau, \tau).$$

где $\Phi(\tau, \tau) = 1/[E(\tau)]$.

В случае переменных нагрузок

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{E(t)} \left[\sigma(t) + \int_0^t \sigma(\tau) k(t, \tau) d\tau \right].$$

где $k(t, \tau) = -\frac{\partial\Phi(t, \tau)}{\partial\tau} E(t)$ – ядро интегральной зависимости.

Линейные системы – перемещения в рассматриваемых системах малы по сравнению с габаритными размерами, ими можно пренебречь, а уравнения равновесия составлять для недеформируемой схемы. Системы линейны, если к ним применим принцип независимости действия, согласно которому любая функция, характеризующая напряжённо-деформированное состояние при нескольких воздействиях на систему, равна сумме таких функций, соответствующих каждому воздействию, рассматриваемому самостоятельно, а при увеличении какого-то воздействия в k раз соответственно в k раз возрастает и соответствующая воздействию функция, т.е.

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2, \quad \Phi = k\Phi_1.$$

Линейные деформации – производные перемещений малы, так что ими можно пренебречь по сравнению с единицей, и их произведениями и степенями можно пренебречь по сравнению с самими производными.

Линейные связи – такие связи, удаление которых не превращает систему в механизм.

Линии скольжения – линии, касающиеся всеми своими точками площадок максимальных касательных напряжений.

Лобовые швы – угловые швы, расположенные перпендикулярно действующему осевому усилию.

Магистральные трубопроводы – линейные сооружения, предназначенные для дальнего транспорта жидких, газообразных и твёрдых сыпучих материалов от места их добычи, получения к месту потребления.

Магнитный метод – является одним наиболее распространённых методов обнаружения дефектов в виде нарушения сплошности материала. Основан на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами, или при определении магнитных свойств контролируемых изделий. Магнитные поля рассеяния над дефектом записывают на магнитную ленту путём намагничивания электромагнитом контролируемого участка вместе с прижатой к его поверхности магнитной лентой. Метод успешно применяют для контроля сварных швов.

Максимальное касательное напряжение возникает на площадках, равнонаклонных площадкам наибольшего и наименьшего главных напряжений и равно их полуразности

$$\tau_{\max} = (\sigma_1 - \sigma_3)/2 .$$

Массивные (трёхмерные) тела – тела, у которых все три измерения – величины одного порядка.

Математическая модель – математическое описание физической модели. Включает матризованные входные и выходные данные и математически сформулированный оператор перехода от первых ко вторым.

Мачта – высотное сооружение, устойчивость положения которого обеспечивается системой оттяжек, раскрепляющих ствол в одном или нескольких уровнях.

Мелкозернистый бетон – бетон, состоящий из цементного камня и мелкого заполнителя – песка.

Мембрана – пространственная конструкция покрытия, состоящая из тонкого металлического листа и жёсткого опорного контура. Это тонкие гибкие металлические оболочки, изгибающимися моментами в которых можно пренебречь по сравнению с осевыми растягивающими усилиями. Эффективны двухслойные комбинированные мембраны, подпертые предварительно напряжёнными вантами.

Месдозы (грунтовые динамометры) – приборы для измерения нормальных или касательных напряжений в грунтах или по контакту с фундаментами. Для измерения контактных напряжений часто используют струнные динамометры. Определяют частоту колебания струны, прикреплённой к рабочей мембране.

Местное сжатие (смятие) – случай, когда нагрузка передаётся не на всю опорную площадь, а на её часть (площадку смятия). Расчётное сопротивление бетона местному сжатию (смятию) возрастает, так как в сопротивлении действующему усилию участвует также бетон, окружающий площадь смятия. Расчёт выполняют из условия $N \leq \Psi R_b, \text{loc} A_{\text{loc}}$; где

Ψ – коэффициент, учитывающий особенность нагрузки; $R_{b, loc}$ – расчётное сопротивление бетона при местном сжатии.

Металлоконструкции – общее название конструкций из металлов и различных сплавов, используемых в различных областях хозяйственной деятельности человека: строительстве зданий, станков, механизмов, аппаратов и т.п.

Метод акустической эмиссии – предназначен для оценки начала образования и развития трещин, построен на регистрации механической волны, исходящей от образовавшегося дефекта, например трещины длиной доли микрона. Сравниваются параметры акустической эмиссии (интенсивности, энергии) для дефектной и бездефектной зон.

Метод делительных сеток – способ изучения деформирования грунтового основания или конструкции по изменению положения заранее нанесённых линий или ячеек после нагружения.

Метод конечных элементов – способ аппроксимации функции дискретной модели, представляющий собой множество значений заданной функции в некотором конечном числе точек области её определения на некотором конечном числе подобластей (конечных элементов). Это метод, обобщающий строительную механику стержневых систем на континуальные системы.

Метод Муара – метод анализа деформаций и напряжений в изделиях, основаниях и конструкциях, сооружениях, основанный на совмещении сеток, заранее нанесённых на поверхность, до и после нагружения.

Метод перемещений – метод, при расчёте которого система расчленяется на ряд однопролётных статически неопределимых балок. Основная система метода перемещений получается введением связей, переход к основной системе метода перемещений связан с повышением степени статической неопределимости.

Метод ртутной порометрии – даёт интегральную информацию о развитии трещин в образце с шириной раскрытия 1,3 мм ... 150 мкм.

Метод сил – метод, в основе которого лежит условие равенства нулю перемещения по направлению любой из отброшенных связей и закон независимости действия сил. Основная система метода сил получается удалением связей; переход от заданной системы к основной системе метода сил связан со снижением степени её статической неопределимости.

Метод хрупких покрытий – способ изучения деформирования конструкций по наблюдениям за трещинами на поверхности конструкции в тонком слое покрытия при приложении нагрузки.

Методы определения твёрдости поверхностных слоёв материала (методы Бринелля, Вишперса, Роквелла) – косвенные методы, основанные на вдавливании индикаторов (шарика, конуса с углом при вершине 120° , пирамиды с двугранным углом при вершине 136°) статической нагрузкой. Применяется также прибор ударного действия, молотки И.А. Фризе-ля и К.П. Кашкарова и др.

Методы определения усилий в элементах плоской фермы:

а) метод вырезания узлов состоит в последовательном вырезании узлов фермы, в котором сходятся стержни с количеством неизвестных не более двух;

б) метод рассечения состоит в определении усилий в стержнях из условий равновесия отсечённой части фермы, количество стержней в сечении не должно быть более трёх;

в) графический метод с помощью построения диаграммы Максвелла–Кремоны.

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Механика деформируемого твёрдого тела – наука о равновесии и движении реальных тел с учётом изменений расстояний между частицами в процессе движения.

Механика сплошной среды – часть механики, посвящённая движению газообразных, жидких и твёрдых деформируемых тел, которые заполняют пространство непрерывно, сплошным образом и расстояние между точками во время движения меняется. В механике сплошной среды разрабатываются методы сведения механических задач к математическим, т.е. к задачам об отыскании некоторых чисел или числовых функций. Изучаются также поля гравитационные, электромагнитные, излучений и др. (Л.И. Седов).

Механическая работа – величина, численно равная произведению силы на перемещение точки приложения силы по её направлению.

Механическая система – совокупность материальных точек или тел, взаимодействующих в соответствии с третьим законом Ньютона.

Механические характеристики материала – предел пропорциональности $\sigma_{ш}$, предел упругости σ_e , предел текучести σ_y , предел прочности (временное сопротивление) $\sigma_{тп}$.

Микрокремнезём (МК) – пылевидные отходы металлургического производства, улавливаются системой фильтров или газоочистителей. Это ультрадисперсный материал средним диаметром частиц $0,2 \dots 0,5$ мкм

применяется для повышения прочности и плотности смесей. Вводится в объёме 5...20% от массы цемента.

Многопролётная шарнирная балка – статически определимая неизменяемая система, состоящая из ряда однопролётных балок (с консолями и без консолей), соединённых между собой шарнирами.

Многоступенчатое предварительное напряжение – способ многократного перераспределения усилий с поясов металлических ферм на затяжку при упругой работе материала с целью значительного уменьшения массы конструкций и предотвращения потери устойчивости гибких стержней.

Многоугольник и кривая давления в арке – линия, соединяющая центры давлений в поперечных сечениях арки называется *многоугольником давления* при сосредоточенных нагрузках, и кривой давлений – при распределённых.

Моделирование – замена изучения интересующего нас явления в натуре изучением аналогичного явления на модели меньшего или большего масштаба.

Модель Винклера – грунт рассматривается как упругая система опирающихся на жёсткое горизонтальное основание не связанных между собой пружин. Деформации сжатия возрастают пропорционально нагрузке. Среда в этой модели не обладает распределительной способностью. Деформации полностью обратимы.

Модель линейно-деформируемого полупространства – грунт рассматривается как сплошное линейное деформируемое тело, бесконечно простирающееся в глубь и в стороны и ограниченное сверху плоскостью. Среда в этой модели обладает повышенной распределительной способностью.

Модель теории предельного равновесия – модель основана на предположении, что во всех точках среды имеются площадки, по которым выполняется условие предельного равновесия.

Модель упругопластической среды (смешанная модель теории линейно-деформируемой среды и теории предельного равновесия) – в основании имеют упругие и пластические области.

Модификаторы – вещества, добавляемые в бетонные смеси с целью изменения параметров смесей и бетонов при сохранении неизменными остальных параметров.

Монтажные усилия – усилия, возникающие в статически неопределённой стержневой системе, вследствие дефектов изготовления.

Моментная теория упругости – в сплошной упругой среде малые перемещения материальных точек определяются двумя векторными полями

$$U = U(x, y, z); \quad \Phi = \Phi(x, y, z),$$

где U , Φ – векторы, характеризующие малые перемещения и малые жёсткие повороты.

Моментная точка – точка пересечения осей двух стержней, относительно которой составляется уравнение моментов.

Моменты сопротивления поперечного сечения:

$$W_x = \frac{I_x}{|y|_{\max}}, \quad W_y = \frac{I_y}{|x|_{\max}}, \quad W_p = \frac{I_p}{R}.$$

Монтажная арматура – арматура, фиксирующая рабочую арматуру в проектном положении.

Морозостойкость – способность бетона противостоять переменному замораживанию и оттаиванию.

Мост – сооружение для пропуска дороги над каким-либо водным препятствием.

Муаровый эффект – явление возникновения светлых и тёмных полос в случае наложения двух сеток при определённых условиях. На этом эффекте основан метод экспериментального измерения деформаций и напряжений.

Мягкие оболочки – группа пространственных конструкций, выполненных из материалов, отличающихся высокой прочностью при растяжении, но утонённых до такой степени, что они не воспринимают другие деформации (пластмассы, стекло, металлы в виде волокон или плёнок).

Набухание – свойство бетона увеличиваться объёме при твердении во влажной среде.

Набухаемость грунта – свойство глинистых грунтов увеличиваться в объёме при увлажнении.

Нагрузка – механическая сила, прилагаемая к строительным конструкциям и(или) основанию здания или сооружения и определяющая их напряжённо-деформированное состояние. Это температурные, усадочные, усилия от предварительного напряжения и др.

Надёжность – свойство здания (сооружения) выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в

течение требуемого промежутка времени, включает в себя безотказность, долговечность и работоспособность.

Наибольшее касательное напряжение при плоской деформации

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}.$$

Наклёп – повышение предела упругости стали в результате предшествующей пластической деформации до уровня соответствующего напряжения. При наклёпе снижается пластичность стали, повышается опасность хрупкого разрушения. Он возникает при холодной гибке, пробивке отверстий, резке ножницами.

Напрягаемая арматура – арматура, подвергаемая натяжению в процессе изготовления или возведения предварительно напряжённых железобетонных конструкций.

Напрягающий цемент (НЦ) предназначен для изготовления специальных железобетонных изделий, арматура которых напряжена в нескольких направлениях. Силы, приводящие к напряжению, возникают при расширении цементного камня. Давление напряжения 9...10 МПа. Состав 65% портландцементного клинкера, 20% глинозёмного шлака и 15% гипса.

Напряжения в сечении бруса при внецентральном сжатии

$$\sigma_y = -\frac{N}{A} \mp \frac{Ne_y}{J_x} y = -\frac{N}{A} \mp \frac{M_x}{J_x} y.$$

Напряжения от собственного веса грунта

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_{wi} z_i,$$

где γ_{wi} – удельный вес влажного грунта i -го слоя; $\gamma_{wi} = g\rho_{wi}$ (g – ускорение свободного падения; ρ_{wi} – плотность влажного грунта i -го слоя).

Напряжённое состояние в точке – совокупность напряжений, действующих по возможным площадкам, проведённым через точку. При центральном растяжении или сжатии напряжение всех точек тела одинаковое – однородное напряжённое состояние.

Начальные напряжения (остаточные, собственные, внутренние) – внутренние напряжения, существующие и в ненагруженном теле, возникающие при изготовлении, монтаже, эксплуатации. Это самоуравновешенные внутренние напряжения, существующие в ненагруженном теле.

Невыгоднейшее или опасное положение нагрузки – положение, при котором подвижная нагрузка располагается так, что в рассматриваемом элементе получилось максимальное усилие.

Недопустимое состояние – категория технического состояния строительной конструкции или здания (сооружения) в целом, характеризующаяся снижением несущей способности и эксплуатационных характеристик, при котором существует опасность пребывания людей и сохранности оборудования.

Нелинейная механика разрушения (модели условной трещины и др.) – предназначена для описания поведения элементов бетонных и железобетонных конструкций. При этом учитывают псевдопластические деформации бетона вблизи устья развивающейся трещины. Они вызываются развитием у вершины трещины зоны предразрушения, т.е. системы второстепенных мельчайших трещин (микротрещины). Так, в методе условной трещины по её длине рассматривают два участка. Первый участок (у основания трещины), на котором берега трещины не контактируют между собой, и второй участок ослабленных межчастичных связей, на котором силы взаимодействия распределены по некоторому закону.

Нелинейность задач – искомые функции входят в уравнение и граничные условия нелинейно.

Необратимая усадка – усадка, проходящая в результате потери химически связанной влаги на гидратацию цемента и, как следствие, уменьшения объёма геля.

Неработоспособное состояние – категория технического состояния, при которой некоторые из оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта, норм и стандартов.

Несамоуравновешенные и самоуравновешенные внутренние силы в поперечном сечении бруса – первые определяются средствами сопротивления материалов из внутренних усилий $Q_x, Q_y, N, M_x, M_y, M_z$; вторые не улавливаются средствами сопротивления материалов и имеют нулевые внутренние усилия. Методами теории упругости можно определить самоуравновешенные силы. Так, бимомент (нагружение тонкостенного стержня) является самоуравновешенным фактором.

Нестеснённое (свободное) кручение призматического стержня – деформация, возникающая в случае, если к каждому из его торцов приложены поверхностные тангенциальные силы, статическим эквивалентом которых является лишь момент, действующий в плоскости торца. Моменты на торцах равны по величине и противоположны по направлению. В случае круглого бруса при определённом законе распределения танген-

циальных поверхностных сил на торцах все поперечные сечения остаются плоскими (А.П. Филин) (чистое кручение).

При другой форме поперечного сечения плоскость поперечного сечения искривляется (депланирует). Для определённого вида поперечного сечения закона распределения касательного напряжения на торцах во всех поперечных сечениях депланация везде одинакова. При свободном кручении нормальные напряжения в поперечных сечениях отсутствуют.

Несущие конструкции – конструкции, воспринимающие основные нагрузки и обеспечивающие прочность, жёсткость, устойчивость зданий и сооружений.

Нить – податливый элемент, диаметр которого ничтожно мал по сравнению с длиной.

Номинальные напряжения – напряжения, определяемые по формулам сопротивления материалов, в которых ослабление учтено лишь соответствующим изменением величины геометрического фактора, характеризующего поперечное сечение стержня, т.е. не учитывается, например, нарушение регулярности распределения напряжений вблизи отверстия

$$\sigma_{\text{ном}} = \frac{F}{A_{\text{нетто}}} = \frac{F}{A_{\text{оп}} - F_{\text{осл}}}$$

Нормализация – простейший вид термической обработки стали, заключающийся в повторном нагревании проката до температуры образования аустенита и последующим охлаждением на воздухе. Это приводит к упорядочению структуры, улучшению прочностных и пластических свойств, ударной вязкости.

Нормальный закон распределения (кривая Гаусса)

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}},$$

где x – рассматриваемая характеристика; \bar{x} – математическое ожидание (среднее значение); σ – стандарт распределения (среднее квадратичное отклонение):

$$\bar{x} = \sum_1^m x_i / n, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^m (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}.$$

Нормативные нагрузки – нагрузки, которые устанавливаются нормами по заранее заданной вероятности превышения средних значений или по номинальным значениям.

Обобщённый закон Гука

$$\varepsilon_x = \frac{[\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)]}{E}, \quad \gamma_{xy} = 2\varepsilon_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G};$$

$$\varepsilon_y = \frac{[\sigma_y - \mu(\sigma_z + \sigma_x)]}{E}, \quad \gamma_{yz} = 2\varepsilon_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G};$$

$$\varepsilon_z = \frac{[\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)]}{E}, \quad \gamma_{zx} = 2\varepsilon_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G}.$$

Оболочка – пространственно изогнутая пластина; твёрдое тело, одно из измерений которого значительно меньше других; конструкция, ограниченная двумя криволинейными поверхностями, расстояние между которыми существенно меньше других размеров. Это тонкостенная пространственная конструкция с криволинейной (одинарной или двойкой кривизны) или складчатой поверхностью.

Оболочки переноса или трансляционные – оболочки, средняя поверхность которых образована поступательным перемещением плоской кривой по некоторой другой плоской кривой.

Обратимая усадка – усадка, которая связана с испарением свободной воды в цементном камне, обусловлена капиллярными явлениями (натяжением менисков в порах бетона).

Объёмные силы – силы, которые непрерывно распределены по всему объёму, занятому телом (силы тяжести, инерции, магнитные). Интенсивность силы имеет размерность (F/l^{-3}) .

Однополостный гиперболоид и гиперболический параболоид – дважды линейчатые поверхности. Через любую точку такой поверхности можно провести две пересекающиеся прямые, которые будут целиком принадлежать поверхности. Вдоль этих прямых и устанавливаются балки, образующие характерную решётку. Такая конструкция является жёсткой, даже при шарнирном соединении балок.

Однородное тело – тело, любые сколь угодно малые и произвольно ориентированные в пространстве части которого обладают одинаковыми свойствами.

Однородное поле напряжения – такое поле, при котором во всех точках тела на одинаково ориентированных площадках действуют одинаковые по величине и направлению напряжения.

Октаэдрические напряжения

$$\sigma_{\text{окт}} = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3).$$

Опасные природные процессы и явления – землетрясения, сели, оползни, лавины, подтопления территории, ураганы, смерчи, эрозия почвы и иные подобные процессы и явления, оказывающие негативные и разрушительные воздействия на здания или сооружения (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Опорное кольцо – растянутая конструкция, воспринимающая распор и лежащая на сплошном основании или на отдельных колоннах.

Осадочные швы – разрезка здания от верха до низа фундаментов с целью уменьшения собственных напряжений из-за неравномерной осадки фундаментов. Устраивают при примыкании новых зданий к старым, при возведении зданий на неоднородных и просадочных грунтах, в местах сопряжения высоких частей здания с низкими. Организуют путём постановки парных колонн, опирающихся на независимые фундаменты, или устраивают в промежутке между двумя частями здания (с самостоятельными фундаментами) устанавливая свободно опёртые плиты-вкладыши или балочные конструкции.

Осевой, центробежный и полярный моменты инерции плоского сечения

$$I_x = \iint_A y^3 dA, \quad I_y = \iint_A x^3 dA, \quad I_{xy} = \iint_A xy dA, \quad I_p = \iint_A (x^2 + y^2) dA.$$

Осесимметричное распределение напряжений и деформаций – положение точки определяется цилиндрическими координатами r и z – расстояниями до точки от оси и от плоскости, перпендикулярной к оси. Вектор малого перемещения точки разлагается на радиальную и осевые составляющие

$$\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r}, \quad \varepsilon_t = \frac{u}{r}, \quad \varepsilon_z = \frac{\partial v}{\partial z}, \quad \gamma_{rz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial r},$$

где ε_r , ε_t , ε_z – линейные деформации в радиальном, тангенциальном и осевом направлении; γ_{rz} – относительный сдвиг в плоскости, проходящий через ось z .

Основание здания или сооружения (далее также – основание) – массив грунта, воспринимающий нагрузки и воздействия от здания или

сооружения и передающий на здания или сооружения воздействия от природных и техногенных процессов, происходящих в массиве грунта (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Основные методы расчёта статически неопределимых стержневых систем – метод сил (неизвестными являются силы) и метод перемещений (неизвестными являются угловые и линейные перемещения узлов). Расчёт проводится по основной системе, получаемой из заданной. В методе сил основная система получается путём исключения всех или части избыточных связей с таким расчётом, чтобы получаемая система была проста и доступна для определения усилий и перемещений. В то же время основная система должна быть неизменяема.

В методе перемещений основная система получается введением дополнительных связей, препятствующих угловым и линейным перемещениям узлов заданной системы. Полученная основная система должна быть проста и доступна для определения в ней усилий и перемещений. Угловые и поступательные перемещения узлов системы являются основными неизвестными метода перемещений. Вводимые в основную систему метода перемещений связи принимают двух видов: моментные (угловые) и силовые (поступательные).

Особые нагрузки – сейсмические или взрывные воздействия; нагрузки, возникающие в процессе монтажа конструкций, связанные с поломкой технологического оборудования, или связанные с деформациями основания в связи с изменениями структуры грунта (просадочные грунты, осадка грунтов в карстовых районах и над подземными выработками).

Остаточные деформации – не исчезают после прекращения действия внешних сил.

Остаточные самоуравновешенные усилия – усилия, остающиеся после разгрузки системы, ранее нагруженной так, что в части элементов возникают пластические деформации.

Остаточные собственные напряжения – внутренние напряжения, действующие в чрезмерно деформированных областях и вокруг них после необратимого деформирования за пределом упругости и удаления внешней нагрузки (А. Надаи).

Отказ – событие, заключающееся в потере работоспособности конструкции или инженерной системы.

Отказ сваи – средняя величина погружения сваи при 10-ти холостых ударах молота. Используют для оценки несущей способности сваи ($e > 2$ мм).

Относительная линейная деформация в точке

$$\varepsilon_r = \lim_{a \rightarrow 0} \frac{a_1 - a}{a},$$

где a – длина линейного элемента до деформации; a_1 – после деформации.

Относительная объёмная деформация в точке

$$\theta = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z.$$

Отправочные элементы – элементы, получаемые членением конструкций, обеспечивая максимальную степень заводской готовности, возможности подъёмных и транспортных средств, требований экономичности, эффективного размещения стыковых соединений, высокого качества работ.

Павильон – постройка, имеющая компактный (нерасчленённый) объём и единое (цельное) внутреннее пространство.

Параметр Лоде для оценки вида напряжённого состояния:

$$\mu_\sigma = \frac{(\sigma_3 - \sigma_1) + (\sigma_3 - \sigma_2)}{\sigma_1 - \sigma_2}.$$

При $\sigma_2 = \sigma_3$ $\mu_\sigma = -1$; $\sigma_3 = \sigma_1$ и $\sigma_2 < \sigma_3$ $\mu_\sigma = +1$; $\sigma_1 = -\sigma_2$ и $\sigma_3 = 0$ $\mu_\sigma = 0$.

Параметры – величины, определяющие состояние системы.

Пассивная деформация – деформация, происходящая при монотонном снижении нагрузки.

Первое критическое давление – давление, соответствующее началу появления областей пластических деформаций (сдвигов и разрушению грунта) под краями фундамента.

Перекрытие-оболочка – строительная конструкция перекрытий зданий и сооружений. В архитектурной практике используются выпуклые, висячие, сетчатые и мембранные оболочки из железобетона, металлов, древесины, полимерных, тканых и композиционных материалов. Для расчёта таких конструкций используется специально разработанная теория оболочек.

Перекрытия – горизонтальные несущие элементы, разделяющие здание на этажи и передающие нагрузку на стены и опоры (столбы, колонны).

Период колебаний – интервал времени, за который система совершает один цикл колебаний, заканчивающийся возвращением её в исходное состояние.

Пластина (диск, плита) – плоский элемент, толщина которого мала по сравнению с размерами сторон в плане; частный случай оболочки, когда срединной поверхностью служит плоскость.

Пластифицированный цемент – цемент, при помоле клинкера к нему добавляется пластификатор.

Пластическая деформация – остаточная деформация, не сопровождающаяся местным разрушением; возникает когда максимальное касательное напряжение достигает определённого для данного материала критического значения (третья теория прочности, $\tau_{\max} \rightarrow (\sigma_1 - \sigma_2)/2$).

Пластические шарниры – зоны стержневых элементов со значительными трещинами и деформациями в состоянии предельного равновесия. В плоских элементах эти линии излома или линейные пластические шарниры. Они обращают статически неопределённую систему в изменяемую, когда рост деформаций возможен без возрастания нагрузки. Возникновение пластического шарнира способствует выключению лишней связи и снижению на одну ступень статической или кинематической неопределённости. Пластические шарниры образуются в приопорных зонах балки и в пролётном сечении.

Пластичность – свойство материала сохранять деформативное состояние после снятия нагрузки, т.е. получать остаточные деформации без разрушения.

Пластичность бетонной смеси – способность деформироваться (течь) без разрыва прочности.

Пластичность грунта – его способность изменять форму под воздействием внешних условий.

Плита – конструкция, имеющая малую толщину h по сравнению с пролётом l и шириной b .

Плиты, опёртые по контуру, – плиты с отношением сторон $l_1/l_2 \leq 2$.

В плитах, заземлённых по контуру:

$$M_{i\text{пр}} = q_i l_i^2 \alpha / 24; \quad M_{i\text{оп}} = q_i l_i^2 / 12 \quad (i = 1, 2).$$

В плитах, свободно опёртых по контуру:

$$M_{i\text{пр}} = q_i l_i^2 \alpha / 8,$$

где $\alpha = 1 - k l_1^2 l_2^2 (l_1^4 + l_2^4)$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние крутящих моментов в пролётных сечениях плиты; $k = 5/B$ для плит, защемлённых по контуру; $k = 5/6$ для плит, свободно опёртых.

Плоская деформация – случай, когда одна из главных деформаций, например ε_z , обращается в нуль: все точки тела перемещаются в параллельных плоскостях, и перемещения и деформации удлинения в направлении, перпендикулярном этим плоскостям, равны нулю

$$\omega = \varepsilon_z = \gamma_{xz} = \gamma_{yz} = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0.$$

По А. Надаи – случай, когда одна из главных деформаций, например $\varepsilon_z = 0$, тогда τ_{yz} , τ_{zx} , γ_{yz} , γ_{zx} становятся равными нулю, а уравнение равновесия принимает вид

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = 0; \quad \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = 0.$$

Третьим уравнением для определения σ_x , σ_y , τ_{xy} является условие пластичности материала. Для идеально пластичного вещества при $\tau_{xz} = \text{const}$ это условие имеет вид

$$(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6\tau_{xy}^2 = 2\sigma_0^2,$$

где σ_0 – предел текучести при растяжении.

Плоская система – система, оси всех стержней которой находятся в одной плоскости, являющейся плоскостью симметрии системы.

Плоское напряжённое состояние – состояние тела, при котором величина напряжений не изменяется по некоторому определённому направлению, а по всем площадкам, перпендикулярным этому направлению, напряжения равны нулю. Возможны случаи: $\sigma_1 \neq 0$, $\sigma_2 \neq 0$, $\sigma_3 = 0$; $\sigma_1 \neq 0$, $\sigma_2 = 0$, $\sigma_3 \neq 0$; $\sigma_1 = 0$, $\sigma_2 \neq 0$, $\sigma_3 \neq 0$. Главные площадки с нулевым главным напряжением параллельны.

Плотины – сооружения, предназначенные для поддержания напора воды и расположения технического оборудования электростанций.

Плотность бетона (γ_b , кг/м³): особо тяжёлые (плотность от 2500 до 6000 кг/м³); тяжёлые (плотность от 2200 до 2500 кг/м³); облегчённые (плотность от 1800 до 22 500 кг/м³); лёгкие (плотность от 500 до 1800 кг/м³); особо лёгкие (плотность менее 500 кг/м³).

Плотный силикатный бетон – безцементный бетон автоклавного твердения, получаемый на основе известкового вяжущего (известково-песчаного, известково-шлакового и т.п.). Применяется для изготовления сборных железобетонных элементов зданий.

Площадки скольжения – площадки, которые делят пополам углы между главными направлениями и на которых действуют максимальные касательные напряжения. Вдоль них реализуются скольжения малых блоков материала в процессе пластического течения.

Пневматические воздухоопорные сооружения – оболочки-сооружения, состоящие из оболочки, объединяющей стенку и крышу, опорных устройств и воздухоподающей установки.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) применяют к бетонам и растворам в качестве добавок. Разделяют на пластифицирующие, замедляющие схватывание и твердение, воздухововлекающие, антивспенивающие, гидрофобизирующие, водоудерживающие.

Поверхностные силы – силы, приложенные к поверхности тела. Они могут быть следствием воздействия соприкасающегося с ним тела (твёрдого, сыпучего, жёсткого, газообразного). Интенсивность этой силы имеет размерность FL^{-2} .

Поверхность нагружения (поверхность текучести) $\sum p$ – граница области, представляющая собой совокупность пределов упругости для всевозможных напряжённых состояний и ограничивающая область упругих состояний. За границей области возникают пластические деформации. Для идеально пластических материалов поверхность нагружения фиксированная, для упрочняющихся – меняется при изменении величин пластических деформаций.

Повреждение – неисправность, полученная конструкцией при изготовлении, транспортировке, монтаже и эксплуатации.

Подобие физических явлений – явления подобны, если они протекают в геометрически подобных системах и при этом поля всех одноимённых физических переменных, характеризующих явления, соответственно подобны.

Подпорные стены (массивные и тонкие) – сооружения, предназначенные для удержания в проектном положении грунта или других сыпучих материалов. Часто возводят стены уголковые с контрфорсами, анкерные и с разгрузочными площадками.

Покрытие – верхнее ограждение здания; обычно этот термин применяется по отношению к бесчердачным крышам; искусственно созда-

ваемый верхний слой дороги, площадки, пола, непосредственно воспринимающий эксплуатационные воздействия; кровельное покрытие, кровля; отделочный слой элемента здания.

Полезные нагрузки – нагрузки, восприятие которых составляет целевое назначение сооружений.

Полимербетон (пластбетон, пластоцемент) – бетон содержит в своём составе терморезактивное органическое связующее (обычно эпоксидную смолу) и большое количество дисперсного наполнителя (талька, толчёного кварца, гранитной крошки и др.). Состав может называться пластоцементом, если количество наполнителя более 50%. Применяется в некоторых областях строительства – при изготовлении напорных труб, дорожных плит, колонн, ригелей и др.

Ползучесть – свойство материала непрерывно деформироваться во времени без увеличения нагрузки.

Полная энергия системы – работа, которую надо совершить, чтобы перевести систему из деформированного состояния в начальное недеформированное.

Пологая оболочка – оболочка, у которой углы наклона линий, нанесённых на её поверхности, настолько малы, что в пределах точности вычислений косинусы этих углов можно считать равными единице.

Поляризационно-оптический метод – используют для исследования напряжений в строительных конструкциях на прозрачных моделях или непрозрачных моделях, поверхность которых покрыта тонким слоем из прозрачного материала, экспериментально решают задачи теории упругости, ползучести, пластичности, термоупругости, волновой механики и др. Основан на свойстве прозрачных изотропных материалов (стекле, целлулоиде, желатине, пластмасс, эпоксидных смолах и т.п.) становиться при деформировании оптически анизотропными. Прошедший через анализатор свет фиксируется на экране или плёнке в виде чёрных (оптическая изоклина) или светлых полос. Изоклино-геометрическое место точек, в которых ориентация главных осей диэлектрической проницаемости, а следовательно и главных осей напряжения, одинаковы.

Полярный момент инерции

$$I_p = \iint_A \rho^2 dA.$$

Поперечная арматура – рабочая арматура, которая препятствует образованию наклонных трещин от возникающих скалывающих напряже-

ний вблизи опор и связывает бетон сжатой зоны с арматурой в растянутой зоне.

Поперечный изгиб – изгиб, при котором отличны от нуля изгибающий момент и поперечная сила, остальные усилия и моменты по всей длине балки равны нулю.

Поризованные бетоны – цементный камень имеет дополнительные пустоты, образованные с помощью воздухововлкательных, газо- или пенообразующих добавок.

Последствие – изменение деформации после прекращения действия нагрузки:

$$\varepsilon(t) = \sigma \lim_{\tau_1 \rightarrow t} \int_{\tau}^{\tau_1} k(t, \tau) d\tau = \sigma k(t, \tau) d\tau .$$

При разгрузке $t = \tau_1 = \tau$

$$\varepsilon(\tau) = \sigma k(\tau, \tau) d\tau .$$

Постоянные нагрузки – нагрузки, практически не изменяющиеся во времени и учитываемые во всех вариантах загрузки для рассматриваемой в расчёте стадии работы.

Потенциальная энергия деформации при поперечном изгибе балки – внешние силы, деформирующие балку, совершают работу, и в балке накапливается потенциальная энергия деформирования, численно равная этой работе: $dA = dU$.

Работа внутренних сил численно равна и противоположна по знаку потенциальной энергии деформации.

Предварительное напряжение конструкций в стадии монтажа многоэтажных зданий – способ создания наиболее выгодного напряжённого состояния с повышением жёсткости и трещиностойкости. Сборные ригели объединяют в статически неопределимые системы.

Предел выносливости – величина напряжений, вызывающих разрушение при числе циклов, равном заданному; характеризует способность материала воспринимать длительное время знакопеременные напряжения (сжатие, растяжение).

Предел выносливости – наибольшие абсолютные максимальные напряжения $\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a$, которые материал способен выдержать не разрушаясь при сколь угодно большом числе циклов. Сопротивления большинства материалов подчиняются степенному закону, предложенному А.Ф. Коффиным и С.С. Мэнсоном (1954):

$$Nm_n \Delta \varepsilon = C_N,$$

где $\Delta \varepsilon$ – размах пластической деформации; N – число циклов до разрушения; m_n и C_N – константы материала.

Предел длительной прочности – максимальное напряжение, которое может выдержать материал в течение определённого времени (σ_{100} , σ_{500} , σ_{1000} – нижний индекс – продолжительность работы материала в часах).

Предел длительного сопротивления – максимальное напряжение от действия постоянной статической нагрузки, которое может выдержать материал неограниченное время.

Предел ползучести – напряжение, при котором скорость деформации ползучести равна определённой величине, установленной техническими условиями.

Предел текучести – нормальное напряжение при линейном растяжении или сжатии, соответствующее включению в пластическую деформацию преобладающего большинства зёрен металла.

Предел упругости – максимальные напряжения, при которых отсутствуют заметные пластические деформации.

Предельное сопротивление грунта основания – сопротивление грунта (несущая способность) при сплошном развитии предельного равновесия. Различают предельные сопротивления грунта в стабилизированном (осадка закончилась) и нестабилизированном состояниях.

Предельное состояние – такое состояние конструкции, по достижении которого она теряет работоспособность сопротивляться воздействию нагрузок (усилий) либо получает чрезмерные деформации или местные повреждения.

К первой группе относятся предельные состояния, при выходе за которые возникает полная потеря пригодности к эксплуатации: общая потеря устойчивости, потеря устойчивости положения, разрушения любого характера, переход в изменяемую систему, качественное изменение конфигурации, состояния, при которых возникает необходимость прекращения эксплуатации вследствие чрезмерных деформаций ползучести и пластичности, сдвигов в соединениях или чрезмерного раскрытия трещин (Г. Шпете).

Ко второй относятся предельные состояния, при выходе за которые затрудняется нормальная эксплуатация, недопустимые деформации, недопустимые уровни колебаний, недопустимые изменения положения, недопустимые образования или раскрытие трещин (Г. Шпете).

Предельные состояния могут быть отнесены к конструкции в целом, к отдельным элементам или поперечным сечениям, к основаниям. Сооружение может отказать по многим предельным состояниям.

Предельное состояние конструкций – состояние строительных конструкций, здания или сооружения, за пределами которого дальнейшая эксплуатация здания или сооружения опасна, недопустима, затруднена или нецелесообразна, либо восстановление работоспособного состояния здания или сооружения невозможно или нецелесообразно.

Предельное усилие – наибольшее усилие, которое может быть воспринято элементом (его сечением) при принятых характеристиках материалов.

Предварительно напряжённые железобетонные конструкции – железобетонные конструкции, в которых до приложения нагрузок в процессе изготовления искусственно создаются значительные сжимающие напряжения в бетоне путём натяжения высокопрочной арматуры.

Предвестники катастрофы железобетонных конструкций – пластические деформации арматуры, превышение допустимых прогибов и ширины раскрытия трещин, раскрашивание бетона сжатой зоны, появление новых трещин, нарастание прогибов более 1/50 пролёта.

Предельное состояние сечения стержня – состояние, при котором увеличение любой внутренней силы в нём физически невозможно или ограничено принятыми допущениями (В.А. Киселев, 1986).

Предельные состояния строительных конструкций и основания по прочности и устойчивости – состояния, характеризующиеся разрушением любого характера, потерей устойчивости формы и положения, нарушением эксплуатационной пригодности и иными явлениями, связанными с угрозой причинения вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Приведённая толщина бетона плит – отношение объёма бетона к площади плит.

Продольная арматура – рабочая арматура, которая воспринимает растягивающие напряжения и препятствует образованию вертикальных трещин в растянутой зоне конструкции.

Прогон – главная балка, на которую, в свою очередь, укладываются второстепенные балки. Главная балка непосредственно укладывается на

опорные части (колонны, стены). При строительстве зданий из ЛМК используется для крепления ограждающих конструкций.

Проектная марка бетона по водонепроницаемости – одностороннее гидростатическое давление, при котором контрольные образцы бетона в условиях стандартных испытаний не пропускают воду (... W2... W12).

Проектная марка бетона по морозостойкости – число циклов попередного замораживания и оттаивания образцов в водонасыщенном состоянии, испытанных по ГОСТ, при котором прочность снижается не более чем на 15%.

Пролёт – расстояние между смежными опорами несущей конструкции покрытия или перекрытия; часть внутреннего пространства здания, ограниченная двумя соседними продольными рядами колонн.

Проницаемость пористой среды – способность среды пропускать (фильтровать) через себя жидкость и газы при наличии перепада давлений.

Просадочность – свойство грунтов резко уменьшаться в объёме при увлажнении под нагрузкой.

Простейшие фермы – образованные из шарнирного треугольника путём последовательного присоединения узлов (причём каждого с помощью двух стержней, не лежащих на одной прямой).

Простой сдвиг – случай, когда все точки перемещаются в направлении, параллельном оси x , на расстояния, пропорциональные y : $u = cy$, $v = 0$, $w = 0$.

Мерой сдвига является относительный сдвиг, т.е. расстояние, на которое смещаются друг относительно друга две параллельные плоскости, отстоящие одна от другой на расстояние, равное единицы.

Пространственная жёсткость здания или сооружения – способность сопротивляться воздействию горизонтальных нагрузок. Для промышленных зданий из ж/б жёсткость каркаса с поперечным направлением обеспечивается расчётом и конструкцией поперечной рамы (зашемление колонн в фундаментах и достаточная изгибная жёсткость колонн). Жёсткость в продольном направлении обеспечивается установкой вертикальных связей из проката.

Простые поля напряжений – поле напряжений, в котором семейство линий скольжения состоит из прямых линий.

Противооползневые сооружения – заглублённые в грунт конструкции, удерживающие давление грунта оползневого склона.

Профиль – контур условного разреза детали на чертеже; выступающая протяжённая деталь на поверхности стены; прокатные длинномерные металлические изделия, имеющие установленную нормами форму поперечного сечения.

Процессы – изменения состояния системы во времени.

Прочность – способность материала сопротивляться действию внешних сил и других факторов.

Путепровод – мостовое сооружение, которое служит для пропуска одной дороги над другой в разных уровнях.

Пучинистость – способность глинистых грунтов, мелких и пылеватых песков увеличиваться в объёме при промерзании.

Пьезометры – приборы для измерения парового давления в грунтах.

Работа внутренних сил – потенциальная энергия, наполненная всеми элементами и связями при их деформации.

Работа возможная – работа, совершаемая силами на перемещениях и деформациях, созданных другими внешними силами или иными причинами.

Работа действительная – работа, совершаемая силами в процессе деформирования сооружения на перемещениях и деформациях, созданных этими силами.

Работа механическая постоянной величины и постоянного направления – произведение силы на проекцию траектории на направление силы. Согласно принципу суперпозиции работа нескольких сил равна сумме работ каждой силы в отдельности. Работу нескольких постоянных сил представляют одночленным произведением двух скалярных величин: некоторой воображаемой силы F^* , косвенно представляющей в этом произведении заменяемую группу сил и воображаемого перемещения Δ^* , зависящего от тех перемещений, на которых заданная сила производит работу:

$$\sum F_k \Delta_k = F^* \Delta^* ,$$

где F^* и Δ^* – обобщение силы и обобщение перемещения.

Действительная работа обобщаемой внешней силы на обобщаемом перемещении равна половине их произведения:

$$\sum F_k \Delta_k / 2 = F^* \Delta^* / 2 .$$

Полная потенциальная энергия деформации стержневой системы определяется интегрированием напряжений по участкам стержня и суммированием полученных результатов по всем стержням

$$T = U = -V = \sum \int \frac{N^2}{2EA} ds + \int \frac{M^2}{2EA} ds + \int \mu \frac{Q^2}{2EA} ds,$$

где μ – поправочный коэффициент, определяемый по действительной работе распределённых по сечению касательных напряжений.

Из уравнения следует, что действительная работа внешних сил и потенциальная энергия деформации системы всегда положительны и не подчиняются принципу независимости действия сил.

Рабочая высота сечения – расстояние от сжатой грани элемента до центра тяжести растянутой продольной арматуры.

Радиационные методы – предназначены для определения физико-механических свойств материалов и дефектоскопии строительных конструкций (рентгеновский метод, метод тормозного излучения ускорителей электронов и гамма-метод). Источниками излучения являются рентгеновские аппараты (бетатроны), ускорители электронов, радиоактивные изотопы (ампулы). Строят эпюры интенсивности излучений, по которым изучают состояние конструкции.

Радиусы инерции сечения бруса

$$i_x = \sqrt{I_x/A}, \quad i_y = \sqrt{I_y/A}.$$

Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор:

$$T_{\sigma} = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{yx} & \tau_{zx} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{zy} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sigma_0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} S_x & \tau_{yx} & \tau_{zx} \\ \tau_{xy} & S_y & \tau_{zy} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & S_z \end{vmatrix};$$

$$T_{\sigma} + D_{\sigma} = J_{\sigma_0} + D_{\sigma},$$

где J – единичный тензор третьего порядка

$$J = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

σ_0 – среднее гидростатическое давление в точке,

$$S_x = \sigma_x - \sigma_0, \quad S_y = \sigma_y - \sigma_0, \quad S_z = \sigma_z - \sigma_0,$$

T_σ – шаровой тензор напряжений (поверхность Коши для него сферическая); D_σ – девиатор напряжений.

Разрушение – разделение элемента на части при отрыве или сдвиге; процесс накопления повреждений, происходящий во времени и пространстве. Объёмное разрушение – процесс разрыхления структуры материала. Хрупкое разрушение имеет место при низких температурах, высоких скоростях нагружения и малоциклового усталости.

Разрыхление материала при пластической деформации – всякая пластическая деформация сопровождается увеличением объёма (пластическое разрыхление) (В.В. Новжилов).

Рама – плоская или пространственная стержневая система, состоящая из прямолинейных, ломанных или криволинейных пролётных элементов, элементы которой (стойки, ригели) жёстко соединены между собой во всех или некоторых узлах. Металлические, железобетонные и деревянные рамы служат несущими конструкциями зданий, мостов, эстакад и других сооружений.

Рамная система – система, состоящая из жёстко соединённых колонн и ригелей, которые образуют плоские и пространственные рамы, объединённые перекрытиями. Эффективность системы повышается при размещении колонн по контуру здания с образованием пространственной рамы.

Рамно-связевая система – аналогична по своей схеме связевым, но отличаются от них рамным соединением колонны и ригелей, не входящих в связевую конструкцию. Связевая часть воспринимает 70...90% горизонтальных нагрузок. Различают системы с жёсткими включениями в виде: сплошных панелей или связевых ячеек; с горизонтальными поясами жёсткости в виде связевых ферм, решётчатых ригелей, балок-стенок; с пространственными ростверками из решётчатых или сплошных элементов.

Рамные конструкции сплошного сечения (сплошного сечения, коробчатого, одно- и многопролётные, одно- и многоэтажные) – конструкции, состоящие из стоек и ригелей, соединённых жёсткими и шарнирными связями.

Раскос – диагональный элемент каркаса или иной решётчатой стальной конструкции.

Распределение контактных давлений под жёстким штампом шириной $2b$ в условиях плоской деформации упругого материала (М. Садовский, 1928):

$$\sigma_y = -\frac{F_y}{\sqrt{b^2 - x^2}} \quad \text{при } -b < x < b,$$

где F_y – нормальная сила, воспринимаемая площадью $2b \times 1$.

Расслаиваемость – разделение бетонной смеси на составляющие. Характеризуется водоотделением (избыток воды вытесняется вверх) и раствооротделением (раствор вытесняется вверх).

Растянутые изгибно-жёсткие элементы – прямолинейные или провисающие элементы, закреплённые по краям от перемещений и способные воспринимать растягивающие усилия и изгибающие элементы. Выполняют в виде изогнутых ферм или двутавров.

Расчётная ситуация – учитываемый в расчёте комплекс возможных условий, определяющих расчётные требования к строительным конструкциям, системам инженерно-технического обеспечения и частям указанных конструкций и систем (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Расчётная схема – условная идеализированная схема, которая отражает наиболее важные свойства действительного поведения сооружения при тех или иных воздействиях и не учитывает второстепенные факторы.

Расчётное сопротивление сцепления арматуры с бетоном – равномерно распределённое напряжение

$$R_{\text{bond}} = \eta_1 \eta_2 R_{\text{bt}}.$$

Расчёт основания по деформациям с использованием модели линейно-деформируемой среды производится при условии, что

$$p \leq R,$$

где p – среднее давление по подошве фундамента, определённое при коэффициенте надёжности по нагрузке $\gamma_g = 1$; R – расчётное сопротивление грунта основания.

Расчётное сопротивление грунта основания – условная характеристика грунта основания и фундамента, соответствующая границе линейной зависимости между напряжениями и деформациями.

Расчётные сопротивления арматуры растяжению R_s (для расчёта по второй группе предельных состояний) – сопротивления, которые устанавливаются при коэффициенте надёжности по арматуре $\gamma_s = 1$, т.е. принимают равными нормативным значениям и вводят в расчёт с коэффициентом условий работы арматуры $\gamma_{st} = 1$.

Расчётные сопротивления арматуры сжатию R_{sc} (используемые в расчёте конструкций по первой группе предельных состояний) – сопротивления, которые принимают равными соответствующим расчётным сопротивлениям арматуры растяжению R_s , но не более 400 МПа (исходя из предельной сжимаемости бетона).

Расчётные сопротивления бетона для расчёта по первой группе предельных состояний – это сопротивления, которые определяют делением нормативных сопротивлений на соответствующие коэффициенты надёжности по бетону при сжатии $\gamma_{bc} = 1,3$ и при растяжении $\gamma_{bt} = 1,5$, а при контроле прочности на растяжение $\gamma_{bt} = 1,3$.

Расчётные сопротивления бетона для расчёта по второй группе предельных состояний – сопротивления, которые устанавливаются при коэффициенте надёжности по бетону $\gamma_b = 1$, т.е. принимают равными нормативным значениям.

Рациональная ось трёхшарнирной арки – очертание, когда моменты во всех сечениях равны нулю. Её определяют по способу последовательных приближений.

Регулирование усилий в конструкции – инженерные мероприятия, способствующие выгодному изменению напряжённо-деформированного состояния в материале, например, смещением опор, созданием предварительного напряжения, упругими деформациями элементов конструкции, многоступенчатым напряжением и др.

Режимы нагружения:

Мягкий тип нагружения – выдерживают постоянными амплитуды напряжений (нагрузок), а деформации изменяются от цикла к циклу.

Жёсткий тип нагружения – выдерживают постоянными амплитуды деформаций (перемещений), а соответствующие напряжения изменяют.

Резервуары – сооружения, предназначенные для хранения жидкостей (воды, нефтепродуктов).

Результирующие силы горизонтального давления несвязного грунта на гладкую вертикальную стенку при горизонтальной поверхности основания (Ренкин, 1856):

- верхнее предельное состояние равновесия

$$E_1 = \frac{\gamma h^2}{2} \operatorname{ctg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{4} \right);$$

- нижнее предельное состояние равновесия

$$E_2 = \frac{\gamma h^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{4} \right).$$

где γ – удельный вес грунта; φ – угол внутреннего трения сыпучего грунта; h – высота сечения.

Реконструкция – частичная или полная перестройка здания или сооружения, предпринимаемая на существующих производственных или жилых площадях, с целью модернизации технологического процесса или в связи с необходимостью повышения функциональных или эстетических качеств объекта в процессе его эксплуатации.

Релаксация напряжений – явление, заключающееся в уменьшении со временем усилия (напряжения), необходимого для поддержания постоянной деформации

$$\sigma(\infty) = \varepsilon H ,$$

где H – длительный модуль упругости материала.

Ремонтопригодность – свойство конструкции быть приспособленной к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путём проведения технического обслуживания и ремонта.

Реологическое свойство материалов – проявление необходимых остаточных деформаций и текучести или ползучести под влиянием нагрузки и(или) воздействия (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Реология – наука о процессах и явлениях, происходящих во времени. Фундаментальной аксиомой реологии является утверждение о наличии у каждого из жидких и твёрдых тел всех реологических свойств, проявляемых в различных условиях в неодинаковой мере.

Ригель – линейный несущий элемент (сплошной или решётчатый) в конструкциях зданий и сооружений. Соединяет стойки, колонны; служит опорой прогонов, плит.

Риск – угроза; возможный ущерб угрозы: произведение вероятности реализации негативного явления и возможного ущерба от него; возможная опасность; мера величины угрозы, функция частоты нежелательного события и его последствий – потеря жизни, экономических потерь, социальных возмущений, экологического ущерба.

Свариваемость – способность арматуры к надёжному соединению с помощью электросварки без трещин, каверн и других дефектов в зоне сварного шва.

Сварка – процесс получения неразъёмного соединения деталей машин, конструкций и сооружений посредством установления междоузельных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или при совместном действии того и другого.

Сварное соединение – неразъёмное соединение элементов изделия, выполненное сваркой. Включает сварной шов (или зону соединения) и зону материала, изменившуюся вследствие нагрева или пластической деформации.

Сварной шов (в дуговой сварке) – конструктивный элемент сварного соединения на линии перемещения источника сварочного нагрева (дуги), образованный затвердевшим после расплавления металлом.

Свободные колебания – колебания системы, выведенной каким-либо образом из начального равновесного состояния и предоставленной самой себе.

Свод – перекрытие или покрытие сооружений, имеющее геометрическую форму, образованную криволинейной поверхностью.

Свойства линий скольжения – они непрерывны, образуют два семейства, взаимно ортогональны, пересекают траектории главных напряжений под углом $\frac{\pi}{4}$, угол между касательными к двум линиям скольжения одного семейства в точках пересечения их линиями другого семейства остаётся постоянным.

Связевая система – система, состоящая из связевой конструкции и колонн, шарнирно присоединённых к ригелям. Основные связевые системы с диафрагмами, с внутренним стволом, с внешним стволем. Диафрагмы могут быть в виде: плоских ферм, стенок жёсткости, мощных рам.

Связи – важные элементы каркаса, которые необходимы для обеспечения неизменяемости пространственной системы каркаса и устойчивости его сжатых элементов: восприятия и передачи на фундаменты некото-

рых нагрузок (ветровых, горизонтальных от кранов); обеспечения совместной работы поперечных рам при местных нагрузках; создания жёсткости каркаса; обеспечения условий высококачественного и удобного монтажа.

Сейсмическая нагрузка – беспорядочное движение грунта, толчки, удары и колебания при землетрясении.

Сетчатая оболочка – несущая строительная конструкция, получившая широкое распространение в прогрессивной архитектуре XXI в. Используются сетчатые перекрытия-оболочки, башни-оболочки и сложные сетчатые аморфные конструкции. Сетчатые оболочки выполняются из металлов, композиционных материалов и древесины. До середины XX в. несущие сетчатые оболочки использовались редко ввиду сложности расчёта, повышенных требований к качеству материалов и соблюдению технологий монтажа.

Сжато-изгибаемые элементы – элементы, на которые действует изгибающий момент и центральное продольное усилие. Расчёты выполняют на прочность и устойчивость деформирования по формуле

$$\sigma_c = N / F_{\text{расч}} + M_q / W_{\text{расч}} (1 - N / N_{\text{кр}}) \leq R_c ;$$

$$\frac{N}{\varphi_y R_u W_{\text{бр}}} + \left(\frac{M_{\text{деф}}}{\varphi_m R_u W_{\text{бр}}} \right)^n \leq 1.$$

Сжимаемость грунта – способность уменьшаться в объёме от внешней нагрузки.

Силовая концепция Ирвина (1957) – основана на анализе поля напряжений у вершины трещины; введено понятие силы, вызывающей продвижение трещины на единицу длины. Эта сила эквивалентна интенсивности потери энергии полем напряжений у вершины трещины. При силовом подходе объектом особого внимания является вершина трещины, где возникает наибольшая концентрация напряжений и исходное место дальнейшего разрушения.

Различают следующие виды смещения трещин: отрыв, поперечный сдвиг (берега трещины скользят друг по другу) и продольный сдвиг (ножницы, берега трещины скользят друг по другу параллельно фронту трещины). Для вычисления коэффициента интенсивности напряжений используют широко известный метод сечений.

Силовой пол – мощная железобетонная плита толщиной 600 мм, армированная каркасом, с расположенными в верхней части шинами, надёжно заанкеренными в бетоне и предназначенными для крепления испытываемой конструкции.

Силосы – относительно высокие и узкие сосуды, у которых высота корпуса превосходит в 1,5 раза и более наименьший размер в плане.

Система внутренних сил и моментов, являющихся статическим эквивалентом распределённых по поперечному сечению круглого бруса сил:

$$\left. \begin{aligned} Q_x &= \int_A \tau_{zx} dA, & Q_y &= \int_A \tau_{zy} dA, & N &= \int_A \sigma_z dA; \\ M_{xz} &= \int_A \sigma_z y dA, & M_y &= \int_A \sigma_z x dA, & M_z &= \int_A (\tau_{zx} y - \tau_{zy} x) dA. \end{aligned} \right\}$$

Система коэффициентов безопасности – группа коэффициентов, учитывающая возможность отклонения нагрузок и характеристик материалов от среднего значения, учитывающих значимость объекта, возможные последствия отказа, неопределённость расчётной схемы, начальные дефекты и др. Используют пять групп коэффициентов надёжности: по нагрузке, материалу, надёжности, условиям работ и сочетаниям.

Система статически определима, если число усилий в стержнях равно числу уравнений статики, которые можно составить для плоской системы сил, находящейся в равновесии.

Скорость деформации – изменение степени деформации в единицу времени. При увеличении скорости деформации напряжение текучести возрастает, а пластичность падает.

Скорость нагружения

$$\vartheta_{\text{н}} = d\sigma_{\text{исг}} / dt.$$

Скорость относительной деформации

$$\vartheta_{\text{д}} = d\varepsilon_{\text{исг}} / dt.$$

Сложные природные условия – наличие специфических по составу и состоянию грунтов и(или) риска возникновения (развития) опасных природных процессов и явлений и(или) техногенных воздействий на территорию, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация здания или сооружения (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Смешанные системы – системы, состоящие из элементов бескаркасных и каркасных систем.

Сооружения – результат строительства, представляющий собой объёмную плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и(или) подземную часть, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций и предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Сосредоточенная сила

$$F = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} (\rho_A \Delta A).$$

Составные стержни (А.Р. Ржаницын) – стержень, поперечное сечение которого состоит из нескольких частей, соединённых между собой по всей длине. Связи между элементами могут быть как непрерывно распределёнными по длине, так и сосредоточенными в отдельных сечениях. Промежуток между составляющими стержня называется швом. Сечения составных стержней могут иметь разную форму. По работе разделяют на связи сдвига, воспринимающие сдвигающие усилия, и поперечные связи, препятствующие отрыву стержней друг от друга или прижатию их друг к другу.

Усилия в связях сдвига вызывают моменты в составляющих стержнях

$$M_i^T = -T_{i-1}u_{i-1} - T_i v_i \quad (i = 1, 2, \dots, n+1).$$

где T_{i-1} и T_i – суммарные сдвигающие усилия в $(i-1)$ -м и i -м швах, накапливаемые по длине стержня от его начала до рассматриваемого сечения

$$T_{i-1} = \int_0^s \tau_{i-1} dx, \quad T_i = \int_0^s \tau_i dx,$$

u_{i-1} , v_i – расстояния от центра тяжести сечения i -го стержня до разделяющих плоскостей выше и ниже расположенного шва соответственно.

$$M = M^0 + \sum_{i=1}^{n+1} M_i^T.$$

Специальные виды цементов: цветные, белые, ангидритовые, высокопрочные, глиноземистые, кислотоупорные, сульфатостойкие, тампо-нажные и т.д.

Сплошная среда – непрерывная совокупность точек (Л.И. Седов).

Сплюснутое тело – тело, любая часть объёма которого заполняется материалом.

Способ замены стержней – способ расчёта сложной системы, основанный на преобразовании её перестановкой стержней в более простую.

Способ моментной точки – способ, при котором для определения усилия в каком-либо стержне необходимо разрезать ферму так, чтобы в разрез кроме данного стержня попали ещё два других (оси которых не сходятся с ним в общей точке), после чего из уравнения моментов относительно точки пересечения осей этих двух стержней можно легко определить усилие в данном стержне.

Срединная поверхность – геометрическое место точек, равноудалённых от наружных поверхностей. Если срединная поверхность плоская, то элемент называется пластиной, если криволинейная – оболочкой.

Способ проекций – способ, при котором рассматривается равновесие части фермы, когда два из трёх рассечённых стержней параллельны друг другу или равновесие выделяемых из фермы узлов. Составляется условие равновесия в виде суммы проекций всех сил, действующих на отсечённую часть фермы.

Средняя объёмная деформация

$$\epsilon_{op} = \frac{1}{2}(\epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z).$$

Средняя плотность железобетона – средняя плотность тяжёлого железобетона при укладке бетонной смеси с вибрированием равна 2500 кг/м^3 , а без вибрирования – 2400 кг/м^3 . При содержании арматуры свыше 3% плотность железобетона определяют как сумму масс бетона и арматуры в 1 м^3 объёма конструкции.

Срок службы – продолжительное безотказное функционирование сооружения при осуществлении мероприятий технического обслуживания и ремонта.

Стадии напряжённо-деформированного состояния – этапы изменения напряжённо-деформированного состояния изгибаемых ж/б элементов по мере увеличения нагрузки.

Стадия I. Когда эпюра напряжений от прямолинейной (упругая стадия) переходит (с увеличением нагрузки) в криволинейную с достижением в растянутом бетоне напряжений $\sigma_b = R_{bt}$ (стадия I). Это положено в основу расчёта по образованию трещин.

Стадия II. С ростом нагрузки в растянутой зоне растут трещины. Напряжения в растянутой зоне принимаются равными нулю по всей высоте растянутой зоны. Напряжение в сжатой зоне $\sigma_b < R_b$.

Стадия заканчивается, когда напряжения в растянутой арматуре достигнут предела текучести. По этой стадии (эксплуатационной) производится расчёт прогибов и ширины раскрытия трещин.

Стадия III. Стадия разрушения. Рассматриваются три случая: напряжения в арматуре достигают физического или условного предела текучести, разрушение носит пластический характер; разрушение происходит вследствие раздавливания бетона сжатой зоны (второй случай), а напряжения в арматуре $\sigma_s < R_s$; разрушение носит хрупкий характер. В третьем случае разрушение происходит одновременно по растянутой арматуре и сжатому бетону. По этой стадии производят расчёт на прочность.

Стали высокой прочности – стали с пределом текучести $\sigma_y \geq 40$ кН/см² (Сталь 440 – Сталь 590), получают путём легирования и термической обработки, могут не иметь площадки текучести ($\sigma_y \geq 50$ кН/см²), их пластичность снижается до 14%, отношение σ_y / σ_u увеличивается до 0,8...0,9. При сварке термообработанных сталей вследствие неравномерного нагрева и быстрого охлаждения происходит разупрочнение стали.

Стали повышенной прочности – стали с пределом текучести 29 кН/см² $\leq \sigma_y \leq 40$ кН/см² (Сталь 345 – Сталь 390).

Сталь – деформируемый (ковкий) сплав железа с углеродом (и другими элементами), характеризующийся эвтектоидным превращением. Содержание углерода в стали не более 2,14%, но не менее 0,022%.

Стадия «Проект» – этап разработки основных конструктивных решений, монтажных схем, узлов и деталей, предварительных технических спецификаций, выбора наиболее рационального технико-экономического решения (П.Г. Еремеев).

Стандарт – нормативно-технический документ, который устанавливает основные требования к качеству продукции, правилам её разработки, производства и применения.

Старение – процесс перестройки структуры стали, изменения прочности и пластичности. Старению способствуют механические воздействия, температурные колебания, приводящие к изменению растворимости и скорости диффузии. При этом снижается сопротивление динамическим воздействиям и хрупкому разрушению.

Статические моменты площади сечения бруса

$$S_x(A) = \iint_A y dA, \quad S_y(A) = \iint_A x dA.$$

Статические нагрузки – такое приложение сил, при котором не возникает ускорения масс сооружений и конструкций, либо возникают ускорения столь незначительные по величине, что вызванными ими силами инерции можно пренебречь.

Статически неопределимая стержневая система – система, в которой все или часть усилий не могут быть найдены из одних уравнений статики. При изменении температурного поля возникают усилия (напряжения), называемые температурными (термическими). Вследствие смещения опоры (опор) и изменения относительного расположения узлов, возникают усилия. После появления пластических деформаций в части элементов и разгрузки сохраняются некоторые остаточные напряжения (усилия).

Статически определимая система – геометрически неизменяемая система, не содержащая лишних связей, при любом нагружении усилия во всех элементах могут быть определены из одних уравнений статики.

Степень кинематической неопределимости заданной системы – общее число неизвестных метода перемещений.

Стержень (брус, балка) – элемент, у которого размер поперечного сечения мал по сравнению с длиной.

Стержневая система – система, составленная из стержней, соединённых между собой тем или иным способом.

Стеснение кручения – случай деформирования, когда имеются какие-либо связи, препятствующие торцам или отдельным поперечным сечениям деформироваться так, как они деформировали бы при отсутствии этих связей. Это влечёт за собой возникновения в поперечных сечениях нормальных самоуравновешивающихся напряжений.

Стойки – вертикальные стержни, образующие решётку фермы.

Строительная конструкция – часть здания или другого сооружения, выполняющая определённые несущие, ограждающие и(или) эстетические функции.

Строительная продукция – законченное в строительстве и введённое в эксплуатацию сооружение за установленный период времени.

Строительная технология – совокупность действий, способов и средств, направленных по средствам исполнителей на обработку исходных природных и искусственных материалов путём изменения их характеристик, состояния и положения в пространстве с целью создания проектом строительной конструкции.

Структурно-неустойчивые грунты – грунты, которые обладают способностью изменять свои структурные свойства под влиянием внешних воздействий (вибрации, повышения температуры и т.п.) с развитием значительных осадок, протекающих, как правило, с большей скоростью.

Сумма нормальных напряжений – по любым трём взаимно перпендикулярным площадкам есть величина постоянная, равная сумме главных напряжений $\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$.

Суффозия грунта – перемещение или вынос мелких частиц по порам, образованным более крупными частицами под действием фильтрационного потока.

Сцепление – сопротивление структурных связей глинистых грунтов всякому перемещению частиц.

Тавровые соединения – соединения, в которых свариваемые элементы расположены под углом, при этом в них торец одного элемента приваривается к поверхности другого.

Твёрдость – свойство поверхностного слоя металла сопротивляться упругой и пластической деформациям или разрушению при внедрении в него индентора из более твёрдого материала.

Тело – бесконечное множество частиц, которым можно поставить во взаимно обозначенное соответствие упорядоченные тройки вещественных чисел, называемых координатами частиц.

Температурные (термические) усилия – усилия, возникающие в статически неопределимых системах при изменении температурного поля.

Температурно-усадочные швы – разрез здания от верха до верха фундаментов. Устраивают в целях уменьшения собственных напряжений от перепада температуры, усадки бетона. Швы в каркасных зданиях чаще всего образуют установкой сдвоенных колонн и парных балок. В панельных зданиях швы выполняют постановкой парных поперечных стен. При опирании балок перекрытия на стены деформационные швы устраивают с помощью скользящей опоры.

Тензор деформации

$$T_{\text{деф}} = \begin{pmatrix} \varepsilon_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \frac{1}{2}\gamma_{xz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{yx} & \varepsilon_y & \frac{1}{2}\gamma_{yz} \\ \frac{1}{2}\gamma_{zx} & \frac{1}{2}\gamma_{zy} & \varepsilon_z \end{pmatrix}.$$

Тензор напряжений – симметричная квадратная матрица

$$T_{\text{н}} = \begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{pmatrix}.$$

Теория моделирования – решает вопросы, связанные с выбором вида и параметров модели и с переходом от величин, определяемых на модели, к величинам в натуре. Теоретической основой моделирования является теория подобия и анализа размерностей, устанавливающие критерии подобия – условия тождественного протекания процессов в модели и натуре.

Теория упругости – наука, которая изучает действия сил на упругие тела и определяет возникающие при этом напряжения и деформации как в состоянии равновесия, так и в состоянии движения (Н.И. Безухов).

Термовлажностная обработка бетона (ТВО) – твердение бетона при искусственно создаваемых режимах повышенной влажности.

Термодефектоскопия – эффективный дистанционный метод поиска скрытых дефектов в конструкции, основанный на анализе потока тепла, проходящего через изделие. Инеродные по теплофизическим характеристикам включения, создают возмущения поля температур на поверхности изделия. Тепловизоры позволяют получить на экране или плёнке поля температур с разрешением до 0,05 °С. Применяют четыре схемы исследования, отличающиеся различным режимом работы нагревателя и детектора.

Техническое состояние – совокупность подверженных изменению в процессе эксплуатации свойств здания (сооружения), характеризующихся в определённый момент времени признаками и параметрами состояния, установленными технической документацией.

Течение – процесс непрерывного роста деформации во времени без увеличения нагрузки.

Тиксотропность – способность грунта при действии вибраций разжижаться, переходить в плавунное состояние и полностью терять свою прочность. После прекращения воздействий грунт возвращается в первоначальное состояние.

Тоннели – сооружения для пропуска дороги через толщу горного массива.

Торкретирование – способ набрызга бетонной смеси на поверхность и её уплотнение пневматическим и механическим воздействием. Торкрет – бетон, который обладает высокой плотностью, прочностью, водонепроницаемостью и морозостойкостью.

Траектория главных напряжений (изостаты) – система двух семейств взаимно ортогональных кривых, с которыми совпадают направления наибольшего и наименьшего главных напряжений. Стержни арматуры по возможности располагают по направлению главных растягивающих напряжений.

Траектории максимальных касательных напряжений – два семейства кривых, имеющих в каждой точке касательные, совпадающие с направлением максимального касательного напряжения.

Третья теория прочности (Треска, 1868) – пластическая деформация возникает тогда, когда максимальное касательное напряжение достигнет определённого для данного материала критического значения:

$$(\sigma_1 - \sigma_2)/2 = \tau_{\max}; \quad (\sigma_1 - \sigma_3) = \sigma_1.$$

Трещиностойкость железобетонной конструкции – сопротивление образованию трещин в стадии I напряжённо-деформированного состояния или сопротивление раскрытию трещин в стадии II напряжённо-деформированного состояния.

Трёхшарнирная система – система, состоящая из двух дисков, соединённых между собой шарниром.

Трубопроводы (газопроводы, нефтепроводы, водопроводы) – сооружения, предназначенные для дальнего транспорта жидких, газообразных и твёрдых сыпучих материалов от места их добычи, получения до места потребления.

Трубы – сооружения, предназначенные для отвода газа от котельных и различных промышленных объектов.

Тяжёлый бетон – бетон плотной структуры, на плотных заполнителях, крупнозернистый, на цементном вяжущем, при любых условиях твердения. Плотность от 2200 до 2500 кг/м³.

Угловые соединения – соединения, в которых свариваемые элементы расположены под углом.

Угроза – атрибут деятельности, которая может вызвать опасность. Она направлена на людей, материальные и культурные ценности.

Ударная вязкость – отношение работы, затрачиваемой на разрушение образца, к площади поперечного сечения в ослабленном месте.

Узловой способ передачи нагрузки – способ, при котором нагрузки передаются на балку лишь в определённых местах посредством других балок.

Ультразвуковые акустические методы – основаны на изучении характера распространения звука в конструкционных материалах. Известны методы: импульсный, резонансный и др. Используют для дефектоскопии строительных конструкций и определения физико-механических характеристик материалов. Применяют ряд схем испытаний, отличающихся расположением излучателя и приёмника.

Уникальные большепролётные здания и сооружения – объекты с возможностью одновременного пребывания в них более 300 человек и отвечающих следующим условиям:

– пролёт свыше 60 м при принципиально новых конструктивных решениях, не прошедших апробацию в практике строительства и эксплуатации;

– пролёт свыше 100 м при конструктивных решениях, прошедших успешную апробацию в практике строительства и эксплуатации (П.Г. Ерёмцев).

Упругая характеристика кладки – коэффициент пропорциональности между модулем упругости кладки E_0 и её временным сопротивлением

$$E_0 = \alpha R_u .$$

Упругость – свойство материала восстанавливать свои первоначальные размеры и форму после снятия нагрузки на конструкцию.

Упругие узлы – узлы, в которых развиваются внутренние силы, зависящие от взаимных смещений поворотов примыкающих к узлу стержней.

Упругий гистерезис – явление отставания деформаций от напряжений при периодическом изменении напряжений вследствие упругого последействия, приводящее к образованию упругой петли гистерезиса. Площадь петли гистерезиса численно равна необратимой удельной энергии (работе), превращающейся при каждом цикле деформации в тепловую энергию. Отставание деформаций от напряжений происходит вследствие внутреннего трения материала.

Упругий материал – напряжение в произвольный момент времени, зависит только от локальной деформации в этот момент времени и не зависит от предыстории деформации.

Упругое последействие при нагружении – отставание деформаций от напряжений как в процессе возрастания силы, так и в течение некоторого отрезка времени после прекращения роста напряжения (деформирование происходит в пределах соблюдения закона Гука): $\epsilon = f(\sigma, t)$. Эффект связан с внутренним трением материала.

Уравнения закона Гука для стержня в целом:

$$\gamma_x = \frac{M_x}{EJ_x}, \quad \gamma_y = \frac{Q_y}{GA_y}, \quad \gamma_y = \frac{M_y}{EJ_y}, \quad \gamma_z = \frac{Q_x}{GA_x}, \quad \epsilon_z = \frac{N}{EA}, \quad \gamma_z = \frac{M_z}{GJ_z},$$

где первые два уравнения – изгиб в плоскости O_{yz} , вторые два – в плоскости O_{xz} , пятое – к осевой деформации, шестое – к свободному кручению.

В уравнениях не учтено влияние неравномерности сдвига по длине балки.

Уравнения состояния (реологические уравнения) – уравнения, описывающие состояние тела во времени и связывающие параметры состояния данной системы. Параметрами являются: напряжения, деформации, скорость деформаций и напряжений. Реологические уравнения описывают не реальный материал, а его свойства. К реологическим свойствам относят ползучесть, релаксацию, упругое последействие, текучесть и т.д.

Уровень ответственности – характеристика здания или сооружения, определённая в соответствии с объёмом экономических, социальных и экологических последствий его разрушения (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Усадка бетона – это уменьшение размеров и объёма бетона вследствие потери влаги, уплотнения, затвердевания и других процессов. Усадка бетона происходит во время его твердения на воздухе в результате испарения воды из капилляров цементного камня.

Усадка грунта – уменьшение его объёма в результате удаления воды при высыхании или под влиянием физико-химических процессов (осмос).

Усилия от независимого смещения опор – усилия, возникающие в статически неопределимых системах вследствие смещения опор и приводящие к изменению относительного расположения узлов.

Условия прочности изгибаемых стальных элементов, работающих в пределах упругих деформаций:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_{\text{н}}} \leq R_y \gamma_c; \quad \tau = \frac{QS}{It} \leq R_c \gamma_c,$$

где M и Q – максимальный момент и поперечная сила от расчётной нагрузки; $W_{\text{н}}$ – момент сопротивления нетто поперечного сечения, при несимметричном сечении $W_{\text{н min}} = I_x / y_{\max}$; S – статический момент сдвигающейся части сечения относительно нейтральной оси; I – момент инерции сечения балки; t – толщина стенки.

Условие прочности растянутых стальных элементов:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq R \gamma_c,$$

где $N = N_n \gamma_c$ – предельная сила в стержне от расчётных нагрузок; R – расчётное сопротивление, принимаемое равным R_y , если же условиями эксплуатации допускаются пластические деформации, то R равняется наибольшему из двух значений R_y и R_u / γ ; R_y и R_u – расчётные сопротивления материала по текучести и временному сопротивлению.

Условие прочности круглого бруса при кручении в случае чистого сдвига:

$$\tau_{\max} = \frac{M_z}{W_p} \leq [\tau],$$

где $W_p = \frac{\pi z^3}{2}$.

Условие несжимаемости материала:

$$\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = 0 \quad \text{и} \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0.$$

Условие прочности растянутых деревянных элементов:

$$\sigma_p = \frac{N}{F_{нт}} \leq R_p m_0,$$

где N – расчётная растягивающая сила; $F_{нт}$ – площадь ослабленного сечения; $m_0 = 0,8$ – коэффициент, учитывающий концентрацию напряжения в местах ослаблений; R_p – расчётное сопротивление древесины растяжению.

Условная стабилизация деформаций – принятая в программе опытов или в стандарте величина скорости перемещений, до которой остаётся постоянной нагрузка. Если скорость перемещений ниже условной, то нагрузку увеличивают на следующую ступень.

Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ – напряжение, при котором остаточная деформация после полной разрузки составляет 0,2%.

Условный предел упругости $\sigma_{0,02}$ – напряжение, при котором отклонение деформаций от линейной зависимости $\sigma_s - \varepsilon_s$ достигает 0,02%.

Усталостное разрушение – разрушение арматуры под действием повторно-переменных (часто циклических) напряжений.

Усталостные явления в материале – изменение механических и физических свойств материала под длительным действием циклических изменяющихся во времени напряжений и деформаций (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений, Федеральный закон № 381-ФЗ). Это может привести к разрушению при меньших напряжениях, чем временное сопротивление и даже предел текучести.

Усталость материала – процесс постепенного накопления повреждений, приводящий к окончательному разрушению. Различают малоцикловую усталость, которой соответствуют большие значения разрушающих напряжений при сравнительном небольшом числе циклов нагружения ($< 10^5$), и многоцикловую усталость ($N > 10^5$).

Установившиеся (стационарные) процессы или движения – процессы или движения, зависящие от координат и не зависящие явно от времени.

Устойчивость – способность сооружений сохранять своё первоначальное положение и соответствующую нагрузку первоначальную форму равновесия в деформационном состоянии, всегда пребывать при любых малых посторонних возмущениях близко к исходному невозмущённому состоянию и возвращаться к нему в упругой стадии полностью, а в упруго-пластической, как правило, частично, если случайные причины, вызывавшие возмущение сооружения, исчезают.

Фазы напряжённого состояния грунта – Н.М. Герсеванов выделил три фазы напряжённо-деформированного состояния грунта, возникающее по мере возрастания нагрузки:

- 1) уплотнения – скорость деформации стремится к нулю;
- 2) сдвигов – скорость деформации приобретает постоянное значение;
- 3) прогрессирующего течения – прогрессивно возрастающая скорость деформации.

Для фундаментов мелкого заложения ($0 \leq h/b \leq 0,5$) выпирание масс грунта происходит по непрерывным поверхностям скольжения, выходящим на горизонтальную плоскость под углом $45^\circ - \varphi/2$. В случае когда $0,5 \geq h/b \geq 1,5 \dots 2$, поверхности скольжения при выходе на поверхность имеют сложное S-образное очертание.

Для фундаментов глубокого заложения ($1,5 \dots 2 \leq h/b \leq 3 \dots 4$) при достижении предельной нагрузки не наблюдается выпирание грунта на поверхность, но ниже подошвы возникает прогрессирующее течение. Для фундаментов очень глубокого заложения ($h/b > 3 \dots 4$) ниже подошвы происходит раздвигание и значительное уплотнение грунта вниз и в стороны. Определяющим является не предельная нагрузка, а предельная осадка.

Феноменологические решения – основанные на добытых из опыта закономерностях и гипотезах (Л.И. Седов).

Ферма – геометрически неизменяемая стержневая система, у которой все узлы принимаются при расчёте шарнирными, применяемая в покрытиях зданий, мостах и т.д. Основные элементы фермы работают на растяжение – сжатие.

Фибробетон – разновидность цементного бетона, в котором достаточно равномерно распределены обрезки «фибры» в качестве армирующего материала.

Фибры – волокна с диаметром до 1 мм, длиной до 100 мм, из базальта, стеклопластика, стали, полимеров и т.п. Прочность их многократно превышает прочность высокопрочных сталей. В последнее время открыт ряд заводов по изготовлению фибры. Применяются фибры при строительстве аэродромов, дорог и других объектов при больших динамических нагрузках.

Физическая модель – идеализация свойств заданной конструкции и внешних воздействий.

Физическая изменяемость – появляется при отсутствии пропорциональности между длинами и деформациями.

Физический износ – величина, характеризующая степень ухудшения технических и связанных с ним других эксплуатационных показателей здания (сооружения) на определённый момент времени.

Фильтрация – движение жидкости сквозь почву.

Функционал – переменная величина (число), значение которой зависит от выбора функции, принадлежащей некоторому классу. Может зависеть от нескольких функций, каждая из которых принадлежит своему классу.

Характеристика безопасности здания или сооружения: количественные или качественные показатели свойств строительных конструкций, оснований, элементов сетей и систем инженерно-технического обеспечения, посредством соблюдения которых обеспечивается соответствие здания или сооружения требованиям безопасности (Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 381-ФЗ).

Хрупкость – склонность разрушаться при малых деформациях.

Цемент – минеральное гидравлическое вяжущее вещество, способное при затворении его водой медленно вступает с ней в соединение, образуя твёрдую сплошную камневидную массу.

Центральные оси – линии, относительно которых статические моменты равны нулю.

Центр жёсткостей системы несимметричной в плане – несущая система помимо изгиба подвергается повороту на угол и вокруг оси, проходящей через центр жёсткостей поперченного сечения системы. Вследствие этого в вертикальных элементах возникают дополнительные изгибающие моменты. Положение центра жёсткостей системы определяют по координатам:

$$a_x = \frac{\sum_{k=1}^n B_{xk} a_{xk}}{\sum_{k=1}^n B_{xk}};$$

$$a_y = \frac{\sum_{k=1}^n B_{yk} a_{yk}}{\sum_{k=1}^n B_{yk}}.$$

где n – число элементов в системе; B_{xk} и B_{yk} – изгибание жёсткости k -го элемента относительно осей, проходящих через его центр тяжести. (А.П. Кудзис, 1989).

Центр изгиба в поперечном сечении балки – точка, относительно которой момент касательных сил, действующих в поперечном сечении равен нулю.

Центрифугирование – способ изготовления напорных и безнапорных труб, напорных линий электропередачи, колонн и других конструкций кольцевого сечения. Смесь подаётся во вращающуюся форму. Распределение по окружности и уплотнение смеси осуществляется за счёт центробежных и динамических сил.

Чистое растяжение – случай, когда все точки перемещаются параллельно оси x , причём перемещение u пропорционально x , а $v = w = 0$.

Частота колебаний – количество циклов колебаний за единицу времени. $n = 1/T$.

Четвёртая теория прочности (Р. Мизес, 1913) – пластическая деформация возникает тогда, когда $\tau_{\text{очт}}$ достигает определённого для данного материала критического значения:

$$\tau_{\text{очт}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sigma_T; \quad \sqrt{\frac{1}{2} |(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2|} = \sigma_T.$$

Чистый изгиб – частный случай изгиба, при котором в сечениях балки поперечная сила равна нулю.

Чистый изгиб призматического стержня – изгиб, при котором изгибающий момент по всей длине балки отличен от нуля и одинаков во всех сечениях, т.е.:

$$M_x = \text{const}; \quad N = Q_x = Q_y = M_y = M_z = 0.$$

Формула Эйлера (1744) – для вычисления критического напряжения при потере устойчивости идеально упругого прямолинейного стержня:

$$\sigma_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{кр}}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{l_0^2 A} = \frac{\pi^2 E i^2}{l_0^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2},$$

где $i = \sqrt{I/A}$; $\lambda = l_0/i$; $l_0 = \mu l$, μ – коэффициент приведения, зависящий от способа закрепления концов стержня. При шарнирных закреплениях

обоих концов стержня $\mu = 1$; при жёстком закреплении нижнего и свободного верхнего $\mu = 2$; при верхнем шарнирном и нижнем жёстком закреплении $\mu = 0,7$; при жёстких закреплении обоих концов $\mu = 0,5$; при нижнем жестком и верхнем подвижном $\mu = 1$; при упругоподатливом закреплении обоих концов $0,5 < \mu < 1$.

Шарнирные узлы – узлы, в которых при деформации системы стержни, примыкающие к узлу, свободно поворачиваются относительно друг друга.

Шаровой тензор напряжений

$$T_H^0 = \begin{pmatrix} \sigma_{\text{ср}} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{\text{ср}} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{\text{ср}} \end{pmatrix}.$$

Шаровой тензор деформации

$$T_{\text{деф}}^0 = \begin{pmatrix} \varepsilon_{\text{ср}} & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_{\text{ср}} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{\text{ср}} \end{pmatrix}.$$

Шлакопортландцемент – цемент, при помоле клинкера к нему добавляется более 20% доменного гранулированного шлака.

Шпренгели – дополнительные двухпорные фермочки, опирающиеся на узлы основной фермы.

Хладноломкость – склонность арматуры под силовым напряжением и температуре ниже -30 °С к хрупкому разрушению.

Эквивалентные способы описания механических систем: локальный (при помощи дифференциальных уравнений) и вариационный (при помощи экстремальных принципов). Предметом вариационного исчисления является исследование функционалов на максимум и минимум.

Электрические методы (электростатический, термоэлектрический, электрондуктивный) – косвенные методы измерения неэлектрических величин (физико-механических характеристик строительных материалов, изделий и конструкций). По замеренному электрическому сопротивлению, используя градуировочные зависимости, термоэлектрические и диэлектрические эффекты, определяют характеристики, например влажность.

Эпюра перемещений – график перемещений по заданному направлению точек осей стержней, отложенных от схемы недеформированного сооружения или от проекции этих точек на прямую, перпендикулярную направлению перемещений (В.А. Киселев).

Ячеистый бетон – особо лёгкий бетон с большим количеством (до 85% от общего объёма бетона) мелких и средних воздушных ячеек размером (1...1,5 мм), изготавливается из минеральных вяжущих и кремнезёмистого заполнителя. Применяется преимущественно для изготовления сборных элементов ограждающих конструкций промышленных и гражданских зданий.

Ячеистые бетоны (газобетоны и пенобетоны).

Газобетон – смесь портландцемента, тонкомолотого наполнителя (кварцевого песка, доменного шлака, зоны-уноса, нефелитового шлака и др.), воды и газообразователя (алюминиевой пудры).

Пенобетон – бетон с добавлением отдельно приготовленной пены, обуславливающей образование ячеек.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ

Вариационный принцип Кастильяно – если вариации внешних сил равны нулю, то из всех возможных изменений напряжений (усилий) совместности деформаций соответствуют те, при которых дополнительная работа принимает стационарное значение.

Возможная работа внешних сил – работа действующих на систему сил неизменного направления на перемещениях, созданных другими силами или другими причинами.

Перемещения считаются малыми, допускающими применение принципа независимости действия сил.

Гипотеза Кирхгофа – точки, расположенные на некоторой прямой, нормальной к срединной поверхности до деформации, после деформации снова образуют прямую, нормальную к деформированной поверхности. Это предполагает, что угловыми деформациями оболочек можно пренебречь по сравнению с угловыми перемещениями. Такое суждение применимо в той мере, в какой толщина пластины мала по сравнению с другими её размерами.

Гипотезы, используемые при построении технической теории чистого изгиба призматического бруса:

- поперечные сечения плоские до деформации, остаются плоскими и после деформации;
- продольные волокна не взаимодействуют в нормальном по отношению к ним направлении, т.е. на площадках, параллельных от бруса, нормальные напряжения равны нулю;
- нормальные напряжения на площадках, параллельных от балки, пренебрежительно малы по сравнению с нормальными напряжениями в поперечных сечениях.

Гипотезы об упрочнении материала (В.В. Новжилов) – упрочнение 1) происходит вследствие возрастания внутреннего трения, 2) обусловлено внутренними упругими силами междерновой и межблочной природы.

Гипотеза о распределении касательных напряжений в поперечном сечении балки (Д.И. Журавский) – во всех точках поперечного сечения, лежащих на линии, параллельной нейтральной оси, значение составляющей полного касательного напряжения, параллельной плоскости действия сил, одинаково.

Гипотеза плоских сечений (Мариотта–Бернулли) – при растяжении или сжатии стержней поперечные сечения, плоские до деформации, остаются плоскими и параллельными друг другу и после деформации.

Закон парности касательных напряжений – касательные напряжения по двум взаимно перпендикулярным площадкам, направленные перпендикулярно к линии пересечения этих площадок, равны по величине и обратны по знаку.

Закон уплотнения (Н.А. Цытович, 1934) – бесконечно малое относительное изменение объёма пор грунта прямо пропорционально изменению давления.

$$de = -m_0 dp,$$

где m_0 – коэффициент сжимаемости или уплотнения.

$$m_0 = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1}.$$

Интеграл Мора. Перемещение от любой нагрузки можно выразить через внутренние усилия, возникающие в заданной системе от этой нагрузки и возникающие в ней от единичной силы перемещения. Направление единичной силы совпадает с направлением определяемого перемещения. Работа A_{21} силы $P_2=1$ на перемещении Δ_{21} выражается через внутренние усилия в стержнях фермы:

$$A_{21} = \Delta_{21} = \sum \int_0^l \overline{M}_2 \frac{M_1 dx}{Ej} + \sum \int_0^l \overline{N}_2 \frac{N_1 dx}{Ej} + \sum \int_0^l \overline{Q}_2 \frac{Q_1 dx}{Ej} \eta.$$

Чёрточки над M_2 , N_2 и Q_2 указывают на то, что эти внутренние усилия вызваны действием силы, равной единице.

Кинематический способ расчёта – в предельном равновесии конструкция рассматривается как система, состоящая из жёстких звеньев, соединённых между собой пластическими шарнирами или линиями излома. Условия равновесия представляют собой сопоставление виртуальных работ внешней нагрузке и внутренних усилий.

Линейный закон фильтрации (закон Дарси): скорость фильтрации пропорциональна гидравлическому градиенту

$$v = k_\phi i,$$

где $k_{\text{ф}}$ – коэффициент фильтрации; v – скорость фильтрации жидкости при напорном градиенте, равном 1

$$v = Q / A ,$$

Q – расход воды; A – площадь поперечного сечения, через которую фильтруется жидкость;

$$Q = k \frac{1}{\mu} \frac{\Delta_p A}{L} ,$$

μ – вязкость среды; Δ_p – перепад давления; A – площадь поперечного сечения пористой среды; L – длина пути фильтрации; k – коэффициент пропорциональности (проницаемости).

Метод баланса работ – при пластической деформации работа внешних сил на соответствующих им перемещениях равна работе внутренних сил.

Метод предельного равновесия при расчёте железобетонных конструкций (А.А. Гвоздев) – расчёт прочности статически неопределимых конструкций при чрезмерном развитии пластических деформаций. В стадии предельного равновесия происходит перераспределение усилий с более нагруженных зон элементов в менее нагруженные. Практическая реализация метода производится статическим или кинематическим способами.

Первая теорема Коттерила–Кастильяно – частная производная от потенциальной энергии деформации по обобщённому перемещению равна соответствующей ей обобщённой силе

$$Q_j = \frac{\partial u}{\partial q_j} .$$

Первая теория прочности (Г. Галилея) – хрупкое разрушение в данной точке тела возможно лишь при условии, что наибольшее нормальное напряжение в этой точке является растягивающим и достигает определённой для данного материала величины ($\sigma_1 = \sigma_u$).

Постулат Друкера – работа добавочных напряжений на вызванных ими приращениях деформаций за цикл нагружения и разгрузки положительна

$$(\sigma_{ij} - \sigma_{ij}^0) d\varepsilon_{ij}^p + d\sigma_{ij} d\varepsilon_{ij}^p + d\sigma_{ij} d\varepsilon_{ij}^p > 0 .$$

Правило Верещагина. Перемещения в системе можно найти пере-множив эпюры, построенные для единичного и действительного состоя-ний. Для этого приходится вычислять площади различных геометриче-ских фигур и определять положения их центров тяжести. Результат пере-множения надо разделить на жёсткость.

Принцип независимости действия сил (принцип суперпозиции, наложения) – если какая-либо величина (опорная реакция, внутренняя сила, напряжение, перемещения и т.д.) при нескольких внешних силах, совместно действующих на сооружения, определяется как алгебраическая или геометрическая сумма значений составляющих этой величины от ка-ждой силы в отдельности (В.А. Киселев, 1986).

Принцип применён при соблюдении предпосылок: каждая нагрузка в отдельности и все вместе дают малые изменения формы системы; опреде-ление реакций и внутренних сил производится по недеформированному состоянию; материал должен следовать закону Гука.

Принцип возможных перемещений (Ж.Л. Лагранжа) – если сис-тема находится в состоянии равновесия, то сумма работ всех внешних сил (действующих на неё) и внутренних сил на всяком бесконечно малом возможном перемещении равна нулю

$$\sum_{i=1}^l Q_i \delta q_i + (-\delta u) = 0 .$$

где δu – вариация потенциальной энергии деформации системы (вызван-ная возможной вариацией перемещения), взятая со знаком минус, равна вариации работы внутренних сил

$$\delta u = \sum_{k=1}^n \int [M_x \delta Q_x + M_x \delta Q_y + M_x \delta Q_z + Q_x \gamma_x + Q_y \gamma_y + N \delta \epsilon_z] dz .$$

Полная потенциальная энергия деформации линейно-упругой про-странственной стержневой системы с прямолинейными осями

$$U = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^r \int_0^{l_k} \left(\frac{M_x^2}{EI_x} + \frac{Q_y^2}{GF_y} + \frac{M_y^2}{EI_y} + \frac{Q_x^2}{GF_x} + \frac{M_z^2}{EI_z} + \frac{N^2}{EF} \right) dz .$$

Принцип возможных изменений напряжений – если деформация согласована со всеми имеющимися внутренними и внешними связями, т.е. если соблюдена совместность деформаций системы, то сумма работ, про-изводимых бесконечно малыми возможными изменениями всех внешних и внутренних сил на действительных перемещениях системы (вызванных самыми статически действующими силами), равна нулю.

Принцип Д'Аламбера – в любой момент времени рассматриваемая система должна находиться в равновесном состоянии от действия внешних и внутренних сил (включая силы внутреннего сопротивления) и возникающих при колебаниях инерционных сил.

Принцип минимума дополнительной работы: из всех статически возможных напряжённых состояний только для истинного напряжённого состояния дополнительная работа для всего тела принимает минимальное значение.

Принцип наименьшей работы – усилия в лишних связях статически неопределимой стержневой системы должны быть такими, чтобы обеспечить условия минимальности потенциальной энергии.

Принцип отвердения – равновесие изменяемой системы не нарушается, если предположить, что система стала абсолютно твёрдым телом.

Принцип суммирования повреждений (Дж. Бэйли, 1939) – разрушение – процесс накопления повреждений, произойдёт тогда, когда ресурс долговечности будет полностью исчерпан

$$\int_0^{\tau_p} \frac{dt}{\tau[\sigma(t); \tau(t)]} = 1,$$

где τ_p – время от начала нагружения до полного разрушения; $\tau[\sigma(t); \tau(t)]$ – математическая модель температурно-временной зависимости прочности.

Принцип температурно-временной суперпозиции (А.П. Александров – Ю.С. Лазуркин, 1939) – влияние температуры и времени на величину деформации полимеров эквивалентно. Согласно принципу кривые ползучести или релаксации напряжений, соответствующие разным температурам, можно наложить на один общий график после смещения вдоль оси t .

Разрешающие уравнения строительной механики:

1) уравнения равновесия (статическая сторона задачи расчёта сооружений); уравнения записываются для внешних и внутренних сил, которые входят в них линейно, т.е. в первой степени;

2) уравнения совместности деформаций (геометрическая сторона решения задачи расчёта сооружений): деформации удлинения, сжатия, изгиба и др. связываются с перемещениями точек системы; уравнения нелинейные; если считать перемещения и деформации малыми по сравнению с основными размерами конструкций, то уравнения совместности становятся линейными;

3) физические уравнения, связывающие усилия с деформациями; уравнения можно получить на основе закона Гука, т.е. на основе линейных зависимостей между напряжениями и деформациями.

Статический способ расчёта – определяется наибольшая нагрузка, при которой ещё возможно одновременное соблюдение условий статики и предельных условий-ограничений для всех элементов системы.

Теорема Журавского: поперечная сила равна первой производной от изгибающего момента по абсциссе сечения балки $Q = \frac{dM}{dx}$. Между поперечной силой и интенсивностью нагрузки существует также дифференциальная зависимость $q = \frac{dQ}{dx}$.

Теорема Клапейрона – действительная работа внешней силы F равна половине произведения силы на перемещение (проекция полного перемещения точки приложения силы на её направление) по направлению силы

$$A = 0,5 \sum F_i \Delta_{ii} .$$

Теорема Лагранжа–Дирихле – равновесие системы устойчивое, если потенциальная энергия системы имеет минимум по сравнению со всеми достаточно близкими положениями системы (локальный минимум).

Теорема Прандтля – центры кривизны дуг линий скольжения одного семейства образуют эвольвенту для длинной линии скольжения другого семейства, которую они пересекают.

Теорема о взаимности работ (теорема Бетти) – взаимная работа сил первого равновесного состояния упругой системы на перемещениях второго состояния той же системы равна работе сил второго состояния на перемещениях, вызванных силами первого состояния

$$\sum F_k \Delta_{km} = \sum F_m \Delta_{mk} .$$

Теорема о кривизне: каждая поверхность в любой точке обладает взаимно перпендикулярными кривыми, имеющими наибольший и наименьший радиусы кривизны.

Теорема о взаимности единичных перемещений (Максвелла) (вытекает из теоремы Бетти): единичное обобщённое перемещение, соответствующее обобщённой силе F_k от обобщённой силы F_m , равно единичному обобщённому перемещению, соответствующему обобщённой силе F_m от обобщённой силы F_k

$$\delta_{km} = \delta_{mk} .$$

Теорема взаимности единичных реакций в статически неопределённых системах (вторая теорема Рэлея) (вытекает из теоремы Бетти): единичная реакция связи k от силы $F_m = 1$ равна единичному перемещению по направлению силы F_m от перемещения связи $\Delta_k = 1$, взятому с противоположным знаком $r_{km} = -\delta_{mk}$.

Теорема Лагранжа: частная производная потенциальной деформации по перемещению Δ_k равна силе F_k .

$$\partial U / \partial \Delta_k = F_k.$$

Теорема Кастильяно – частная производная от дополнительной работы по обобщённой силе равна соответствующему этой силе обобщённому перемещению

$$a_f = \frac{\partial u'}{\partial Q_f},$$

где u' – обобщённые внешние силы.

Теорема Клапейрона: работа внешних сил (для упругой системы)

$A = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Q_i q_i$ численно равна накопленной в теле потенциальной энергии деформации u , т.е.

$$A = u \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^n Q_i q_i = 2u.$$

Теорема о кривизне: каждая поверхность в любой точке обладает взаимно перпендикулярными кривыми, имеющими наибольший и наименьший радиусы кривизны.

Теория расчёта тонких оболочек – теория, в основу которой положено: материал оболочки рассматривается как упругий; справедлива гипотеза плоских сечений (прямолинейный элемент, перпендикулярный срединной поверхности до деформации, остаётся прямым и перпендикулярным деформированной срединной поверхности и не изменяет своей длины); нормальные напряжения на площадках, параллельных срединной поверхности, считаются приблизительно малыми по сравнению с другими напряжениями.

Теорема Руше – система линейных однородных алгебраических уравнений имеет решение, отличное от нуля, тогда и только тогда, когда основной определитель системы равен нулю.

Феноменологическая теория прочности – функциональная зависимость между критическими значениями напряжений σ_{ij} , деформаций ε_{ij} , температуры T и времени t

$$f(\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}, T, t) = 0 \quad (i, j = 1, 2, 3).$$

При $f < 0$ локального разрушения не происходит, $f = 0$ происходит разрушение рассматриваемого локального объёма, а состояние $f > 0$ – невозможно.

Формула Д.И. Журавского для выражения касательных напряжений в балке при поперечном изгибе:

$$\tau_{zy}^{(y)} = \frac{Q_y S_x}{b(y) I_x}, \quad \tau_{zx}^{(x)} = \frac{Q_x S_y}{b(x) I_y}.$$

Формула долговечности С.Н. Журкова – А.П. Александрова

$$\tau = \tau_m \exp_p \left\{ \left[\frac{u_0 - \gamma' \sigma}{RT} \right] \left(1 - \frac{T}{T_m} \right) \right\},$$

где u_0 – начальная энергия активации; γ' – структурно-чувствительная константа материала; τ_m – предэкспоненциальный множитель; T – температура; $u_0, \tau_m, \gamma', T_m$ – физические (термофункциональные константы материала, получаемые из экспериментов, обрабатываемых в координатах $\lg t - 1/T$ (семейство прямых, сходящихся в полюсе)); T_m – предельная температура, выше которой материал не работает; τ_m – соответствующая минимальная долговечность.

Формула расчёта и распределения касательных напряжений по радиусу поперечного сечения круглого цилиндра при чистом кручении:

$$\tau_p = \frac{M_{zp}}{I_p},$$

где

$$M_{zp} = G \frac{d\vartheta_z}{dz} \int_A p^2 dA; \quad I_p = \int_A p^2 dA,$$

G – модуль сдвига; $d\vartheta_z$ – приращение угла поворота сечения по длине круглого цилиндра dz ; ϑ_z – угол крутильного поворота.

Условие равнопрочности – конструкция равнопрочна, если разрушение начинается одновременно во всех точках или в максимально большей её части (Г.П. Черепанов, 1977).

Условие пластичности – для разграничения упругого и пластического деформирования упрочняющегося материала в общем случае

$$f(\sigma_{ij}) = 0.$$

В это условие должна входить мера упрочнения, например в виде работы пластического деформирования

$$V = A^p = \int \sigma_{ij} d\epsilon_{ij}^p = \int \bar{d}\epsilon_i^p.$$

Первый член уравнения – работа пластической деформации, второй – параметр Удквиста.

Эффект Баушингера – если материал одинаково сопротивляется деформациям при растяжении и сжатии, то сопротивление возникновению пластических деформаций в системе понижается при предварительной пластической деформации другого знака или изменении предела упругости на сжатие после предварительного растяжения за предел упругости.

Эффект Ребиндера – облегчение деформации и разрушения твёрдых тел происходит при протекании их в среде, содержащей вещества, обладающие физико-химическим средством к данному телу.

3. ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЁНЫЕ В ОБЛАСТИ МЕХАНИКИ И СТРОИТЕЛЬСТВА

Баушингер Иоганн (1833 – 1893) – немецкий механик, экспериментально исследовал деформативные и прочностные свойства материалов. Открыл эффект снижения предела упругости при сжатии после растяжения до пластического состояния, носящий его имя.

Белелюбский Н.А. (1845 – 1922) – известный русский инженер и учёный в области строительной механики и мостостроения. Внёс большой вклад в развитие экспериментальной техники. Белелюбский основал в Петербургском институте инженеров железнодорожного транспорта лабораторию по испытанию материалов, ныне носящую его имя. Белелюбский участвовал в выработке принятых в России новейших правил и условий приёмки строительных материалов – цемента, металлов.

Бернулли Д. (1700 – 1782) – исследовал частоты и формы колебаний стержней.

Бондаренко В.М. (1925) – внёс значительный вклад в теорию силового сопротивления железобетона. Разработал методы расчёта конструкций с учётом ползучести. Опубликовал ряд учебных монографий, отличающихся новизной и практической направленностью.

Бубнов И.Г. (1872 – 1919) – русский инженер-кораблестроитель, учёный в области строительной механики, автор первого в мире курса строительной механики корабля. Предложил новый приближённый метод интегрирования дифференциальных уравнений.

Вегенер Альфред (1880 – 1930) – предложил гипотезу о движении континентов, исследовал породы и ледники Гренландии, кратеры на Луне.

Велер А. (1819 – 1914) – исследовал усталость металлов, разработал установку для усталостных испытаний.

Вертгейм В. (1815 – 1861) – изучал влияние температурных условий на модуль упругости стали, провёл обширные испытания стекла, древесины, заложил основы фотомеханики.

Власов В.З. (1906 – 1958) – выдающийся учёный-механик. Разработал (1932, 1939) методы сведения задач устойчивости упругих систем к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Развил методы расчёта тонкостенных стержней, оболочек. Получил ряд результатов в области теории цилиндрических оболочек. Развил (1947) вариационный метод расчёта многосвязных призматических оболочек.

Вялов С.С. (1910 – 1997) – известный специалист в области инженерной геокриологии, гляциологии и реологии грунтов. Внёс значительный вклад в развитие кинетической теории прочности и ползучести грунтов. Использовал энтропийный подход при оценке длительной прочности.

Гейм Альберт (1849 – 1937) величайший геолог всех времён, автор монументальной книги «Геология Швейцарии». Доказал возможность непрерывного пластического деформирования горных пород.

Гриффитс А. (1893 – 1963) – английский учёный, родоначальник науки о механике разрушения хрупких материалов исходя из закона о сохранении и превращении энергии. Накопленная в ходе упругого деформирования потенциальная энергия при разрушении полностью превращается в энергию образующихся новых поверхностей.

Гук Роберт (1635 – 1703) – английский физик и механик. Установил линейную зависимость между напряжениями и относительными деформациями в начальный период нагружения, известную под названием закона Гука. Для одноосной деформации

$$\sigma = E\varepsilon,$$

где E – коэффициент пропорциональности (модуль продольной упругости – модуль Юнга). Зависимости представляют для одно- и трёхосного состояния, для сжатия, растяжения и сдвига.

Гвоздев А.А. (1897 – 1986) – автор многочисленных работ по строительной механике, теории пластичности и ползучести, расчётам железобетонных элементов по предельным состояниям. Предложил смешанный метод расчёта статически неопределимых систем, оболочек и складок.

Генки Г. (1924) предложил энергетическое обоснование теории пластического деформирования. Он считал, что при упругопластическом деформировании тела вклад в энергию деформации даёт часть работы действующих сил, связанная с изменением упругой деформации, а другая часть связана с изменением пластической составляющей. Разработал (вместе с Мизесом) критерий пластичности. Предложил ряд теорем по развитию линий скольжения.

Герсеванов Н.М. (1879 – 1950) – выдающийся учёный и инженер, основатель советской школы механики грунтов, внёс значительный вклад в различные области науки: математику, механику, фундаментостроение. Фундаментальная его работа (вместе с Д.Е. Польшиным) посвящена динамике грунтовых масс.

Дыховичный Ю.А. (1926 – 2007) – архитектор, конструктор, инженер-строитель, теоретик строительного проектирования. Автор проектов кинотеатра «Россия» (1962), цирка на проспекте Вернадского (1965), Дома Советов (1975), высотных жилых домов (в том числе на Котельнической набережной, 1951). Автор монографий «Краткий справочник по проектированию жилых и гражданских зданий» (с М.С. Каменковичем, Москва: Госстройиздат, 1963), «Массовое полносборное домостроение в Москве» (с соавторами, Москва: Стройиздат, 1965), «Конструирования и расчёт жилых и общественных зданий повышенной этажности. Опыт московского строительства» (Москва: Стройиздат, 1970), «Н.В. Никитин: жизнь и творчество» (Москва: Стройиздат, 1977), «Большепролётные конструкции сооружений Олимпиады-80 в Москве» (Москва: Стройиздат, 1982), «Сборный железобетонный унифицированный каркас. Опыт московского строительства» (с В.А. Максименко, Москва: Стройиздат, 1985), «Пространственные составные конструкции» (учебное пособие, с Э.З. Жуковским, Москва: Высшая школа, 1989), «Оптимальное строительное проектирование» (с В.А. Максименко, Москва: Стройиздат, 1990), «Современные пространственные конструкции: железобетон, металл, дерево, пластмассы» (с Э.З. Жуковским и другими, Москва: Высшая школа, 1991).

Жемочкин Б.Н. (1887 – 1961) – крупный практик и теоретик. С 1932 по 1961 гг. был профессором по строительной механике и сопротивлению материалов в Военно-инженерной академии им. Куйбышева. Разработал метод расчёта фундаментов на упругом полупространстве. Был постоянным консультантом ряда проектных и строительных организаций, председателем научно-технических советов. Опубликовал несколько крупных работ, в том числе по расчёту рам, фундаментных балок и плит на упругом основании. Издал курс теории упругости (1946). Инженерный подход к решению задач по расчёту сооружений сочетал со строгими методами математической теории упругости.

Журавский Д.И. (1821 – 1891) разработал теорию расчёта плоских ферм, установил закон распределения усилий, возникающих в различных частях раскосных ферм под действием нагрузок. Создал «струнный метод» испытания модели фермы. Предложил при сооружении мостов больших пролётов увеличивать высоту стоек ферм от опор к середине пролёта. Журавскому принадлежит также создание теории распределения касательных напряжений при изгибе.

Кельвин У.Т. (1824 – 1907) – английский физик и механик. Внёс существенный вклад в теорию упругости, реологию. Им предложено фундаментальное решение о действии силы на большой глубине; разработана реологическая модель, носящая его имя.

Кербелз С.В. (1810 – 1899) – российский инженер, генерал. Инженерные постройки: Благовещенский мост в Санкт-Петербурге (1843 – 1850), металлический железнодорожный мост через реку Лугу Петербурго-Варшавской железной дороги (1853 – 1857), мосты на Петербурго-Варшавской железной дороге через реки Великую и Западную Двину (проект 1853 г.; не осуществлены из-за передачи строительства французам). автор проекта Морского канала (от Кронштадта в Санкт-Петербург), Александровский мост через Вислу в Варшаве (1858 – 1864), участие в проектировании Петербургского международного коммерческого банка (Невский проспект, 58).

Кирпичев В.Л. (1845 – 1913) открыл закон упругого подобия, был педагогом, воспитывавшим несколько поколений русских инженеров.

Кирхгоф Густав (1824 – 1887) – выдающийся физик и механик, исследовал физическую и химическую природу тепла и света; разработал теорию изгиба тонкой плоской упругой пластинки. Здесь он применил принцип возможных перемещений в сочетании с вариационным исчислением.

Коши Огюстен Луи (1789 – 1857) – французский математик и механик, один из создателей теории упругости. Широко известна система уравнений Коши зависимости между деформациями и перемещениями.

Клапейрон Бенуа Поль Эмиль (1799 – 1864) – французский инженер, физик и механик. Совместно с Г. Ламе исследовал устойчивость арок. Дал формулировку уравнения трёх моментов. Разработал (1848) новый метод вычисления напряжений в неразрезных балках. В теории упругости известна теорема Клапейрона.

Кулибин И.П. (1735 – 1818) – выдающийся инженер. спроектировал (1776) деревянный мост через реку Неву пролётом 298 м. Конструкция моста – комбинированная система, состоящая из гибкой нити и жёсткой решётчатой арочной фермы. Позже он предложил конструкцию решётчатой фермы из железа. С помощью модели – верёвочного многоугольника – определил очертания оси и распор арки. Разработал проект трёхарочного стального моста протяжением 260 м и сконструировал его модель.

Кулон Ш.О. (1736 – 1806) – французский физик, механик, известен своими трудами в области электричества и давления грунта на подпорные сооружения. Внёс вклад в развитие третьей теории прочности.

Левайт А.Ф. (1868 – 1933) – основоположник фундаментальных теорий о прочности материалов, автор и строитель разнообразных сооружений.

Ламе Г. (1795 – 1870) – сконструировал гидравлическую испытательную машину. Автор первого в мире курса по теории упругости. Предложил эллипсоид напряжений для оценки напряжённого состояния в точке. Ввёл упругие постоянные в уравнение закона Гука. Исследовал напряжённое состояние в толстостенной трубе.

Ломоносов М.В. (1711 – 1765) – гениальный русский учёный. Обширное поле его научной деятельности. Он занимался вопросами прочности материалов, фактически подошёл к открытию всеобщего закона сохранения материи.

Максвелл Д.К. (1831 – 1879) – английский физик, им разработана техника оптического анализа напряжений в поляризованном свете; предложил рологическую модель, носящую его имя; основатель четвёртой теории прочности.

Мариотт Э. (1620 – 1684) – экспериментально изучал явление удара, поведение балок при прямом изгибе, изготовил установку для испытания материалов на растяжение.

Мор Отто (1835 – 1918) – разработал графические методы для представления моментов инерции масс, распределяемых в пространстве и однородных напряжённых состояний и малых деформаций; предложил фундаментальную теорию механической прочности твёрдых тел и состояний предельного равновесия идеальной сыпучей среды, основанной на рассмотрении огибающих наибольших главных кругов напряжений. Предельное состояние возникает на площадках, проходящих через направление главного напряжения σ_2 и величина σ_2 не влияет на возникновение предельного состояния.

Мурашов В.И. (1904 – 1959) – автор фундаментальных исследований по трещиностойкости и жёсткости железобетонных элементов, по жаростойким бетонам.

Надан Арпад (1893 – 1963) – выполнил ряд блестящих работ по теории упругости, ползучести и пластичности, по теории изгиба пластин, теории конечных деформаций, геомеханики. Результаты исследований опубликованы в двух томах.

Новье (1785 – 1936) – первый исследователь общих уравнений равновесия и колебаний упругих тел.

Остроградский М.В. (1801 – 1856) – исследовал проблему распространения волн в упругой среде, внёс существенный вклад в развитие динамической теории упругости.

Патон Е.О. (1870 – 1953) – советский учёный, специалист в области сварки и мостостроения. С 1929 г. занимался вопросами электрической сварки, по его инициативе при АН УССР была организована сварочная лаборатория, которая в 1934 г. преобразована в Научно-исследовательский институт электросварки. Патон был директором института со дня основания. Известен работами по вопросам статике сооружений и конструирования железных мостов; сформулировал принципы расчёта и построения клёпаных мостов; имеет исключительные заслуги в области механизации и автоматизации электродуговой сварки, что явилось важным техническим достижением советской школы сварки. Основные труды посвящены проблемам автоматизации сварочных процессов, созданию способа сварки под флюсом и вопросам прочности сварных соединений, изысканию способов сварки специальных сталей и внедрению новых методов сварки в промышленность. При его участии были спроектированы и созданы первые поточные линии в сварочном производстве, разработана аппаратура для автоматической сварки, созданы индустриальные способы сварки труб, магистральных трубопроводов и резервуаров и др. Под руководством Патона в 1953 г. в Киеве построен цельносварный мост через реку Днепр, которому присвоено имя Патона.

Прандаль Людвиг (1875 – 1953) первым построил аэродинамическую трубу для проведения аэродинамических исследований, вывел основные уравнения для определения подъёмной силы самолёта, решал задачу кручения упругих стержней, сделал обобщение понятия идеально пластического тела (1921). Материальные элементы начинают деформироваться неопределимо долго, если максимальное касательное напряжение τ_{\max} достигает определённого значения, зависящего от

$$\tau_{\max} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{3} = f\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right).$$

Прокофьев И.П. (1877 – 1958) – внёс большой вклад в становление и развитие теории сооружений, исследовал давление грунтов на подпорные сооружения, спроектировал ряд уникальных по тому времени большепролётных покрытий (Мурманские и Петровские мастерские Московско-Казанской железной дороги, Московский почтамт, дебакадер Казанского вокзала в Москве).

Проскуряков Л.Д. (1858 – 1926) разработал современную треугольную решётку ферм, развил теорию о наивыгоднейшей конфигурации поясов. Его курс «Строительная механика» по чёткости и ясности изложения долгое время занимал ведущее место. Построил первый мост со шпренгельными фермами через реку Енисей, впервые применил линии влияния для определения усилий в фермах.

Рабинович И.М. (1886 – 1977) – сыграл важную роль в создании отечественной школы строительной механики. Автор фундаментальных трудов по теории сложных статически неопределимых систем.

Ржаницын А.Р. (1911 – 1987) – крупный выдающийся учёный. Разработал теорию составных стержней, которая в настоящее время широко применяется при расчёте многоэтажных зданий с учётом податливости соединений, метод расчёта составных стержней по предельному состоянию. Его монография «Некоторые вопросы механики систем, деформирующихся во времени» была одной из первых в области прикладной теории ползучести не только у нас, но и за рубежом. Обнаружил явление потери устойчивости при наличии ползучести, описал его и разработал методику практического расчёта деформаций с учётом ползучести бетонных конструкций при температурных воздействиях и волокнистых материалов (типа древесины) при увлажнении и высыхании. Обобщено всё это в монографии «Теория ползучести». Определил условия неизменяемости безмоментной схемы пологих оболочек, уточнил уравнения моментной теории пологих оболочек, разработал методы нахождения оптимальной формы складчатых и волнистых балочных настилов заданной прочности и жёсткости (при условии наименьшего теоретического веса). Впервые предложил методы расчёта центрально сжатого тонкостенного стержня открытого профиля на устойчивость за пределом упругости и тонкостенных стержней ступенчатого переменного сечения. Решил ряд задач и предложил схему работы сечения тонкостенного стержня на стеснённое кручение в стадии предельного равновесия.

Рэнкин В. – исследовал распределение напряжений под свободной плоской поверхностью, наклонённой под малым углом; предложил формулы расчёта активного и пассивного давления грунта, ввёл понятие о двух семействах и линиях скольжения.

Столяров Я.В. (1878 – 1945) – автор фундаментальных работ по строительной механике, сопротивлению материалов, теории железобетона.

Стрелёцкий Н.С. (1885 – 1967) – советский учёный в области строительных конструкций и мостостроения. Основные труды по теории прочности сооружений и конструкций. Большое значение для практики проектирования и строительства имеют разработанные под его руководством теоретические основы расчёта строительных конструкций по предельным состояниям. Им разработаны основы типизации транспортных и промышленных сооружений. По его проектам построен ряд крупных металлических железнодорожных мостов, в том числе мосты через реки: Ока, Волга, Днепр, канал им. Москвы.

Терцаги К. (1883 – 1963) – основатель механики грунтов, автор выдающейся монографии «Строительная механика грунтов» (1925), внёс значительный вклад в различные направления науки.

Тимошенко С.П. (1878 – 1972) – выдающийся учёный и инженер. Автор многочисленных фундаментальных трудов по теории упругости и пластичности, теории пластин и оболочек, теории колебаний и устойчивости.

Флорин В.А. (1899 – 1960) – выдающийся учёный, один из основоположников механики грунтов, внёс значительный вклад в исследование НДС оснований и их сооружений, разработку современной теории консолидации, в исследование явлений разжижения и уплотнения несвязных грунтов при динамических воздействиях, в разработку общего метода определения контактных напряжений.

Фрусс Н.И. (1755 – 1826) – академик Российской академии наук, предложил механическую модель грунтового основания при наличии односторонних связей между балкой и основанием.

Цытович Н.А. (1900 – 1984) – крупнейший учёный в области механики грунтов (в том числе мёрзлых) и фундаментостроения. Автор ряда учебников, известных в нашей стране и за рубежом. Разработанный им метод эквивалентного слоя расчёта осадок широко используется на практике.

Шухов В.Г. (1853 – 1939) – русский и советский инженер, архитектор, изобретатель, учёный. Является автором проектов и техническим руководителем строительства первых российских нефтепроводов (1878) и нефтеперерабатывающего завода с первыми российскими установками крекинга нефти (1931). Внёс выдающийся вклад в технологии нефтяной промышленности и трубопроводного транспорта. Шухов В.Г. первым в мире применил для строительства зданий и башен стальные сетчатые оболочки. В построенных им сооружениях реализованы идеи предварительного напряжения конструкций и возведения покрытий в виде висячих систем с эффективным использованием работы металла на растяжение. Значительна его теоретическая и практическая работа в области резервуаростроения и других листовых конструкций. Впоследствии архитекторы хай-тека, знаменитые Бакминстер Фуллер и Норман Фостер, – окончательно внедрили сетчатые оболочки в современную практику строительства, и в XXI в. оболочки стали одним из главных средств формообразования авангардных зданий. Шухов ввёл в архитектуру форму однополост-

ного гиперboloида вращения, создав первые в мире гиперboloидные конструкции. Позднее гиперboloидные конструкции использовали в своём творчестве такие знаменитые архитекторы, как Гауди, Ле Корбюзье и Оскар Нимейер.

Эйлер Леонард (1707 – 1783) – великий математик, механик и физик, академик Петербургской АН. Научные интересы Эйлера необычайно широки. Они охватывают все отделы современной ему математики и механики, теории упругости, математической физики, гидродинамики, баллистики и т.д.

Юнг Томас (1773 – 1829) – английский физик и механик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аугуети, Г. Вероятностные методы в строительном проектировании / Г. Аугуети, А. Баратти, Ф. Кашиати ; пер. с англ. – М. : Стройиздат, 1988. – 584 с.
2. Барашников, А.Я. Надёжность зданий и сооружений / А.Я. Барашников, М.Д. Сирота. – Киев : УМКВО, 1993. – 212 с.
3. Безухов, Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести / Н.И. Безухов. – М. : Высшая школа, 1968. – 512 с.
4. Белл, Дж.Ф. Экспериментальные основы механики деформируемых твёрдых тел : в 2 ч. Ч. 1. Малые деформации / Дж.Ф. Белл ; пер. с англ. ; под ред. А.П. Филина. – М. : Наука, 1984. – 600 с.
5. Белл, Дж.Ф. Экспериментальные основы механики деформируемых твёрдых тел : в 2 ч. Ч. 2. Конечные деформации / Дж.Ф. Белл ; пер. с англ. ; под ред. А.П. Филина. – М. : Наука, 1984. – 432 с.
6. Бишоп, А.У. Параметры прочности при сдвиге ненарушенных и перемятых образцов грунта / А.У. Бишоп // Определяющие законы механики грунтов. Механика. Новое в зарубежной науке. – М., 1975. – Вып. 2. – С. 7 – 75.
7. Болотин, В.В. Методы теории вероятностей и теории надёжности в расчётах сооружений / В.В. Болотин. – М. : Стройиздат, 1982. – 351 с.
8. Болотин, В.В. Ресурс машин и конструкций / В.В. Болотин. – М. : Машиностроение, 1990. – 447 с.
9. Бондаренко, В.М. Расчётные модели силового сопротивления железобетона : монография / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов. – М. : АСВ, 2004. – 472 с.
10. Вялов, С.С. Реологические основы механики грунтов / С.С. Вялов. – М. : Высшая школа, 1978. – 447 с.
11. Гарагаш, Б.А. Аварии и повреждения системы «здание–основание» и регулирование надёжности её элементов / Б.А. Гарагаш. – Волгоград : ВолГАСУ, 2000. – 378 с.
12. Гвоздев, А.А. Расчёт несущей способности конструкций по методу предельного равновесия / А.А. Гвоздев. – М. : Госстройиздат, 1949. – 280 с.
13. Гольденблатт, И.И. Длительная прочность в машиностроении / И.И. Гольденблатт, В.П. Бажанов, В.А. Колнов. – М. : Машиностроение, 1977. – 248 с.
14. Горбунов-Посадов, М.И. Расчёт конструкций на упругом основании / М.И. Горбунов-Посадов, Т.А. Маликова, В.И. Соломин. – М. : Стройиздат, 1984. – 679 с.

15. Долговечность железобетона в агрессивных средах. Совм. изд. СССР–ЧССР–ФРГ (С.Н. Алексеев, С. Модри, П. Шпец). – М. : Стройиздат, 1990. – 320 с.
16. Дюррели, А. Анализ деформации с использованием муара / А. Дюррели, В. Паркс. – М. : Мир, 1974. – 359 с.
17. Зайцев, Ю.В. Механика разрушения для строителей / Ю.В. Зайцев. – М. : Высшая школа, 1991. – 288 с.
18. Закс, Ш. Теория статических выводов / Ш. Закс. – М. : Мир, 1975. – 776 с.
19. Зарецкий, Ю.К. Вязкопластичность грунтов и расчёты сооружений / Ю.К. Зарецкий. – М. : Стройиздат. 1988. – 352 с.
20. Кандауров, И.И. Механика зернистых сред и её применение в строительстве / И.И. Кандауров. – М. : Стройиздат, 1988. – 280 с.
21. Канчели, Н.В. К оценке безопасности большепролётных мембранных покрытий / Н.В. Канчели, Ю.И. Кудяшин, Г.А. Батов, Д.Ю. Дробот // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2008. – № 5. – С. 80 – 83.
22. Карпенко, Н.И. Общие модели механики железобетона / Н.И. Карпенко. – М. : Стройиздат, 1996. – 416 с.
23. Карпенко, Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами / Н.И. Карпенко. – М. : Стройиздат, 1976. – 204 с.
24. Кезди, А. Руководство по механике грунтов. Т. 4. Применение механики грунтов в практике строительства / А. Кезди ; пер. с англ. – М. : Стройиздат, 1978. – 238 с.
25. Киселев, В.А. Строительная механика: Спец. курс. Динамика и устойчивость сооружений : учебник для вузов / В.А. Киселев. – М. : Стройиздат, 1980. – 616 с.
26. Леденев, В.В. Примеры расчёта пространственных железобетонных конструкций покрытия: в 2-х / В.В. Леденев, А.В. Худяков. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – Ч. 1. – 80 с.
27. Леденев, В.В. Предупреждение аварий / В.В. Леденев, В.И. Скрылев. – М. : АСВ, 2002. – 240 с.
28. Макаров, Б.П. Расчёт фундаментов сооружений на случайно-неоднородном основании при ползучести / Б.П. Макаров, Б.Е. Кочетков. – М. : Стройиздат, 1987. – 256 с.
29. Малинин, Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н.Н. Малинин. – М. : Машиностроение, 1975. – 400 с.
30. Малышев, М.В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений / М.В. Малышев. – М. : Стройиздат, 1994. – 228 с.
31. Маслов, Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов / Н.Н. Маслов. – М. : Высшая школа, 1982. – 511 с.

32. Металлические конструкции : учебник / Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатъева и др. ; под ред. Ю.И. Кудишина. – М. : Академия, 2008. – 688 с.
33. Надаи. А. Пластичность и разрушение твёрдых тел / А. Надаи. – М. : Мир, 1969. – Т. 2. – 863 с.
34. Надёжность и эффективность в технике : справочник в 19 т. Т. 6. Экспериментальная обработка и испытания. – М. : Машиностроение, 1989. – 376 с.
35. Новожилов. В.В. О пластическом разрыхлении / В.В. Новожилов // Прикладная математика и механика. – 1965. – Т. XXIX. – Вып. 4. – С. 681 – 689.
36. Оден. Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред / Дж. Оден. – М. : Мир, 1976. – 464 с.
37. Основы строительной механики стержневых систем : учебник / Н.Н. Леонтьев и др. – М. : АСВ, 1996. – 541 с.
38. Перельмутер, А.В. Избранные проблемы надёжности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутер. – М. : АСВ, 2007. – 256 с.
39. Писаренко. Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко. А.П. Яковлев. В.В. Матвеев. – Киев : Наук. думка, 1988. – 736 с.
40. Пригоровский, Н.И. Методы и средства определения полей деформаций и напряжений : справочник / Н.И. Пригоровский. – М. : Машиностроение, 1983. – 248 с.
41. Радионов, Б.Н. Защита высотных зданий и сооружений от ветров и сейсмических нагрузок / Б.Н. Радионов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2008. – № 5. – с. 76 – 79.
42. Райзер, В.Д. Теория надёжности в строительном проектировании / В.Д. Райзер. – М. : АСВ, 1998. – 304 с.
43. Ржаницын, А.Р. Теория расчёта строительных конструкций на надёжность / А.Р. Ржаницын. – М. : Стойиздат, 1978. – 239 с.
44. Саврук, М.П. Механика разрушения и прочность материалов. Т. 2. Коэффициенты интенсивности напряжений в телах с трещинами / М.П. Саврук. – Киев : Наук. думка, 1988. – 620 с.
45. Седов, Л.И. Механика сплошной среды / Л.И. Седов. – М. : Наука, 1976. – 536 с.
46. Симиу, Э. Воздействие ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Скарлан. – М. : Стройиздат, 1984. – 360 с.
47. Синицын, А.П. Расчёт конструкций на основе теории риска / А.П. Синицын. – М. : Стройиздат, 1985. – 304 с.
48. Современные пространственные конструкции : справочник ; под ред. Ю.А. Дыховичного, Э.З. Шуковского. – М. : Высшая школа, 1991. – 543 с.

49. Соколовский, В.В. Статика сыпучей среды / В.В. Соколовский. – М. : Стройиздат, 1960. – 260 с.
50. Стрелецкий, Н.С. Избранные труды / Н.С. Стрелецкий. – М. : Стройиздат, 1975. – 422 с.
51. Строительная механика. Стержневые системы : учебник для вузов / А.Ф. Смирнов, А.В. Александров, Б.Я. Лашенков, Н.И. Шапошников : под ред. А.Ф. Смирнова. – М. : Стройиздат, 1981. – 512 с.
52. Теличенко, В.И. Технология строительных процессов : учебник / В.И. Теличенко, О.В. Терентьев, А.А. Лapidус. – М. : Высшая школа, 2007. – 512 с.
53. Терцаги, К. Теория механики грунтов / К. Терцаги. – М. : Госстройиздат, 1961. – 907 с.
54. Филин, А.П. Прикладная механика деформируемого твёрдого тела / А.П. Филин. – М. : Наука, 1975. – Т. I. – 832 с.
55. Филин, А.П. Прикладная механика деформируемого твёрдого тела / А.П. Филин. – М. : Наука, 1978. – Т. II. – 616 с.
56. Флорин, В.А. Основы механики грунтов / В.А. Флорин. – М. : Госстройиздат, 1959. – Т. I. – 359 с.
57. Цытович, Н.А. Основы прикладной геомеханики в строительстве / Н.А. Цытович, З.Г. Мартиросян. – М. : Высшая школа, 1981. – 317 с.
58. Черкесов, Г.Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем / Г.Н. Черкесов. – М. : Знание, 1987. – 116 с.
59. Шпете, Г. Надёжность несущих строительных конструкций / Г. Шпете ; пер. с нем. – М. : Стройиздат, 1994. – 288 с.
60. Энгель, Х. Несущие системы / Х. Энгель ; пер. с англ. – М. : АСТ: Астрель, 2007. – 344 с.