ВВЕДЕНИЕ

Профессия — (от лат. «professio» - объявляю своим делом» - официально указанное занятие) — это род трудовой деятельности человека, владеющего комплексом специальных теоретических знаний и практических навыков, приобретенными в процессе специальной подготовки. Это социальная характеристика человека, указывающая на его принадлежность к определенной категории людей, которые занимаются одинаковым видом трудовой деятельности (врач, учитель, артист и т. д.).

Специальность — конкретный вид деятельности в рамках какой-либо профессии. Например, в профессию «врач» входят такие виды деятельности, как терапевт, хирург, стоматолог, окулист и др., для «учителя» - математик, историк, биолог и др. Всем им необходим комплекс специальных знаний, умений и навыков, приобретаемых в процессе специальной подготовки (специализации).

Квалификация — уровень профессиональной подготовки и профессионального мастерства, степень профессиональной обученности работника (бакалавр, специалист, магистр).

Должность - установленная в определенном порядке первичная структурная единица штатного расписания той или иной государственной или негосударственной организации, определяющая содержание и объем полномочий, размер денежного содержания и место в иерархической структуре организации лица, ее замещающего.

Таким образом, профессия - это группа родственных специальностей.

Выбор профессии - очень важная задача, ведь ошибки могут привести к негативным последствиям. Выбор зависит во многом от самого человека, так что необходимо иметь представление о собственных склонностях и способностях, а также о существующих, в рамках выбранной профессии, специальностей и специализаций.

Не секрет, что поступивший в вуз не всегда четко понимает смысл и назначение избранной им профессии. В большинстве случаев выбор направления обучения основывается на мнении родителей, друзей и старших товарищей, особенностях региональной ментальности, а также рекламной информации. Настоящий курс лекций призван подтвердить обоснованность желания выпускника в выборе его будущей профессиональной деятельности.

Курс сформирован с опорой на базовые положения работ [1, 5, 7]. Излагаются основы инженерного дела, задачи, решаемые строительной отраслью, базовые принципы проектирования и расчета наиболее простых и широко распространенных в строительной практике несущих конструкций, их монтажа, а также организационные и технологические аспекты подготовки проектной и изыскательской документации.

1 ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО

1.1 Строительные объекты. Задачи, решаемые строительной отраслью

Строительную продукцию, как итог производственной деятельности, можно разделить на два вида: здания и сооружения, строительные материалы и изделия.

Здания и сооружения обладают особо значимыми социальными факторами в жизни любого современного общества. В зданиях мы живем, учимся, работаем, лечимся, отдыхаем, занимаемся спортом и т. д. При этом подавляющая часть зданий и сооружений относятся к объектам повышенной опасности как при строительстве, таки при эксплуатации. При авариях, связанных с полным или частичным разрушением здания или сооружения общество испытывает социальные, экономически, а зачастую и экологические потрясения. Особенно это относится к современным зданиям и сооружениям, которые стали технически сложными.

Строительные материалы и изделия – это материальная основа строительства, это продукция естественного и искусственного изготовленная в условиях промышленного производства, предназначенная для применения в качестве элемента строительных конструкций, зданий и сооружений. Затраты на эту продукцию достигают 50-65 % общей стоимости строительного объекта. Следовательно, грамотное и экономное расходование материалов позволяет существенно сократить стоимость строительства в целом

В технической литературе по строительству (да и не только по строительству) часто можно увидеть словосочетание здание и сооружение, например, проектирование зданий и сооружений, строительство зданий и сооружений, эксплуатация зданий и сооружений, снос (утилизация) зданий и сооружений и т. д. Необходимо разобраться в этих двух терминах, а именно какой смысл вкладывают специалисты в понятие «здание» и в понятие «сооружение». Ответ

на этот вопрос, как и на многие другие, можно найти в официальных источниках, имеющих статус федеральных законов или нормативно технических документов. Одним из таких документов, которым должен быть настольной книгой, как в процессе обучения, так и в будущей производственной деятельности, является федеральныйзакон Российской Федерации (РФ) № 384-ФЗ от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Согласно этому закону:

здания - объемные строительные системы, имеющие надземную и (или) подземную части, включающие в себя помещения, сети инженернотехнического обеспечения и системы инженерно-технического обеспечения и предназначенные для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных;

сооружения - объемные, плоскостные или линейные строительные системы, имеющие надземную и (или) подземную части, состоящие из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций. Предназначены для выполнения производственных процессов различного вида: хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов. Это - башни, вышки, градирни, резервуары, линии электропередачи, линии связи (в том числе линейно-кабельные сооружения), трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные пути, мосты, аэродромы, тоннели, малые архитектурные формы, временные сооружения.

Все многообразие современных зданий объясняется, прежде всего, их функциональными назначениями, которые предъявляют к ним соответствующие требования. Основные требования к любым зданиям, в независимости от их классификации, можно разделить на следующие группы:

- функциональные - определяют, в какой степени объект (его планировка, этажность) соответствует своему назначению;
- технические - отражают, насколько готовая конструкция способна противостоять воздействию окружающей среды и разнообразным нагрузкам;

- архитектурные - предусматривают увязку назначения здания с его внешним обликом, гармоничное взаимодействие с окружающими постройками и ландшафтом;
- экономические - направлены на рационализацию строительства и уменьшение финансовых и временных затрат.

Основные требования к зданию зависят от его назначения. В настоящее время выделяют следующие виды зданий: гражданские, промышленные, сельскохозяйственные (рис. 1.1).

Рис. 1.1. Общая классификация зданий

Гражданские здания классифицируют по назначению, этажности, основному материалу несущих конструкций, способу возведения, огнестойкости, долговечности. По назначению гражданские здания делят на жилые, общественные и специального назначения.

К жилым относят здания, предназначенные для длительного проживания (индивидуальные жилые дома, многоквартирные дома, дома-интернаты для инвалидов и престарелых), так и для кратковременного проживания (общежития, гостиницы, мобильные жилые дома).

Общественные здания предназначены для всех видов социальной и бытовой жизнедеятельности людей. Условно общественные здания можно разделить

на две группы. К первой группе, относятся здания, предназначенные для обслуживания повседневных нужд людей (детские ясли-сады, школы, магазины, административные здания и др.), ко второй - для эпизодического посещения (театры, музеи, библиотеки, цирки, дворцы спорта, вокзалы и т. д.).

Специальные здания предназначены для обслуживания населения специальными услугами (аэропорт, банк, крематорий и т. д.).

К уникальным зданиям следует относить, здания, в которых используются сложные конструкции или конструктивные системы высотой более 100 м, или пролетом более 100 м, а также зрелищные, спортивные, культовые сооружения, выставочные павильоны, многофункциональные офисные, торгово-развлекательные и т. п.

Гражданские здания классифицируются по этажности (в зависимости от количества надземных этажей).

Этаж - это помещение, расположенное между перекрытия. Этажи подразделяются на: надземные (при расположении пола выше уровня грунта), подземные (при заглублении пола на половину и более высоты помещения ниже уровня грунта), технические (предназначены для размещения инженерного оборудования высотой более 2 метров) и мансардные (эксплуатируемые чердачные помещения). Этаж, расположенный в уровне отметок подвального, цокольного или надземного этажа, называется техническим подпольем, а при расположении в верхней части - техническим чердаком. По количеству этажей гражданские здания делятся на одноэтажные, малоэтажные (высотой 2-3 этажа), многоэтажные (4-9 этажей), повышенной этажности (10 и более этажей), высотные (высотой более 30 этажей, или свыше 100 м). При этом высота здания определяется высотой расположения верхнего этажа относительно уровня грунта, не считая верхнего технического этажа.

По материалу основных несущих конструкций, здания классифицируют на каменные (из кирпича, естественных или искусственных камней), бетонные (в

том числе из легкого бетона, железобетона), металлические, деревянные, смешанного типа.

По способу возведения различают здания традиционного типа, из крупных блоков, панельные, из объемных элементов, монолитные и сборномонолитные. У зданий традиционного типа основными вертикальными несущими конструкциями являются стены, выполненные из кирпича, мелких естественных или искусственных камней, а перекрытия - сборные из крупноразмерных железобетонных элементов, изготовленных предварительно на заводе.

Основные конструктивные элементы гражданского жилого здания приведены на рис. 1.2

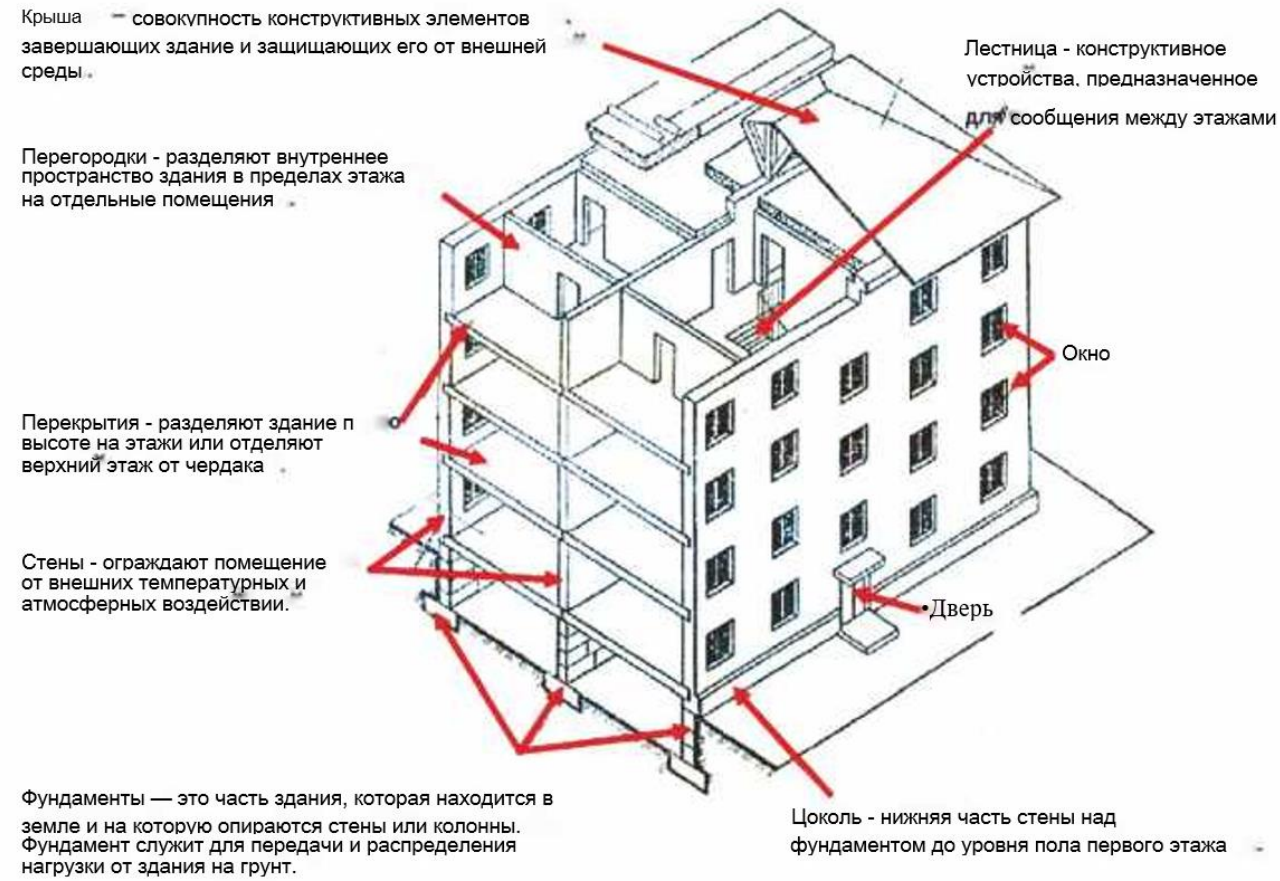


Рис. 1.2. Элементы гражданского здания

Крупнопанельными называют здания, монтируемые из заранее изготовленных крупноразмерных плоскостных элементов стен, перекрытий, покрытий и других конструкций, называемые панелями (рис. 1.3).

Рис. 1.3. Установка стеновой панели

Преимуществом строительства крупнопанельных домов является высокая степень заводской готовности его элементов и быстрый монтаж. Стеновые панели изготавливают на заводах, монтируют при помощи крана, а после монтажа стен, перекрытий заделывают стыки между панелями, красят стены или оклеивают обоями. Массовое строительство типовых 5-этажных панельных жилых домов, в СССР, началось в 50-х годах прошлого века. Современные крупнопанельные жилые здания приведены на рис. 1.4.

Рис. 1.4. Современные крупнопанельные жилые дома

В последнее время стали очень популярными и востребованными быстровозводимые здания из модульных сборных конструкций, которые выполняются на основе блок-контейнеров - объёмных элемент полной заводской готовности. Основным материалом, из которого изготавливают блок-контейнеры, является объемный стальной или деревянный каркас с различными вариантами заполнения стенового ограждения. В качестве утеплителя используются высокоэффективные утеплители, благодаря этому здания из блок-контейнеров характеризуются высоким уровнем теплоизоляции, прочностью и надежностью (рис. 1.5)

Рис. 1.5. Примеры: а - блок-контейнер с металлическим каркасом; б - быстро возводимое здания на основе блок-контейнеров

Модульное строительство является эффективной альтернативой там, где ведение строительных работ должно производиться в условиях действующих производств и в сжатые сроки. Произведённые в заводских цехах с почти 90 % степенью готовности, модули на низких платформах транспортируются на строительную площадку и в самое короткое время монтируются на месте.

Набирает популярность и опыт, у отечественных застройщиков, монолитное строительство зданий. Монолитные здания возводятся из тяжелого или легкого бетона, в том числе армированного непосредственно на строительной площадке. Применение монолитного железобетона позволяет реализовывать многообразие архитектурных форм, а также сократить расход стали на 7-20 % и

бетона до 12 %. Но при этом возрастают энергозатраты, особенно в зимнее время, и повышаются трудозатраты на строительной площадке.

Главное преимущество монолитных зданий над всеми остальными - это отсутствие швов между различными конструкциями здания. Монолитное здание представляет из себя цельный железобетонную остов, что обеспечивает высокую жесткость каркаса и возможность строить высотные здания. Кроме того, монолитная конструкция обладает высокой сейсмостойкостью, т. к. высокая жесткость каркаса сводит к минимуму склонность к трещинообразованию (рис. 1.6, а)

В сборно-монолитных зданиях комбинируются сборные железобетонные детали заводского изготовления с элементами из монолитного железобетона (рис. 1.6, б).

а)

б)

Рис. 1.6. Строительство монолитного (а) и сборно-монолитного жилого дома (б)

Для многоэтажных уникальных зданий функции несущих конструкций выполняет каркас из стали. Главным преимуществом стального каркаса (рис. 1.7) в многоэтажных зданиях является его легкость и компактность сечений конструкций, связанная с высокой прочностью материала, а основными недостатками - низкая коррозионная стойкость и низкая огнестойкость.

Рис. 1.7. Стальной каркас офисного здания

Поэтому стальные конструкции требуют защиту от коррозии и пожаров, которая выполняется путем обетонирования элементов, облицовкой керамическими блоками или специальными плитами. В связи с этим, при строительстве уникальных зданий, в основных несущих конструкциях стали применять сталежелезобетонные конструкции высокой прочности и долговечности.

Примерами таких зданий в России являются высотные здания в составе Московского международного делового центра (ММДЦ) «Москва-Сити» на Краснопресненской набережной реки Москвы (рис. 1.8) и здание небоскреба Лахта-центра головного офиса компании «Газпром», расположенного в городе Санкт-Петербурге на берегу Балтийского моря. Основными несущими вертикальными элементами высотного комплекса являются монолитные стеновые конструкции центрального ядра и периметральных колонн. Поэтажно все вертикальные конструкции объединены горизонтальными дисками перекрытий из

монолитных плит. Такая конструктивная схема блестяще решает две важные задачи: обеспечивает пространственную устойчивость и прочность конструкций высотного здания, а также позволяет получить максимальное количество полезных эксплуатируемых площадей.

Рис. 1.8. Комплекс «Москва-Сити»

Промышленные здания предназначены для размещения промышленных производств и обеспечения необходимых условия для труда людей и эксплуатации технологического оборудования. В последние годы к таким зданиям зачастую используют термин индустриальная недвижимость.

Промышленные здания, как и гражданские, представляют собой большое разнообразие объемно-планировочных и конструктивных решений. Основной особенностью промышленных зданий является их зависимость от технологических требований. В современном промышленном производстве в зависимости от выпускаемой продукции имеется большое разнообразие технологических процессов. Промышленные предприятия классифицируют по отраслям производства – энергетика, топливная, черная металлургия, цветная металлургия,

химическая и нефтехимическая, машиностроение и металлообработка и др. Общие виды одноэтажных промышленных зданий приведены на рис. 1.9.

а)

б)

Рис. 1.9. Промышленные здания в период эксплуатации (а) и возведения (б)

Здания и сооружения промышленных предприятий по назначению подразделяют на следующие основные группы: производственные, подсобно производственные, энергетические, транспортные, складские, санитарно-технические, административные и бытовые здания.

В производственных зданиях размещают основные технологические процессы предприятия, например, применительно к ПАО «Северсталь», это агломерационные, коксовые, сталеплавильные, прокатные и т. п.

Подсобно-производственные здания предназначены для размещения вспомогательных процессов производства, которые необходимы для бесперебойной работы основных производств (ремонтные, тарные цеха и т. п.).

В энергетических зданиях размещают установки, снабжающие предприятие электроэнергией, сжатым воздухом, паром и газом и т. п.

Транспортные здания (гаражи, депо) необходимы для обслуживания и ремонта автомобильного, железнодорожного и прочего транспорта предприятия.

В складских здания хранится сырье, полуфабрикаты и готовая продукция, горюче-смазочные материалы и пр.

Санитарно-технические здания предназначены для создания и поддержания требуемого микроклимата в условиях разнообразных технологических процессов (отопление и вентиляцию, кондиционирование воздуха, аспирацию, пылегазоотчистку, водоснабжение, водоотведение и пр.).

Для каждого промышленного здания установлены его класс (КС-1, КС-2 или КС-3) в зависимости от назначения, а также социальных, экологических и экономических последствий повреждений и разрушений. Например, к классу КС-3 относится объекты комплекса доменной печи № 5 «Северянка» (сама печь, ее литейный двор и т. д.), здания конвертерного производства. Для каждого класса установлены требуемые эксплуатационные качества, а также долговечность и огнестойкость основных конструкций зданий.

По этажности промышленные здания подразделяются на: одноэтажные, двухэтажные, многоэтажные. На современных промышленных предприятиях преобладают одноэтажные, так как они имеют определенные преимущества по сравнению с многоэтажными. В них лучше разместить оборудование и организовать производственные потоки, применения различных транспортных и грузоподъемных устройств.

Многоэтажные промышленные здания в основном применяются для производств с относительно легким технологическим оборудованием, которое можно размещать на междуэтажных перекрытиях

Промышленные здания, особенно одноэтажные, как правило, снабжают внутрицеховым подъемно-транспортным оборудованием, предназначенным для перемещения внутри здания сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, обрабатываемых материалов и изделий, а также для монтажа и демонтажа производственного оборудования и технологических установок (рис. 1.10). Поэтому промышленные здания в зависимости от подъемно-транспортного оборудования квалифицируют на крановые, снабженные мостовыми (электрическими) и подвесными (электрическими или ручными) кранами, и бескрановые.

По числу пролетов одноэтажные промышленные здания могут быть однопролетные и многопролетные. Однопролетные здания целесообразны для небольших производственных, энергетических или складских зданий. Многопролетные - наиболее распространенный тип одноэтажных промышленных зданий, широко используемый в различных отраслях промышленности. Многопролетные здания с одинаковыми или близкими параметрами пролетов (шириной и высотой) могут достигать в плане значительных размеров (несколько сотен метров по ширине и длине).

По огнестойкости промышленные здания и сооружения подразделяют на 4 степени. Требуемая степень огнестойкости зданий устанавливается на стадии

проектирования по пределам огнестойкости основных конструктивных элементов: несущих (колонны, внутренние стены и др.), наружных стен, междуэтажных перекрытий, покрытия и лестничных клеток.

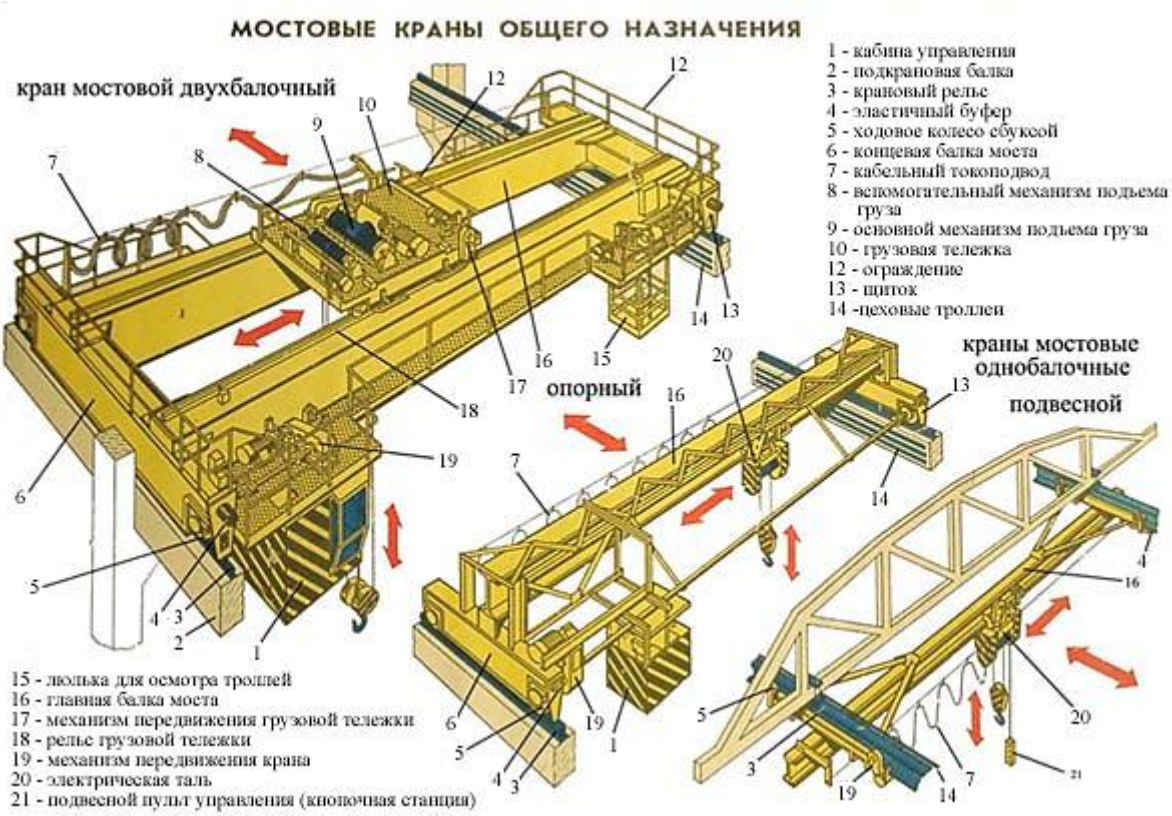


Рис. 1.10. Мостовые краны в пролете цеха

В состав промышленного предприятия кроме промышленных зданий обычно входят промышленные сооружения (инженерные сооружения промышленных предприятий). Сооружения не содержат помещения для пребывания людей и осуществляют функции по инженерному обеспечению промышленного предприятия, а именно: санитарно-техническому, энергетическому, складскому и транспортному обеспечению. По функциональным признакам инженерные сооружения промышленных предприятий можно объединить в следующие группы:

• специальные сооружения технического назначения – дымоотводящие трубы и вытяжные башни, водоохладители и т. д. Высота труб зависит от вида сжигаемого продукта и материала трубы. Трубы небольшой высоты выполняют из стали, трубы из кирпича имею высоту, как правило, до 60 м, а из монолитного бетона достигают 250 и более метров (рис. 1.11).

Рис. 1.11. Железобетонные дымовые трубы

Водоохладители предназначены для охлаждения циркуляционной воды в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий, обеспечивающей эффективную работу отдельных агрегатов и производств промышленных предприятий (рис. 1.12).

Рис. 1.12. Воздухоохладители — градирни

Силосом называют емкость, предназначенную для хранения сыпучих материалов, как правило, мелкой фракции (цемент, песок, зерно, мука и т. п.) (рис. 1.13, а).

Рис. 1.13. Силосы для хранения зерна (а); вертикальные цилиндрические резервуары для хранения нефтепродуктов (б)

Резервуары предназначены для временного хранения нефти, нефтепродуктов и других жидкостей. Резервуары бываю вертикальные цилиндрические, горизонтально цилиндрические и сферические. Выбор формы резервуара зависит от вида хранимой жидкости и ее объема. Например, вертикальные цилиндрические резервуары в основном предназначены для хранения нефти и нефтепродуктов могут иметь емкость от 5000 м^3 до 100 000 м^3, а шаровые резервуары используют в основном на химических предприятиях для хранения газов при

внутреннем давлении от 250 до 1800 кПа, и они имеют емкость до 2000 м^3 (рис. 1.13, б)

Подпорные стены служат для образования вертикальных перепадов планировочных отметок промышленных и гражданских площадок. Подпорные стены возводят из железобетона, бетона, бутобетона. В последние годы получили широкое распространение подпорные стены из габионов. Габионы - конструкции из металлического сетчатого каркаса, заполненного различными материалами. С помощью габионов укрепляют берега водоемов склоны насыпей и холмов. Немаловажное значение имеет их эстетическая привлекательность (рис. 1.14).

Рис. 1.14. Подпорная стена из габионов

Опорная эстакада – протяжённое инженерное сооружение, состоящее из ряда однотипных опор и пролётов, предназначенное для размещения инженерных коммуникаций выше уровня земли с целью обхода занятой территории или транспортных потоков (рис. 1.15, а).

Сооружения для надземных коммуникаций - галереи и эстакады. Галерея это надземное или наземное горизонтальное или наклонное протяженное сооружение, предназначенное для инженерных или технологических коммуникаций (конвейеров, кабелей, трубопроводов (рис. 1.15, б).

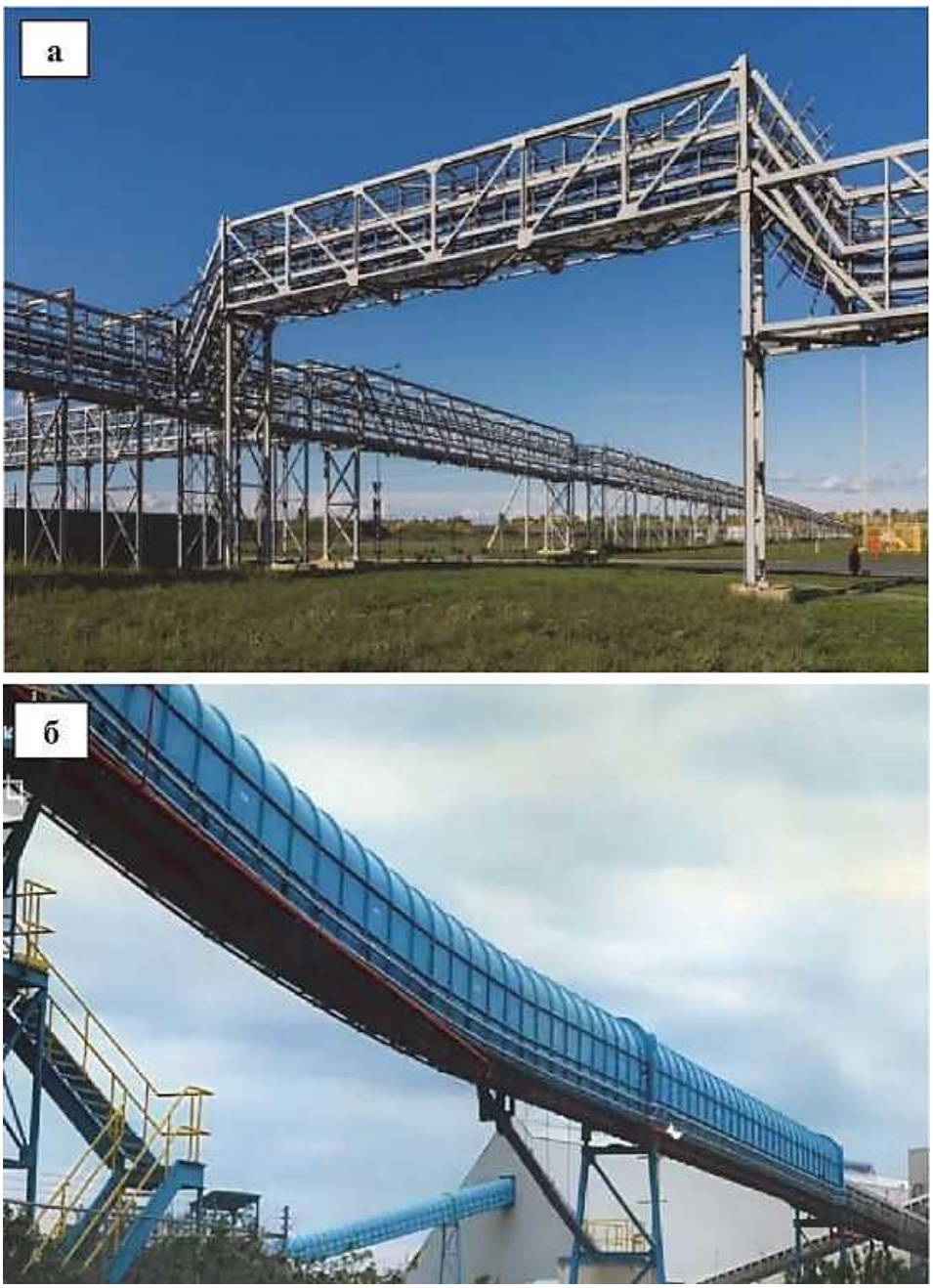


Рис. 1.15. Опорная эстакада для труб (а); надземная пешеходная галерея (б)

Сельскохозяйственные здания применяются для проведения различных сельскохозяйственных работ. К ним относят животноводческие строения (коровники, свинарники, конюшни, птичники), кормовые цехи, теплицы, зерно- и овощехранилища, здания для хранения и ремонта сельскохозяйственных машин и т. д. Современные животноводческие комплексы для крупнорогатых животных (коровники) представляют собой быстровозводимые сооружения ангарного типа. Чаще всего применяются каркасные схемы зданий, что

открывает возможностей для проектировщиков при планировании внутреннего пространства коровников, которое получает большую гибкость и функциональность (рис. 1.16).

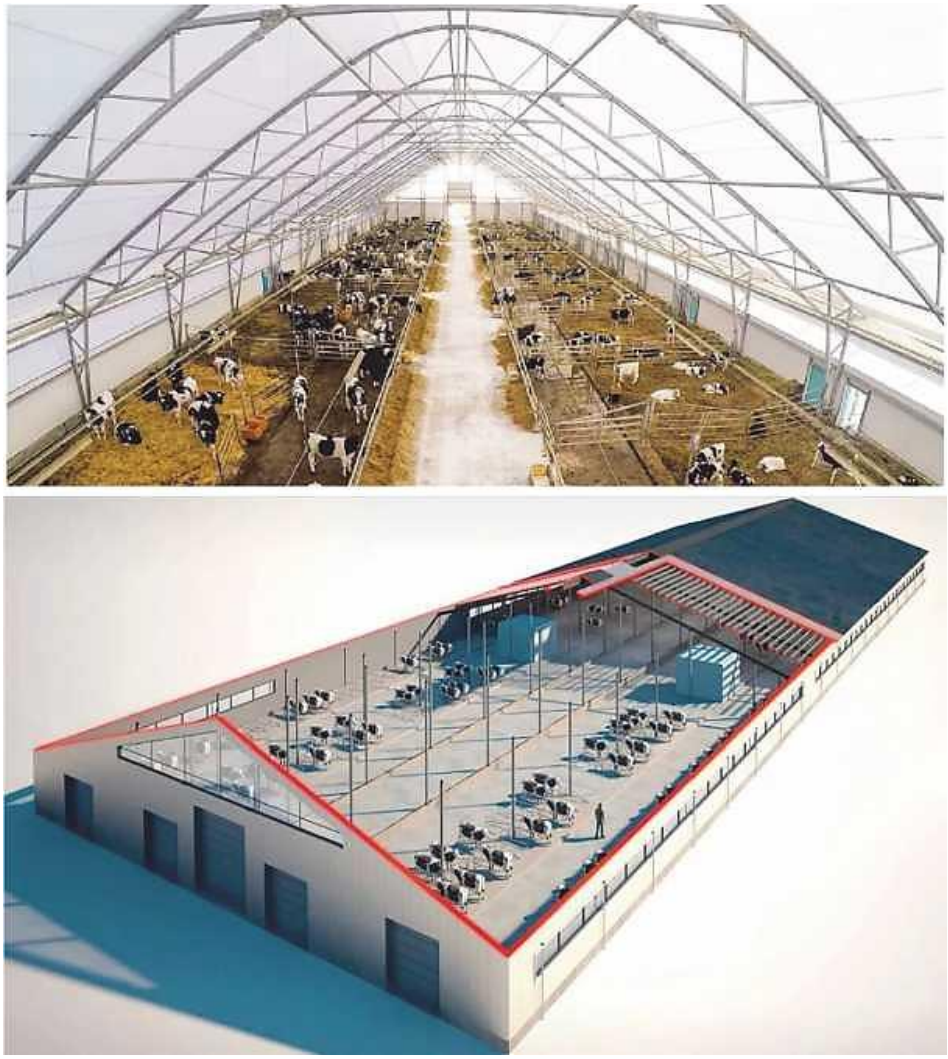


Рис. 1.16. Объемно-планировочное решение коровника

Коровники стараются делать широкими и, по возможности, с минимальным количеством внутренних опор, которые могут создавать преграды для расположения стойл и технологического оборудования. Материалом каркасов коровников служит железобетон, дерево, металл или несущие стены из кирпича. Сегодня, при строительстве в сельской местности железобетонные конструкции использовать экономически не выгодно из-за их большого веса и, как следствие большие затраты на транспортирования конструкций к месту монтажа. Для строительства зданий, предназначенных для содержания

крупнорогатых животных, идеально подходят оцинкованные стальные конструкции, которые не подвержены влиянию химически агрессивной среды - навоза, паров и солей аммиака.

В отличие от коровников свинарники обязаны быть теплыми и хорошо проветриваемыми. Классические методы строительства свинарников с применением привычных материалов (кирпича, бетона) морально устарели. В основном свинокомплексы возводят из оцинкованных металлоконструкций, которые могут быть каркасные с ограждением из сэндвич-панелей или бескаркасные быстровозводимые арочного типа (рис. 1.17).

Рис. 1.17. Объемно-планировочное решение свинарника

В Российской Федерации имеется опыт применения легких стальных тонкостенных конструкциях (ЛСТК) из оцинкованной стали толщиной до 2,5 мм в каркасах зданий птицефабрик (рис. 1.18). Отличительные положительные особенности применения ЛСТК: долговечность используемых материалов; всесезонность монтажа и простота возведения здания; отсутствие затруднений при транспортировке изделия; невысокая цена на рынке за один квадратный метр изделия.

Тепличные здания занимают значительную площадь и, как правило, имеют большую высоту. Все это в значительной степени определяет конструктивную схему теплиц. По конструктивным особенностям теплицы могут быть ангарные

и блочные, прямые и арочные. По материалу основных несущих конструкций - с деревянным и металлическим каркасом (рис. 1.19).

Рис. 1.18. Строительство здания птичника с каркасом из ЛСТК

Рис. 1.19. Современный тепличный комплекс

1.2 Этапы жизненного цикла строительных объектов (проектирование, изыскания, строительство, эксплуатация, ремонт, реконструкция).

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 [2].

I - период по технико-экономическому обоснованию возведения здания;

II - по конструированию и проектированию;

III - по возведению с разработкой технологии, организации и технологических регламентов производства работ;

IV - по предэксплуатационному освоению;

V - по эксплуатации зданий и наработке, позволяющей обеспечить окупаемость средств, вложенных в их создание и освоение;

VI - по поддержанию конструктивных элементов и инженерных систем здания в нормальном техническом состоянии путём проведения планово-предупредительных и капитальных ремонтов;

VII - период физического и морального износа, требующий проведения модернизации, реконструкции или сноса здания. Последнее состояние является периодом окончания жизненного цикла или началом нового.

VIII - период реконструкции, восстанавливающий физико-механические и эксплуатационные характеристики зданий, включающий: I, II – технико-экономическое обоснование и разработку технической документации.

Жизненный цикл объекта капитального строительства рассматривается как совокупность взаимосвязанных этапов последовательного изменения его состояния либо как период времени от создания объекта до полной его ликвидации (сноса, демонтажа), в течение которого объект создается и функционирует как материальный объект, объект недвижимости или имущественный комплекс.

В общем случае жизненный цикл объекта капитального строительства можно разделить на отдельные этапы в соответствии с табл. 1.1.

Таблица 1.1

Этапы жизненного цикла объекта капитального строительства

Наименование этапа	Наличие промежуточных этапов	Наличие отдельных стадий	11ачало этапа, стадии	Окончание этапа, стадии
Первый этап: инвестиционный, или обоснование экономической эффективности инвестиций	Пред проектные проработки	Эскизный проект	Инвестиционный замысел, задание на разработку	Рассмотрение и утверждение документации
		Бизнес-план, ТЭО		
		Предварительные проектные решения		
	Обоснование эффективности ИСП	Разработка ИСП	Задание на разработку ИСП	Согласование и утверждение ИСП
		Оценка экономической эффективности ИСП		
	Организация закупок	Конкурс	Конкурсная (аукционная) документация	Заключение договора подряда
		Аукцион в электронной форме		
Второй этап: проектная подготовка капитального строительства	Инженерные изыскания		Задание и программа ИИ	Экспертиза и утверждение результатов ИЙ
	Архитектурно-строительное про-ектирование	«П» — Проектная документация	Задание на подготовку пд	Экспертиза и утверждение ПД
		«Р» — Рабочая документация	Задание на разработку РД	Согласование и утверждение РД
Третий этап: капитальное строительство объекта	Согласно ПОС и смете в составе ПД	Согласно ППР	Разрешение на строительство	Акт приемки выполненных работ
Четвертый этап: эксплуатация объекта	Согласно концепции использования объекта и целям ИСП	Содержание	Разрешение на ввод и ввод объекта в эксплуатацию	Решение о капитальном ремонте, реконструкции или ликвидации
		Техническое обслуживание		
		Текущий ремонт		

Окончание табл. 1.1

Наименование этапа	Наличие промежуточных этапов	Наличие отдельных стадий	Начало этапа, стадии	Окончание этапа, стадии
Пятый этап: капитальный ремонт объекта	Согласно ПОС и смете на капитальный ремонт	Согласно ППР по капитальному ремонту	Выведение из эксплуатации для капитального ремонта	Акт приемки выполненных работ
Шестой этап: реконструкция объекта	Согласно ПОС и смете в составе ПД	Согласно ППР по реконструкции	Разрешение на реконструкцию объекта	То же
Седьмой этап: ликвидация (снос, демонтаж) объекта	Согласно под	Согласно ППР	Выведение объекта из эксплуатации для ликвидации	Очистка территории

Инвестиционный этап жизненного цикла осуществляется в целях получения достоверной информации об экономической эффективности инвестиционного проекта строительства и обоснования целесообразности принятия решений об инвестициях или капитальных вложениях в отношении объекта капитального строительства. Для достижения указанных целей разрабатывается концепция инвестиционно-строительного проекта и проводятся необходимые предпроектные проработки, которые, в частности, включают разработку бизнес-плана и обоснование эффективности проекта. Далее осуществляется закупка проектно-изыскательских и иных работ путем проведения конкурса или аукциона на право заключить договор подряда (контракт).

Неотъемлемой частью первого этапа является решение о рациональном использовании земельного участка, предназначенного для размещения объекта капитального строительства, сбор исходно-разрешительной документации и сведений, необходимых для подготовки проекта, а также определение источника (источников) финансирования.

Промежуточные этапы и отдельные стадии инвестиционного этапа жизненного цикла объекта капитального строительства устанавливаются в задании застройщика или заказчика.

Эскизный проект, бизнес-план, технико-экономическое обоснование (ТЭО), предварительные проектные решения рассматриваются в качестве самостоятельных стадий предпроектных проработок. Разработка инвестиционно-строительного проекта (ИСП) и оценка его экономической эффективности являются стадиями промежуточного этапа обоснования эффективности проекта, который является наиболее сложным и значительным для создания будущей потребительной ценности объекта капитального строительства. В качестве критериев экономической эффективности проекта на данном этапе используются: чистая приведенная стоимость, срок окупаемости, индекс рентабельности, внутренняя норма доходности и некоторые другие показатели.

На втором этапе жизненного цикла осуществляется проектная подготовка капитального строительства в целях получения разрешения на строительство и проектного обеспечения строительных и монтажных работ на объекте капитального строительства.

Проектная подготовка капитального строительства предусматривает обоснование требований задания на проектно-изыскательские работы, получение технических условий и подготовку исходных данных для проектирования, выполнение инженерных изысканий и архитектурно-строительного проектирования, а также экспертизу и утверждение проектной документации и результатов инженерных изысканий.

Архитектурно-строительное проектирование разделяется на две стадии: подготовка проектной документации (стадия «П») и разработка рабочей документации (стадия «Р»). Подготовка проектной документации и разработка рабочей документации осуществляются в отношении нового строительства, реконструкции или капитального ремонта объекта капитального строительства.

Проектная документация, рабочая документация и результаты инженерных изысканий должны соответствовать требованиям технических регламентов, действующих стандартов, норм и правил, а также требованиям задания на проектирование, задания и программы инженерных изысканий.

На третьем этапе жизненного цикла осуществляется капитальное строительство объекта. Основанием для капитального строительства являются утвержденная в установленном порядке проектная документация и разрешение на строительство.

Промежуточные этапы строительства объекта принимаются в соответствии с проектом организации строительства (ПОС) и сметой на строительство в составе проектной документации. На основании сметы устанавливается стоимость строительства и его отдельных этапов.

Четвертый этап жизненного цикла является наиболее длительным, но и одновременно самым результативным для обеспечения экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта.

Эксплуатация предусматривает рациональное использование объекта в соответствии с его назначением.

Этап эксплуатации объекта начинается с получения разрешения на ввод объекта в эксплуатацию и завершается принятием решения о капитальном ремонте, реконструкции объекта или его ликвидации (демонтаже). Длительность эксплуатации определяется многими факторами, включая концепцию использования, срок службы объекта и его составных частей, период между капитальными ремонтами и установленный режим эксплуатации.

Эксплуатация объекта включает планирование и проведение мероприятий по его содержанию, техническому обслуживанию и ремонту, ремонту технологического оборудования и систем инженерно-технического обеспечения, текущему ремонту объекта в соответствии с требованиями действующих технических регламентов, норм и правил эксплуатации.

На пятом этапе жизненного цикла осуществляется капитальный ремонт объекта. Капитальный ремонт планируется в случае наступления в процессе эксплуатации объекта физического износа, дефектов или разрушения строительных конструкций и (или) систем и сетей инженерно- технического оборудования зданий, строений, сооружений.

Концепция и содержание капитального ремонта существенно отличаются от концепции и содержания текущего ремонта объекта, проводимого на этапе его эксплуатации. Это обусловлено тем, что в отличие от текущего ремонта при проведении капитального ремонта затрагиваются конструктивные и другие характеристики надежности и безопасности объекта капитального строительства.

В толковании Градостроительного кодекса РФ капитальный ремонт объекта производственного и непроизводственного назначения осуществляется в случаях замены и (или) восстановления:

— строительных конструкций и отдельных конструктивных элементов, за исключением несущих строительных конструкций;

— систем и сетей инженерно-технического обеспечения объекта и их элементов;

— отдельных конструктивных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные конструктивные элементы, улучшающие показатели строительных конструкций.

Капитальный ремонт линейного объекта состоит в восстановлении и (или) изменении параметров линейного объекта или его участков (частей), которое не влечет за собой изменение класса, категории и (или) первоначально установленных показателей функционирования объекта и при котором не требуется изменения границ полосы отвода и (или) охранных зон такого объекта.

Капитальный ремонт начинается с проектной подготовки и утверждения проектной документации заказчиком и завершается приемкой выполненных ремонтных и ремонтно-строительных работ. Промежуточные этапы и стадии

капитального ремонта устанавливаются в соответствии с проектом организации капитального ремонта (ПОС) и проектом производства работ (ППР) по капитальному ремонту объекта.

В случаях, когда в процессе эксплуатации объекта возникает необходимость изменения параметров объекта или его частей (высоты, этажности, площади, показателей производственной мощности, объема и др.) и качества инженерно-технического обеспечения, осуществляется реконструкция объекта капитального строительства на шестом этапе жизненного цикла.

Реконструкция объекта производственного и непроизводственного назначения состоит в изменении основных параметров объекта или его частей (высоты, этажности, площади, объема), в том числе надстройке, перестройке, расширении объекта, а также замене и (или) в восстановлении несущих строительных конструкций объекта, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные элементы, улучшающие показатели строительных конструкций, и восстановлении этих элементов.

Реконструкция линейного объекта состоит в изменении параметров линейного объекта или его отдельных участков (частей), которое влечет за собой изменение класса, категории и первоначально установленных показателей функционирования объекта (мощности, грузоподъемности и др.) или при котором требуется изменение границ полосы отвода и (или) охранных зон линейного объекта.

Реконструкция объекта осуществляется на основании задания застройщика (заказчика), начинается с проектной подготовки и получения разрешения на реконструкцию и завершается приемкой выполненных строительно-монтажных и ремонтно-строительных работ. Промежуточные этапы и стадии реконструкции объекта устанавливаются в соответствии с проектом организации реконструкции (ПОС) объекта.

Реконструкция и капитальный ремонт объекта могут осуществляться как при условии вывода объекта из эксплуатации и исключения его как объекта

недвижимости или имущественного комплекса из государственного реестра, так и без такого вывода (исключения) в условиях действующего предприятия.

Заключительный, седьмой этап жизненного цикла объекта капитального строительства начинается с принятия решения о выведении объекта из эксплуатации для его последующей ликвидации и завершается сносом или демонтажом объекта, очисткой и восстановлением территории или земельного участка, на котором размещался объект.

Ликвидация объекта капитального строительства, как правило, осуществляется в соответствии с проектом организации работ по сносу или демонтажу (ПОД) и проектом производства работ (ППР) по сносу (демонтажу) объекта. Такие работы относятся к работам, влияющим на безопасность объектов капитального строительства.

В соответствии с требованиями по охране окружающей среды и утвержденным в установленном порядке проектом регламента отходов материалы от разборки (демонтажа) классифицируются либо как материалы повторного использования, либо как твердые бытовые отходы (ТБО), которые затем перерабатываются или утилизируются на предприятиях по переработке ТБО. Общая концепция жизненного цикла сооружения в РФ представлена на рис. 1.20

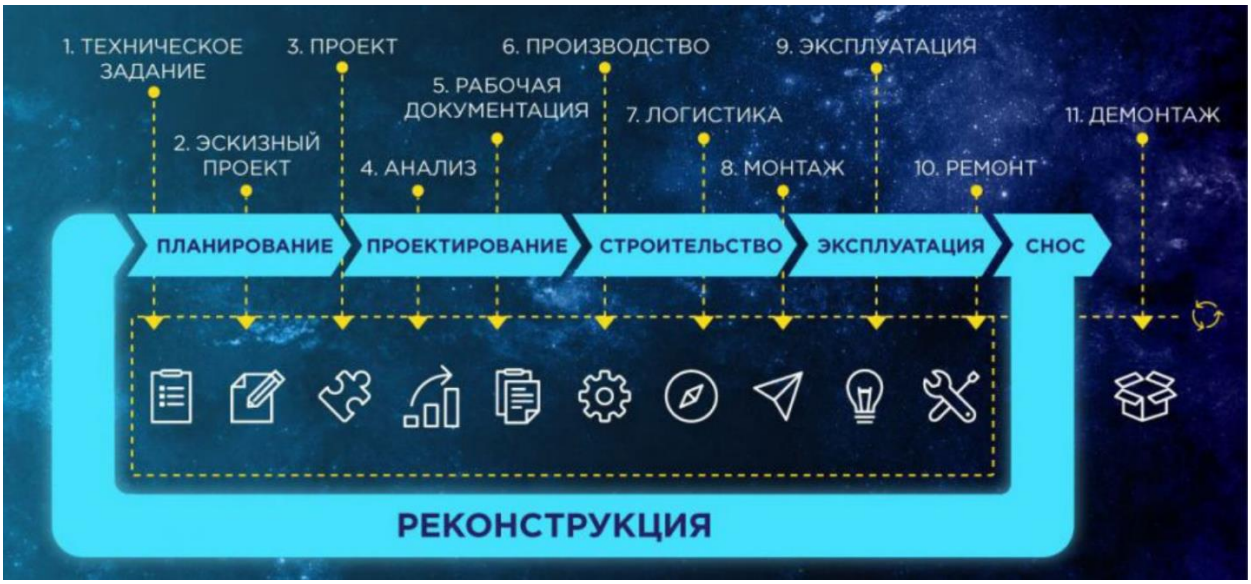


Рис. 1.20. Концепция Минстроя по этапам жизненного цикла сооружения

1.3 Задачи, решаемые с помощью цифровых технологий, на этапах жизненного цикла строительных объектов.

Информационные технологии играют очень важную роль в жизни современного общества. Они затрагивают все отрасли жизнедеятельности человека. С помощью информационных технологий повышается профессионализм и квалифицированность сотрудников. На сегодняшний день невозможно представить наше общество без информационных технологий. Более того, понятие информационная система введена на законодательном уровне как обязательная составляющая контура государственного управления.

Информатизация — это применение средств вычислительной техники и соответствующего программного обеспечения (ПО) для ускорения всех процессов взаимодействия (коммуникаций) между людьми за счёт передаваемой информации.

Цифровизация — это более сложный технологический уровень промышленного производства, который позволяет за меньшее время создавать больше продуктов с более высоким качеством с целью удовлетворения потребностей клиентов. Это системы, которые могут замещать человека на простейших участках, работать быстрее и точнее, а также принимать оптимальные решения в сложных ситуациях без привлечения человека (подход к искусственному интеллекту).

Цифровизация – это неизбежное будущее, вызванное стремлением к достижению эффективности и оптимизации своей деятельности, а также развитию предприятия в целом.

Идея автоматизировать проектирование зародилась в 50-х годах прошлого века почти одновременно с появлением коммерческих компьютеров. Программное обеспечение вместе с аппаратными средствами позволяли автоматизировать наиболее трудоёмкие работы чертёжного характера. Возможности графических программ постепенно расширялись, что позволяло облегчить процесс черчения.

В основе современных систем автоматизированного проектирования (САПР) лежит создание компьютерной модели объекта. Информационное моделирование зданий заключается в создании и использовании комплекса согласованных и взаимосвязанных проектных данных. Эти данные используются для

формирования строительно-технической документации, прогнозирования эксплуатационных характеристик, оценки затрат и планирования строительных работ, а затем - и для управления строительным объектом. Наиболее активно цифровизация внедряется в строительную отрасль через проектирование. Новый формат проекта строительного объекта - это BIM-модель (Building Information Model).

BIM-технологии (информационное моделирование здания) - это подход к проектированию, возведению, эксплуатации и ремонту здания, при котором с помощью информационной модели управляют всеми этапами жизненного цикла зданий за счет сбора и комплексной обработки всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической, эксплуатационной информации о здании в единой информационной среде (рис. 1.21).

1.21. Схема периодов жизненного цикла здания в BIM-технологии

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

В конце XX в. на смену карандашу, линейки и циркулю пришел AutoCAD - двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk, а чертежную доску заменил монитор персонального компьютера (первая версия программы была выпушена в далеком 1982 г.). Это одна из самых популярных в мире программ в своем сегменте. Она достаточно многофункциональна: позволяет создавать не только чертежи, но также визуализацию и анимацию объекта проектирования. AutoCAD, значительно облегчают жизнь инженерам, конструкторам, архитекторам, промышленным дизайнерам и всем смежным специалистам. Сегодня сложно себе представить конструкторское бюро, которое не использует AutoCAD или иные графические редакторы, создавая хоть сколько-нибудь сложное промышленное изделие.

Вместе с тем, несмотря на то, что с помощью AutoCAD создаются профессиональные геометрические чертежи в 2D и 3D формате разной сложности, в AutoCAD, основной упор делается на геометрические характеристики объектов, т. е, как и в эпоху «бумажного технологии», когда все элементы объекта проектирования имели только геометрические параметры, причем некоторые из них имели условное обозначения Таким образом, AutoCAD специализируется на «плоских» чертежах (рис. 1.22).

Один из главных минусов программы AutoCAD, это сложность, а зачастую и невозможность, в привязки информационных данных (материал и его физические свойства, производитель, стоимость и т. д.) к объектам проектирования, что вызывает неудобства в работе.

Понятие информационная модель здания была впервые предложено профессором Технологического института Джорджии (США) Чаком Истманом (Chuck Eastman) в 1975 году в журнале Американского Института Архитекторов (AIA) под рабочим названием «Building Description System» (Система описания здания). Европейцами, в разработке подходов к информационному моделированию зданий, в середине 1980-х применялись немецкий термин «Bauinformatik» и голландский «Gebouwmodel», которые в переводе также соответствовали английскому «Building Model» или «Building Information Model».

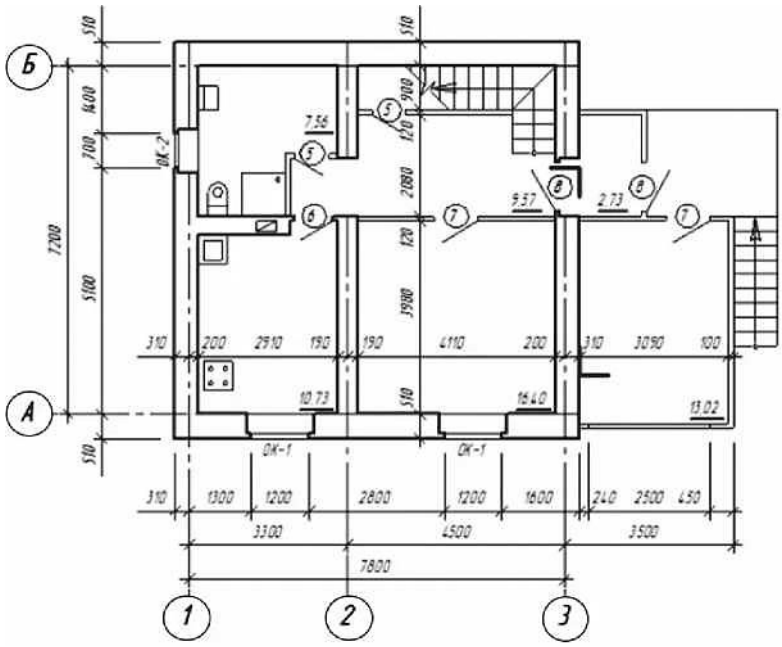


Рис. 1.22. План первого этажа здания (AutoCAD)

Англичанин Роберт Эйш (Robert Aish), создатель программы RUCAPS, в 1986 году, в своей статье впервые использовал термин «Building Modeling» в его нынешнем понимании как информационного моделирования зданий. Он тогда же впервые сформулировал основные принципы этого информационного подхода в проектировании: трехмерное моделирование; автоматическое получение чертежей; интеллектуальная параметризация объектов; соответствующие объектам базы данных; распределение процесса строительства по временным этапам и т. д.

Примерно, с 2002 года благодаря стараниям многих авторов и энтузиастов нового подхода в проектировании, концепцию «BIM» ввели в употребление и ведущие разработчики программного обеспечения, сделав это понятие одним из ключевых в своей терминологии. В дальнейшем, аббревиатура BIM прочно вошла в лексикон специалистов по компьютерным технологиям проектирования и получила широчайшее распространение и считается доминирующим в этой области.

Постановлением правительства Российской Федерации от 15 ноября 2019 введенообязателъное применение BIM-технологий в строительстве социальных и спортивных объектов сметной стоимостью свыше 500 миллионов рублей.

Проектирование здания (сооружения) с использованием BIM-технологий принципиально отличается от классического подхода к проектированию («бумажной технологии» и AutoCAD) через плоские проекции. При использовании BIM-технологий не вычерчиваются чертежи проекта линиями, а более точно, вообще не вычерчиваются чертежи. Проектирование по новой методике построено на создании цифровой 3D модели (детальные фотореалистичные виды объекта), в чем-то напоминающей реальный процесс строительства. Сразу «строятся» конкретные конструктивные элементы (фундаменты - монолитные или сборные; стены - однослойные из кирпича, блоков или многослойные с утеплителем; колонны - железобетонные и металлические любого типа сечения; окна и двери конкретных производителей; плиты перекрытия и покрытия конкретных конструктивных решений; отопительные и осветительные приборы; лифты и многое другое, что имеет непосредственное отношение к зданию). Причем, если, например, «возводится» стена, то она не только имеет визуализацию свойств объекта на экране монитора, но обладает всеми геометрическими и физическими, экономическими и прочими характеристиками принятой стены, т. е. мы сразу видим, какая конструкция стены и какими свойствами она обладает (рис. 1.23).

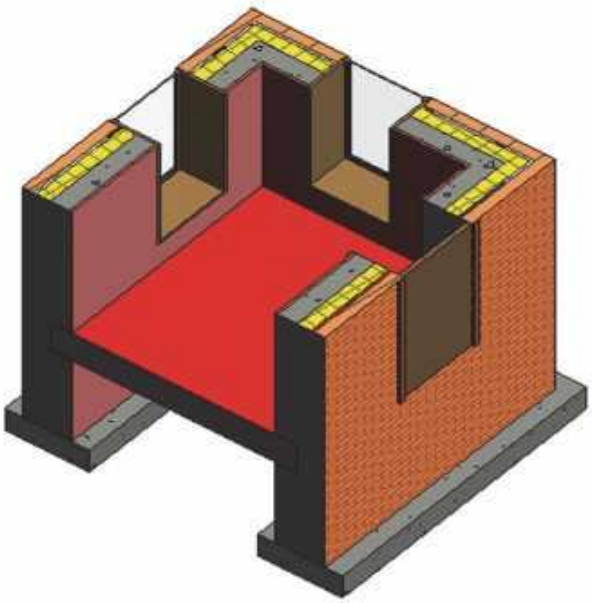


Рис. 1.23. Цифровая 3D-модель стен здания

Работа по созданию информационной 3D модели здания ведется в два этапа. На первом этапе разрабатываются первичные элементы проектирования, которые в программных комплексах называются семействами, т. е. группы схожих элементов из которых возводятся здания (стены, колонны, окна, двери, плиты перекрытий, отопительные и осветительные приборы, лифты и многое другое, что имеет непосредственное отношение к зданию). Семейства элементов характеризуются общим набором свойств и связанных с ними графическим представлением, т. е. семейства являются цифровым аналогом физического строительного материала и конструкции. Семейства, размещенные в BIM-модели, становятся элементами модели, которые по мере развития проекта накапливают необходимую на разных стадиях жизненного цикла информацию (например, прочностные свойства бетона, повреждения, возникшие на стадии эксплуатации и т. д.).

Второй этап - моделирование того, что создается на стройплощадке. Это фундаменты, стены, крыши, навесные фасады и многое другое. При этом предполагается широкое использование заранее созданных элементов, например, крепежных или обрамляющих деталей при формировании навесных стен здания.

Полученная BIM-модель, будучи цифровым аналогом реального объекта строительства, представляет собой совокупность семейств, собранную по определенным правилам.

Таким образом, если AutoCAD позволяет создавать чертежи, которые условно символизируют объект строительства, то BIM является цифровым прототипом насыщенной информацией модели будущего объекта, т. е. специальным образом организованный и структурированный набор данных, допускающий на выходе графическое и иное числовое представление. Поэтому современные BIM-программы предполагают, что содержащуюся в модели информацию о здании для внешнего использования можно получать в большом спектре видов, минимальный перечень которых на сегодняшний день уже достаточно четко определен профессиональным сообществом и не вызывает никаких дискуссий (рис. 1.24).

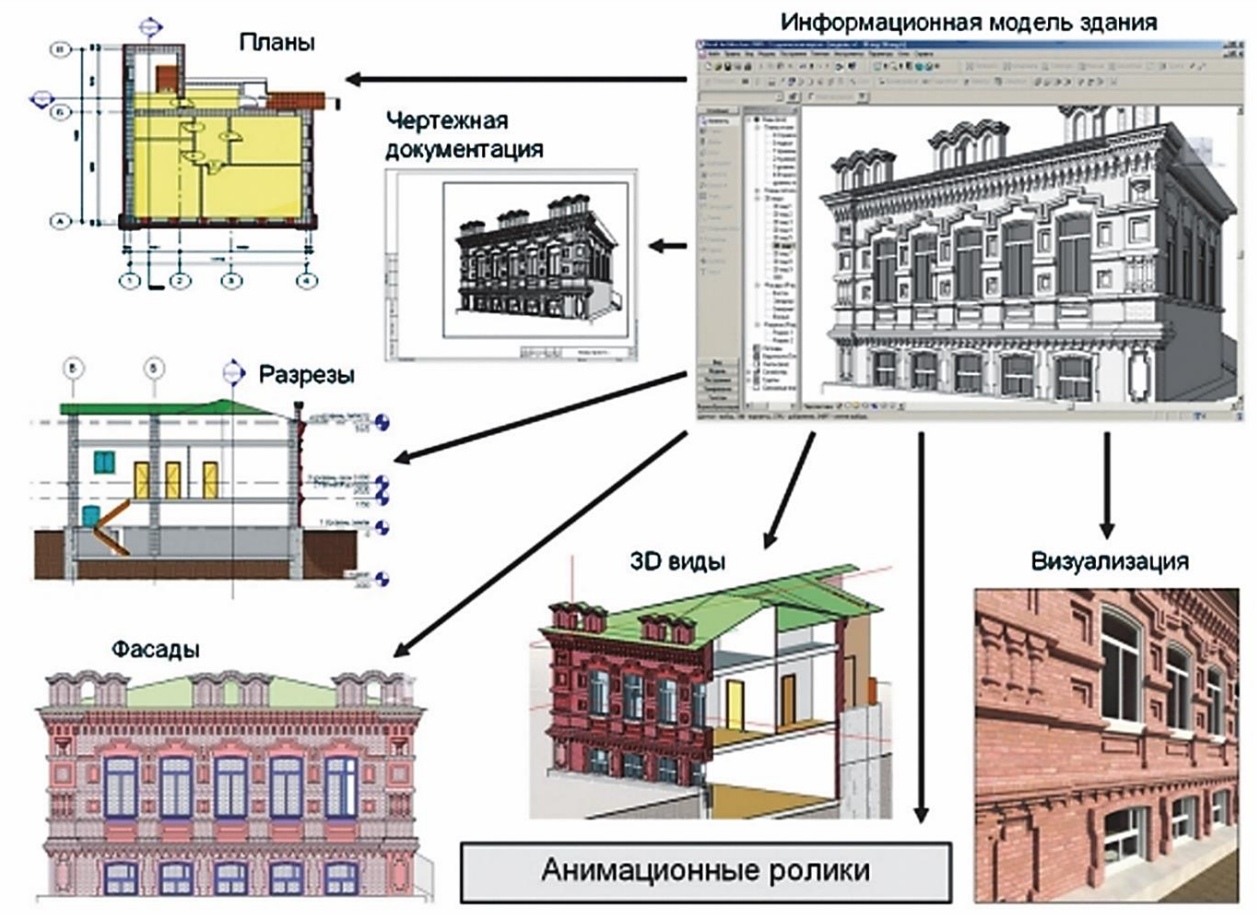


Рис. 1.24. Виды графического представления информационной модели здания. Модель выполнена в программе Revit Architecture

Ключевым достоинством BIM-технологий являться интеллектуальная параметризация объектов, подразумевающая тесную взаимосвязь элементов проекта, позволяющую координировать и управлять всеми изменениями в проекте. Это позволяет проектировщику сосредоточиться непосредственно на сути проектируемого объекта. Нет необходимости вручную обновлять чертежи или другие компоненты. При этом, у автора проекта появляется не только возможность быстро нарисовать модель здания, но и быстро перебрать и оценить различные варианты решений, что повышает качество строительного проекта. Интеллектуальная параметризация объектов обеспечивает согласованность и повышение производительности работы проектировщиков: любое изменение в любой части проекта немедленно отражается на всем проекте.

Поддержка технологии BIM реализована во всех функциях программных продуктах и содержит инструменты для проектирования архитектурных элементов, инженерных систем и строительных конструкций, а также процесса строительства.

Построенная проектировщиками информационная модель проектируемого объекта затем становится основой и активно используется для создания рабочей документации всех видов, разработки и изготовления строительных конструкций и деталей, комплектации объекта, заказа и монтажа технологического оборудования, экономических расчетов, организации возведения самого здания, а также решения технических и организационно-хозяйственных вопросов последующей эксплуатации. Создаются предпосылки многомерного моделирования, которое, на сегодняшний день предполагает:

прогнозирование и планирование процесса строительства (4D)

3D BIM + время/график = 4D BIM;

определение вариантов расходов (5D)

4D BIM + деньги/стоимость = 5D BIM;

накопление информации о здании в проекте строительства и определение потребности в техническом обслуживании (6D)

5D BIM + «как построено»/жизненный цикл = 6D BIM.

Таким образом, цифровизация «BIM-технологии» делает работу строителя более эффективной и, что очень важно, более качественной.

В 2019 году стартовал Федеральный проект «Современная цифровая образовательная среда в РФ», утвержденный Правительством РФ. В рамках этого проекта предполагается «модернизировать систему образования и профессиональной подготовки, привести образовательные программы в соответствие с нуждами цифровой экономики, широко внедрить цифровые инструменты учебной деятельности и целостно включить их в информационную среду, обеспечить возможность обучения граждан по индивидуальному учебному плану в течение всей жизни в любое время и в любом месте.

В постиндустриальном обществе главным ресурсом является знание, а главной структурой – университет как место, где его производят и накапливают. При этом основной производственный ресурс - квалификацию людей - невозможно повысить через рост инвестиций в производство. Этого можно добиться только путем увеличения инвестиций в человека и повышения потребления, в том числе образовательных услуг, вложений в здоровье человека.

С 1 января 2022 года для строительства всех объектов капитального строительства с государственным участием обяжут использовать технологии информационного моделирования. В правительственных документах фигурирует аббревиатура ТИМ, в то время как строители привыкли к BIM. Так в чем ключевое отличие BIM от ТИМ?

BIM — это информационная модель зданий и объектов инфраструктуры, которая включает в себя все физические и функциональные характеристики структуры. BIM-модель учитывает параметры материалов, геометрию здания, его дизайн и влияние на окружающую среду. Полученные данные можно использовать не только во время строительства, но и в ходе эксплуатации здания.

Концепция BIM была придумана в 1970-х. Но сама аббревиатура и термины «информационная модель здания» и «информационное моделирование здания» используются с 2002 года. Тогда Autodesk выпустил документ «Информационное моделирование здания» — и другие компании подхватили этот термин.

До 2022 года технологии информационного моделирования не являются обязательными, но многие застройщики их уже используют. В процессе обучения специалистов используется термин «BIM», так как он распространен и за рубежом [3, 4].

ТИМ — российский вариант термина BIM, буквальный перевод «building information model». Именно он фигурирует в формулировках Градостроительного кодекса РФ. Базовые понятия ТИМ начали появляться еще в 2019 году, когда федеральный закон № 151-ФЗ внес термин «информационная модель» в Градостроительный кодекс.

Что говорит закон. В законе термин был сформулирован следующим образом: «Информационная модель объекта капитального строительства — совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства».

Постановление № 1431. В 2020 году в государстве решили расширить и уточнить термин постановлением № 1431. Там окончательно определили правила формирования и ведения информационной модели капитального строительства, а уже с 2022 года нововведения будут использоваться во время госстроек — электронная документация станет там основной. При этом нюансы и принципы действия ТИМ и BIM совпали.

Получается, BIM и ТИМ — одно и то же. Просто ТИМ — официальное название BIM-технологий в российской строительной документации.

1.4 Этапы реализации строительных проектов.

При возведении зданий принято группировать работы по этапам, которые называются *циклами* (рис. 1.25).

По окончании подготовительного периода строительства осуществляют работы первой стадии – *подземного цикла*. В состав работ этой стадии входят: земляные работы (рытье выемок и обратная засыпка фундаментов с уплотнением); бетонные и железобетонные работы (устройство фундаментов, бетонной подготовки); монтаж строительных конструкций (колонн, панелей стен подвала); гидроизоляционные работы (гидроизоляция пола, стен подвала); устройство вводов коммуникаций и т.д.

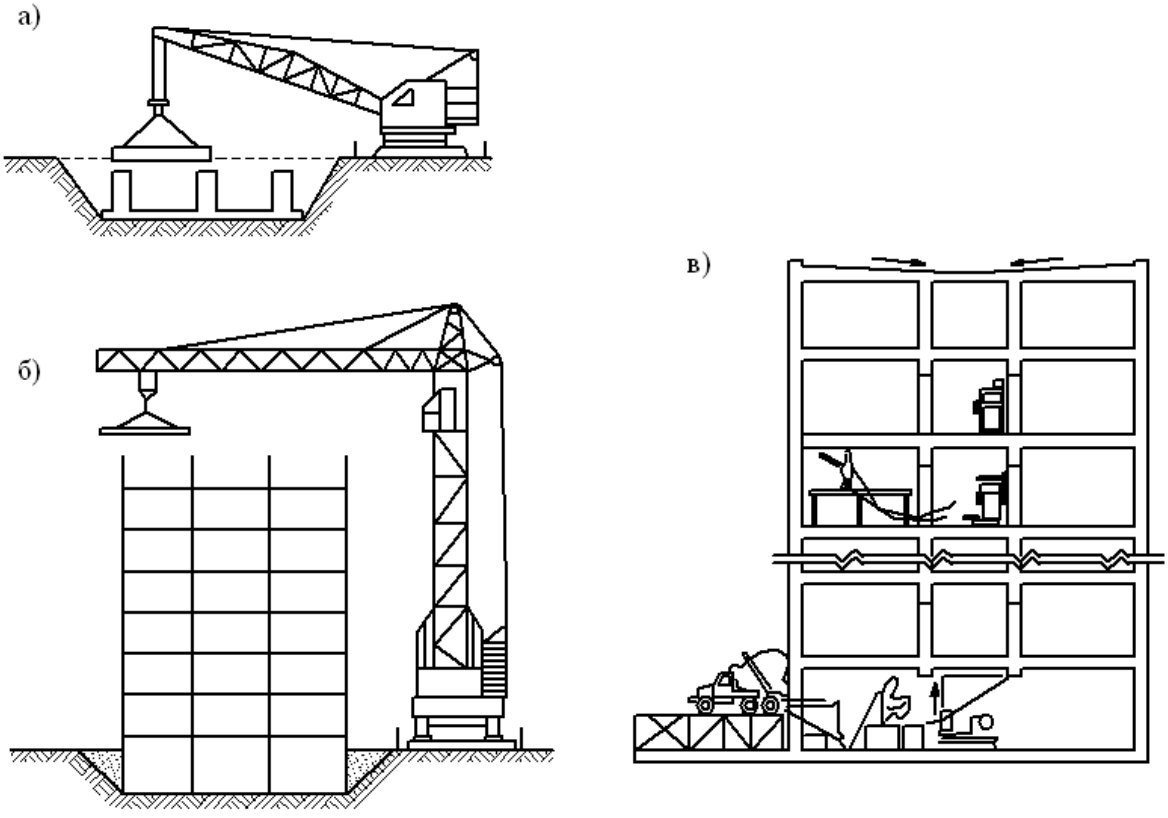


Рис. 1.25. Основные циклы строительства здания: а) подземный; б) надземный; в) отделочный

На второй стадии (*надземный цикл*) обычно выполняют: монтаж строительных конструкций, панельных наружных и внутренних стен, оконных переплетов и фонарей; бетонные и кровельные работы (устройство кровли); столярные работы (навеска ворот, дверей) и санитарно-технические работы (установка коробов вентиляционных систем).

На третьей, заключительной, стадии, которую можно называть *отделочным* циклом, выполняют в основном штукатурные работы, окраску стен, потолков, оконных заполнений, дверей, устройство полов, спецмонтажные работы (внутренние сантехнические и электромонтажные), монтаж технологического оборудования и др.

Выполнение сантехнических, электромонтажных и других специальных работ согласуется с выполнением общестроительных работ. Например, вводы коммуникаций устраивают в период выполнения работ подземного цикла, сантехнические приборы и электрическую арматуру устанавливают в период отделочных работ и т. д.

Все строительные работы должны выполняться в соответствии с требованиями и рекомендациями общегосударственных строительных норм и правил. Положения по технологии, организации и охране труда в строительстве содержатся в СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве». Применительно к местным условиям разрабатывается также проектно-технологическая документация: *проект организации строительства* (ПОС) и *проект производства работ* (ППР).

Строительство зданий, сооружений и их комплексов осуществляется по утвержденной проектно-сметной документации, которую разрабатывает проектная организация на основании выданного застройщиком задания на проектирование. Все отступления от проекта должны быть согласованы с проектной организацией.

Рыночные отношения предъявляют особые требования к качеству продукции, поскольку оно является одним из основных факторов, влияющих на экономичность и рентабельность законченного строительного объекта и обеспечивающих его надежность и долговечность.

Качество возведенных строителями зданий определяется качеством разработки проектно-сметной документации, применяемых материалов и изделий, выполнения строительно-монтажных работ (СМР).

Качество выполнения СМР оценивается:

– визуально в тех местах, которые доступны для осмотра;

– с помощью простейших измерительных приборов (рулетка, отвес и др.);

– с помощью геодезических инструментов (теодолит, нивелир);

– непосредственным измерением напряжений, возникающих в конструкциях;

– неразрушающими методами (акустические методы, просвечивание и др.).

Линейные инженерно-технические работники (ИТР) (мастера, прорабы) осуществляют текущий контроль постоянно в соответствии с рекомендациями СНиПа. Застройщик и генеральная проектная организация осуществляют систематический контроль через свои органы: технадзор заказчика и авторский надзор генпроектировщика.

Кроме этого, осуществляется общественный контроль при передаче конструкций в работу от одной бригады другой. Так, штукатуры, прежде чем приступить к оштукатуриванию каменных стен проверяют качество работ каменщиков, маляры – качество работ штукатуров и т.п.

В последние годы усиливается контроль за воздействием строительного производства на окружающую среду:

– выбросы газа и пылевидных веществ в атмосферу;

– слив в грунт кислот, нефтепродуктов, отходов производства – растворов, красителей, растворителей и т.п.;

– разрыхление больших земельных площадей, приводящее к эрозии почвы и др.).

Решения по охране природы разрабатываются в ПОС в соответствии с действующим законодательством, стандартами и документами директивных федеральных, региональных и муниципальных органов, регламентирующих рациональное использование и охрану природных ресурсов.

1.5 Специалисты, занятые в строительной отрасли. Объединения работодателей.

Уникальная универсальность специальности «Промышленное и гражданское строительство» заключается в том, что выпускник данного направления может выполнять:

проектно-конструкторские,

технологические,

сервисно-эксплуатационные,

организационно-управленческие,

экспертно-аналитические,

предпринимательские и другие виды деятельности.

В соответствии с этим, на основе профессиональных стандартов, определяющих условия профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата по направлению 08.03.01 «Строительство», можно сформировать базовые универсальные производственные функции инженера-строителя (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Базовые функции	Пояснения
1. Общекультурной и профессиональной этики	Связанная с познавательной, гражданско-общественной, социально-трудовой, культурно-досуговой и бытовой деятельностью
2. Нормативных общетехнических знаний	Представляющая, научный фундамент для проведения исследовательского анализа и технического прогнозирования, системного проектирования и концептуального технологического регулирования производства
3. Анализа и технического прогнозирования	Направлена на выяснение технических противоречий и потребностей производства
4. Исследовательской инженерной деятельности	Состоит в поиске принципиальной схемы технологического процесса, способе «вписать» намеченную к разработке задачу в рамки законов естественных и технических наук

Продолжение таблицы 1.2

5. Конструкторская	Совокупность известных технических методов и элементов, которая обладает новыми функциональными свойствами, качественно отличается от всех прочих
6. Проектирования	Техническая идея приобретает свою окончательную форму в виде чертежей рабочего проекта, что само по себе завершает период инженерной подготовки производства
7. Технологическая	Связана с соединением технических процессов с трудовыми, чтобы в результате взаимодействия людей и техники, затраты времени и материалов были минимальны, а техническая система работала продуктивно
8. Регулирования и организации производства	Непосредственно на месте организовать труд рабочего с трудом других и подчинить совместную деятельность работников решению конкретной технической задачи
9. Эксплуатации и ремонта оборудования	Отладка и техническое обслуживание машин, автоматов, технологических линий, контроль за режимом их работы
10. Инвестиционно-экономическая	Заключаются в постоянном анализ и планирование экономических результатов, увеличении эффективности производства и укреплении её позиций на рынке

Базовые производственные функции являются, в общем виде, некими техническими требованиями, которые строительная отрасль (потребители) выдвигает образовательным учреждениям (выпускающим кафедрам строительного профиля), как условие задачи подготовки конкурентно-способного, высококачественного специалиста. Необходимо отметить, что аналогичные требования определены стандартом инженера АТЭС (инженер АТЭС — профессиональное звание, региона Азиатско-тихоокеанского экономического сотрудничества по итогам сертификации) согласованные с требованиями Международного инженерного альянса (IEA).

Выполнение технических требований обеспечивает основной принцип современной модернизации высшего строительного образования - ориентация на

потребителя - и обеспечивает сопоставимость качество российского образования с европейским, в рамках единых критериев.

Решение данной задачи осуществляется в процессе организации обучения, как обязательное выполнение требований ФГОС ВО и фиксируется уровнем освоения универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

Компетентность — совокупность профессионально и личностно значимых качеств, технологическая грамотность, высокая степень адаптации к меняющимся условиям работы, профессиональный опыт в проектировании и конструировании зданий и сооружений, организации работы на строительной площадке, его накопление и совершенствование в процессе профессиональной подготовки и производственной деятельности.

Исходя из этого, компетентность специалиста проявляется в его будущей профессиональной деятельности при наличии комплекса компетенций и, в отличие от знаний, умений и навыков, которые всегда «хранятся» в готовом к использованию виде, компетентность проявляется в момент ее реализации, т. е. в ответ на ситуацию.

Деятельность отраслевых объединений работодателей в строительстве регулируется законом: Федеральный Закон "О саморегулируемых организациях" № 315-ФЗ. Этим Федеральным законом регулируются отношения, возникающие в связи с приобретением и прекращением статуса саморегулируемых организаций, деятельностью саморегулируемых организаций, объединяющих субъектов предпринимательской или профессиональной деятельности, осуществлением взаимодействия саморегулируемых организаций и их членов, потребителей произведенных ими товаров (работ, услуг), федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления.

Под саморегулированием понимается самостоятельная и инициативная деятельность, которая осуществляется субъектами предпринимательской или

профессиональной деятельности и содержанием которой являются разработка и установление стандартов и правил указанной деятельности, а также контроль за соблюдением требований указанных стандартов и правил.

Саморегулируемыми организациями признаются некоммерческие организации, созданные в целях, предусмотренных настоящим Федеральным законом и другими федеральными законами, основанные на членстве, объединяющие субъектов предпринимательской деятельности исходя из единства отрасли производства товаров (работ, услуг) или рынка произведенных товаров (работ, услуг) либо объединяющие субъектов профессиональной деятельности определенного вида.

Основные функции, права и обязанности саморегулируемой организации

1. Саморегулируемая организация осуществляет следующие основные функции:

1) разрабатывает и устанавливает условия членства субъектов предпринимательской или профессиональной деятельности в саморегулируемой организации;

2) применяет меры дисциплинарного воздействия, предусмотренные настоящим Федеральным законом и внутренними документами саморегулируемой организации, в отношении своих членов;

3) образует третейские суды для разрешения споров, возникающих между членами саморегулируемой организации, а также между ними и потребителями произведенных членами саморегулируемой организации товаров (работ, услуг), иными лицами, в соответствии с законодательством о третейских судах;

4) осуществляет анализ деятельности своих членов на основании информации, представляемой ими в саморегулируемую организацию в форме отчетов в порядке, установленном уставом некоммерческой организации или иным документом, утвержденными решением общего собрания членов саморегулируемой организации;

5) представляет интересы членов саморегулируемой организации в их отношениях с органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления;

6) организует профессиональное обучение, аттестацию работников членов саморегулируемой организации или сертификацию произведенных членами саморегулируемой организации товаров (работ, услуг), если иное не установлено федеральными законами;

Ассоциация «Национальное объединение строителей» (НОСТРОЙ) создана 10 ноября 2009 года по решению I Всероссийского Съезда саморегулируемых организаций (СРО), основанных на членстве лиц, осуществляющих строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства, на основании части 1, пункта 2 части 2 и части 2.1 статьи 55.20 Градостроительного кодекса Российской Федерации.

Ассоциация «Национальное объединение строителей» сегодня – это:

крупнейшее объединение саморегулируемых организаций в строительной сфере, в которое входят 225 саморегулируемые организации, функционирующие в 74 субъектах Российской Федерации, включая Республику Крым;

более 98 000 компаний, осуществляющих жилищно-гражданское и промышленное строительство, реконструкцию и капитальный ремонт, снос зданий и сооружений, что составляет более 50 % общего количества компаний, работающих в строительной сфере.

Органы управления Ассоциации:

Всероссийский съезд саморегулируемых организаций, основанных на членстве лиц, осуществляющих строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объектов объектов капитального строительства;

Президент Ассоциации;

Совет Ассоциации.

Всероссийский съезд СРО в строительной сфере – высший орган управления Ассоциации «Национальное объединение строителей». К компетенции Съезда относятся, в том числе, следующие вопросы:

принятие Устава Ассоциации, внесение в него изменений;

формирование состава Совета Ассоциации, в том числе избрание новых членов и прекращение полномочий членов Совета;

избрание тайным голосованием Президента Ассоциации;

утверждение сметы расходов на содержание Ассоциации, внесение в нее изменений;

утверждение годовой и бухгалтерской отчетности Ассоциации, в том числе отчетов об исполнении сметы расходов на содержание Ассоциации;

избрание членов Ревизионной комиссии Ассоциации сроком на два года и утверждение отчета Ревизионной комиссии о результатах деятельности Объединения.

Президент Ассоциации является единоличным исполнительным органом Ассоциации.

Президент Ассоциации «Национальное объединение строителей» руководит структурными подразделениями Ассоциации и осуществляет организацию правового, финансового, хозяйственного, материально-технического, документационного, организационного и иного обеспечения деятельности Ассоциации, организацию и контроль текущей финансово-хозяйственной деятельности Ассоциации, ведение бухгалтерского и налогового учета, финансовой отчетности Ассоциации.

Президент НОСТРОЙ возглавляет Совет Ассоциации и руководит его деятельностью.

Совет Ассоциации – коллегиальный исполнительный орган Ассоциации.

Совет Ассоциации избирается путем тайного голосования Всероссийским съездом СРО в строительной сфере и подотчетен ему.

Совет Ассоциации формируется в пределах квот, установленных регламентом Съезда (ссылка на документ Регламент Съезда) из представителей саморегулируемых организаций – членов Ассоциации, а также из лиц, независимых от конкретных саморегулируемых организаций (независимые члены) – представителей профильных Комитета (Комиссий) палат Федерального Собрания Российской Федерации, департамента Аппарата Правительства Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти.

Совет Ассоциации подлежит обновлению (ротации) один раз в два года на одну треть.

Ревизионная комиссия является органом внутреннего контроля за финансово-хозяйственной деятельностью Ассоциации, избирается Съездом сроком на два года и подотчетна Съезду.

С целью обеспечения координации деятельности саморегулируемых организаций в федеральных округах, городах федерального значения регулярно проводятся окружные конференции членов Ассоциации. Председательствует на окружной конференции Координатор по федеральному округу/городу федерального значения.

Экспертный совет НОСТРОЙ по вопросам совершенствования законодательства в строительной сфере является постоянно действующим консультативно-совещательным органом Ассоциации по формированию предложений по совершенствованию законодательства и развитию саморегулирования в строительной сфере, за исключением вопросов в области технического регулирования. Экспертный Совет создается Советом Ассоциации и подотчетен ему. Экспертный совет действует на общественных началах.

Технический Совет НОСТРОЙ является специализированным постоянно действующим консультативно-совещательным коллегиальным органом НОСТРОЙ по вопросам технического регулирования, нормирования и оценки соответствия в строительстве.

Научно-консультативная комиссия НОСТРОЙ (НКК) является постоянно действующим консультативно-совещательным органом. НКК создается Советом Ассоциации и подотчетна ему. Научно-консультативная комиссия действует на общественных началах. Предметом деятельности НКК является анализ и обобщение практики применения в деятельности Ассоциации, СРО и их членов норм законодательства РФ, позиций и разъяснений органов публичной власти; анализ и обобщение судебной практики по вопросам саморегулирования и строительства; разработка методических рекомендаций, регламентирующих и унифицированных документов по вопросам деятельности Ассоциации, СРО и их членов; рассмотрение обращений СРО и их членов по вопросам применения норм действующего законодательства РФ в области саморегулирования и строительства; участие в консультативных, совещательных органах, созданных в органах публичной власти, профессиональных объединениях, иных организациях по вопросам регулирования строительной деятельности и деятельности Ассоциации, СРО и их членов.

В Ассоциации действуют 7 Комитетов. Комитеты являются специализированными постоянно действующими коллегиальными органами при Совете Ассоциации и подотчетны ему. Предметом их деятельности являются формирование позиции НОСТРОЙ по вопросам совершенствования законодательства Российской Федерации; технического регулирования; унификации документов саморегулируемых организаций; а также рассмотрение иных вопросов по поручениям Совета НОСТРОЙ и Президента Ассоциации.

1.6. Проектная подготовка в строительстве.

Основная структура деятельности по проектной подготовке в строительстве представлена в таблице 1.3

Таблица 1.3

Наименование области деятельности	Содержание деятельности лиц, осуществляющих проектную подготовку
Структура и базовые положения норм, определяющих порядок разработки проектной документации.	*Нормирование в строительстве. Базовые положения норм* Структура и основные положения Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Структура и основные положения Градостроительного кодекса РФ. Структура и основные положения Федерального закона «О саморегулируемых организациях» в части, касающейся деятельности по проектированию и строительству зданий и сооружений.
Состав и структура проектной документации.	*Нормирование в строительстве. Разработка проектной документации* Структура и основные положения Постановления Правительства Российской федерации «О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию». Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального Закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» - основные положения. Структура и основные положения Межгосударственного стандарта. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения».

Требования по проведению экспертизы проектной документации объектов строительства.	*Экспертиза проектной документации* Структура и основные положения «ИНСТРУКЦИИ о порядке проведения государственной экспертизы проектов строительства»: цели экспертизы проектов; порядок проведения экспертизы; объем и порядок представления проектной документации; Заключение по экспертизе объектов строительства.
Требования к структуре и содержанию технических заданий на проектирование объектов строительства.	*Техническое задание на проектирование* Структура и основные положения задания на проектирования объекта строительства. Основание. Сведения об участке и планировочных ограничениях. Типы и этажность проектируемых зданий. Типы квартир/помещений, их назначение, показатели. Технико-экономические показатели по объекту строительства. Данные о пусковых комплексах. Сроки начала и окончания строительства. Источник финансирования. Категория ответственности объекта (зданий, сооружений) строительства. Исходно-разрешительная документация. Основные требования к проектным решениям. Градостроительные решения. Архитектурно-планировочные решения. Конструктивные решения. Технологические решения. Инженерное оборудование объекта (здания). Энергоэффективность. Вариантность проектных решений. Требования по научно-исследовательским работам. Требования по мероприятиям гражданской обороны. Требования к подготовке строительного паспорта объекта строительства.

Требования к структуре и содержанию технических заданий на проведение инженерных изысканий.	*Техническое задание на проведение инженерных изысканий* Структура и основные положения задания на выполнение инженерных изысканий для проектирования объекта строительства. Общие сведения об объекте. Характеристика проектируемого объекта (назначение, объемно-планировочные решения, заглубление фундаментов, предполагаемый тип фундаментов, планировочные отметки и т.п.). Перечень нормативных документов и их частей, в соответствии с которыми необходимо выполнить инженерно-экологические изыскания. Требования к точности, надежности, достоверности и обеспеченности данных и характеристик, получаемых при инженерно-экологических изысканиях. Состав работ при инженерно-экологических изысканиях. Предварительная характеристика ожидаемых воздействий объектов строительства на природную среду. Особые требования к изысканиям.
Требования к структуре и содержанию технических условий на применение материалов и конструкций для объектов строительства.	*Технические условия на применение материалов и конструкций* Структура и основные положения ГОСТ «Единая система конструкторской документации. Технические условия»: Основные положения. Правила построения и изложения технических условий. Технические требования. Требования безопасности. Требования охраны окружающей среды. Правила приемки. Требования контроля. Указания по эксплуатации, хранению, транспортированию и утилизации. Гарантии изготовителя. Порядок согласования и утверждения технических условий.

Технология подготовки и выпуска проектной документации	*Технология подготовки и выпуска проектной документации* Структура и основные положения ГОСТ «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации». Технология создания электронных моделей объекта строительства (BIM-технология). Графические комплексы по созданию чертежей проектной документации.

В соответствии с конституционными приоритетами Российской Федерации основной целью нормирования деятельности в области строительства выступает защита жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества. Конституция РФ провозглашает человека, его права и свободы высшей ценностью. Права и свободы человека и гражданина определяют смысл, содержание и применение законов (ст. ст. 2, 18). Одним из основных прав, закрепленных в ст. 20 Конституции РФ, является право каждого на жизнь, оно неотчуждаемо и принадлежит каждому от рождения. За лишение жизни человека уголовным законодательством предусмотрены меры ответственности, вплоть до смертной казни.

Таким образом, нормативная база, состоящая из нормативных документов различного уровня, и относящаяся к области проектной подготовки строительства объектов различного назначения, обеспечивает реализацию положений Конституции РФ.

Проектная документация на объекты строительства, реконструкции, капитального ремонта через представленные в ней технические решения должна обеспечивать соблюдение требований по безопасности, надежности и пригодности к эксплуатации, устанавливаемые государством.

2. ВВЕДЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

2.1 Строительные конструкции зданий и сооружений, их общая классификация.

Основные типы несущих конструкций делятся на стержневые, ***плоскостные, висячие и объемно-пространственные***. Последние применяют как для перекрытий зданий (например, своды, оболочки, купола) так и в качестве основных вертикальных несущих конструкций многоэтажных зданий в виде ядер жесткости.

Материалы, применяемые для несущих конструкций можно разделить на ***жесткие*** и ***нежесткие***. К жестким материалам относится камень, бетон, железобетон, армоцемент, металлический стальной прокат, дерево. Нежесткие материалы разделяют на **гибкие** и ***мягкие***. К гибким относят металлические стальные тросы, канаты, листы; к мягким – ткани и синтетические пленки.

Жесткие материалы чаще используют в конструкциях, работающих на сжатие и изгиб, нежесткие – в конструкциях, работающих на растяжение. Для обеспечения несущей способности и требуемой геометрической формы конструкции из нежестких материалов выполняют с предварительным натяжением.

По характеру статической работы несущие конструкции делят на ***плоскостные*** и ***пространственные***. В плоскостных конструкциях все элементы работают под нагрузкой, как правило, в плоскости её действия и не участвуют в работе конструкций, примыкающих из плоскости. В пространственных же конструкциях большая часть элементов работают в двух направлениях и участвуют в работе сопрягаемых конструкций, благодаря чему повышается общая жесткость и несущая способность сооружения и снижается расход материалов на его возведение.

Выбор типа несущих конструкций и материала при проектировании осуществляют в первую очередь, исходя из размеров перекрываемых пролетов и

высоты здания. При малых пролетах применяют простые плоскостные и стержневые конструкции, при больших – пространственные конструкции. При этом, чем больше перекрываемый пролет или высота здания, тем выше экономическая эффективность таких конструкций.

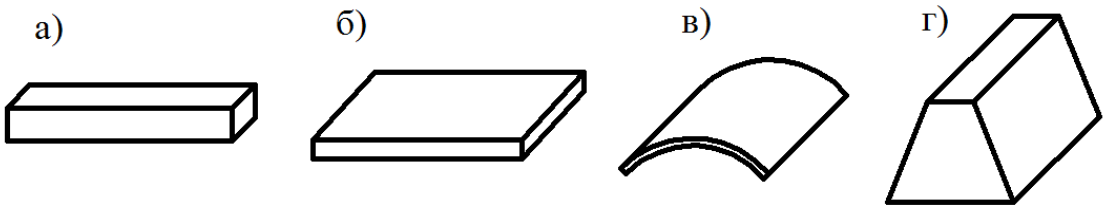


Рис. 2.1. Основные несущие элементы конструкций
а) стержень, б) пластинка; в) оболочка; г) массивное тело

Основные несущие элементы конструкций разделяют на стержни, пластинки (или плиты), пространственные оболочки и массивные тела. ***Стержнем*** называют простейший элемент, у которого толщина и ширина значительно меньше длины. ***Пластинкой*** называют элемент, у которого толщина значительно меньше длины и ширины. Пластинки с криволинейной поверхностью называют ***оболочками***. Если все три размера примерно одного порядка, то такие элементы называют ***массивными*** или ***трехмерными телами*** (рис. 2.1).

4.2. Стоечно-балочные конструкции

Среди плоскостных конструкций наиболее распространенной является ***стоечно-балочная*** конструкция. Она состоит из вертикальных и горизонтальных стержневых несущих элементов. Вертикальный элемент называют ***стойкой*** или ***колонной***, которая представляет собой прямолинейный стержень, воспринимающий все вертикальные нагрузки от горизонтального элемента, который называют ***балкой*** или ***ригелем***. В результате все усилия передаются на фундамент.

Стойки работают на центральное или внецентренное сжатие, балки – на поперечный изгиб от вертикальной нагрузки. Стойки имеют, как правило, квадратное, прямоугольное, Н – образное (двутавр) или круглое сечение, постоянное по длине, но бывают и V- или Т- образного (тавр) вида, например, в мостовых конструкциях опор.

Балки при небольших пролетах имеют сплошное сечение в виде тавра, двутавра, швеллера или прямоугольное. При больших пролетах – сквозное сечение в виде ферм или двускатных балок с изменяющимся по длине сечением (рис. 2.2).

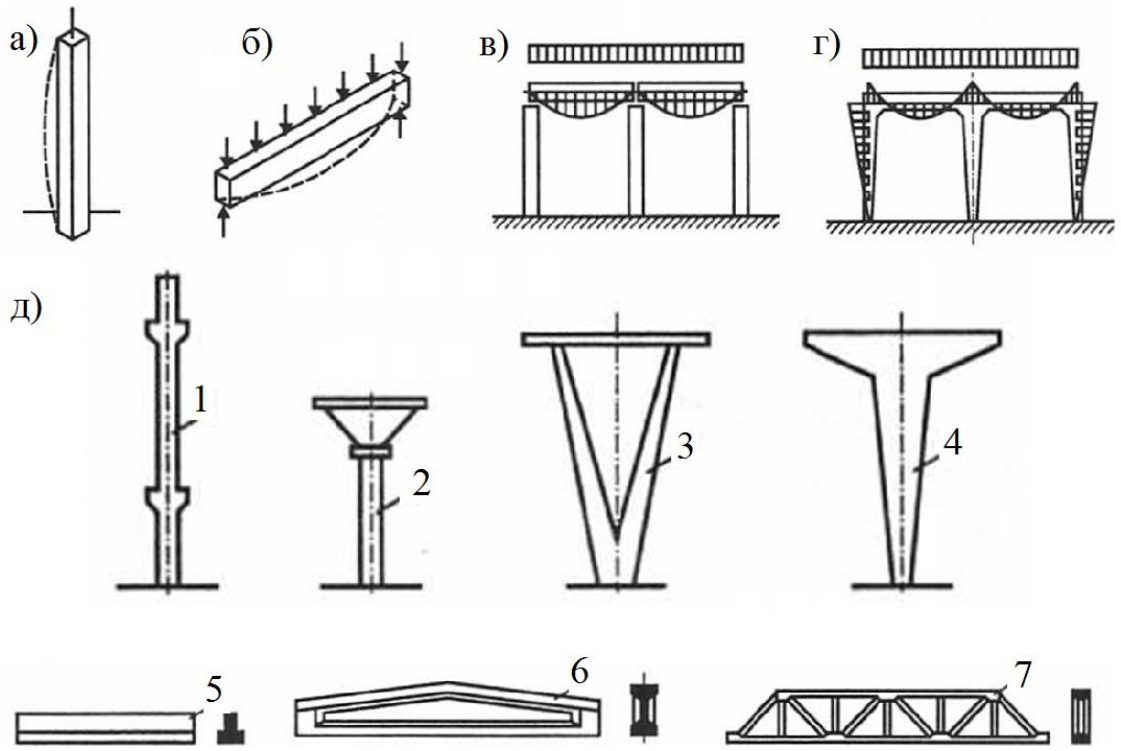


Рис. 2.2. Стоечно-балочные конструкции
а) стойка, б) балка, в) стоечно-балочная конструкция с шарнирным сопряжением элементов, г) то же, с жестким сопряжением элементов, д) сборные железобетонные элементы стоечно - балочной системы; 1 – двухэтажная колонна; 2 – колонна безбалочного перекрытия; 3,4 - V- и Т-образные опоры; 5 – ригель таврового сечения; 6 – двускатная балка покрытия; 7 – раскосная ферма

Сопряжения вертикальных и горизонтальных элементов могут быть различными, что значительно влияет на их совместную работу. При шарнирном сопряжении с одной шарнирно-подвижной опорой балки обладают свободой горизонтальных перемещений и поворота на опорах, в связи с чем они передают на ниже расположенные конструкции только вертикальное усилие. В шарнирно-неподвижных опорах могут также возникать горизонтальные усилия. В случае жесткого защемления (заделки) к перечисленным усилиям добавляется реакция в виде изгибающего момента.

Несущие конструкции в зданиях и сооружениях могут по-разному соединяться между собой. В простейших сооружениях стойки (колонны) и свободно опирающиеся на них балки (ригели, фермы) работают под нагрузкой практически независимо друг от друга, представляя собой стоечно-балочную систему, в которой каждая конструкция рассчитывается отдельно. Здания производственного и гражданского назначения и многие сооружения часто проектируются таким образом, что колонны и ригели, шарнирно или жестко соединяясь между собой, работают совместно, образуя рамную конструкцию. В рамах изменение усилий в одном элементе обязательно ведет к изменению усилий и в других элементах, причем установить такую зависимость бывает достаточно сложно. В рамах совместная работа ригеля со стойками обеспечивает значительное снижение изгибающих моментов в ригеле й повышает поперечную жесткость и устойчивость сооружения.

Рамы могут иметь различные очертания, они могут выполняться одно- и многопролетными, различной этажности. Сопряжения ригелей с колоннами могут быть шарнирные, жесткие или в различном сочетании (рис. 2.3).

Арочные конструкции. Арка представляет собой распорную конструкцию в виде криволинейного бруса, обычно в форме окружности или параболы. Арка под действием вертикальной нагрузки преимущественно работает на сжатие, и вызывает в опорах кроме вертикальных реакций еще и горизонтальную которую называют ***распором***.

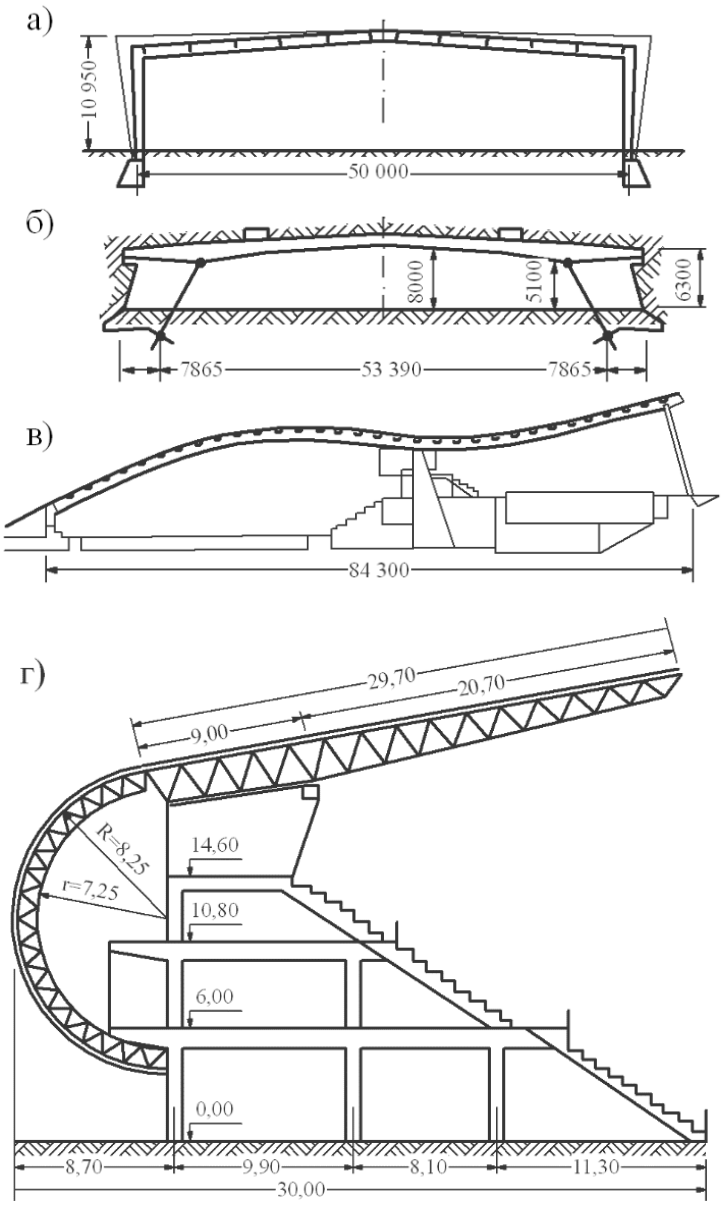


Рис. 2.3. Рамные конструкции

а) выставочный павильон в Гамбурге (ФРГ); б) подземный выставочный зал в Турине (Италия); в) здание бассейна в Реймсе (Франция), г) трибуны стадиона

Для восприятия распора необходимо устраивать прочные опоры или предусматривать ***затяжку*** – связь, стягивающую пяты арки и работающую на растяжение. В последнем случае в опорах арки возникают только вертикальные реакции (рис. 2.4). Если профиль арки принять за направляющие и вытянуть ее в направлении перпендикулярном пролету, то получится конструкция пространственной формы, называемая ***цилиндрическим сводом***.

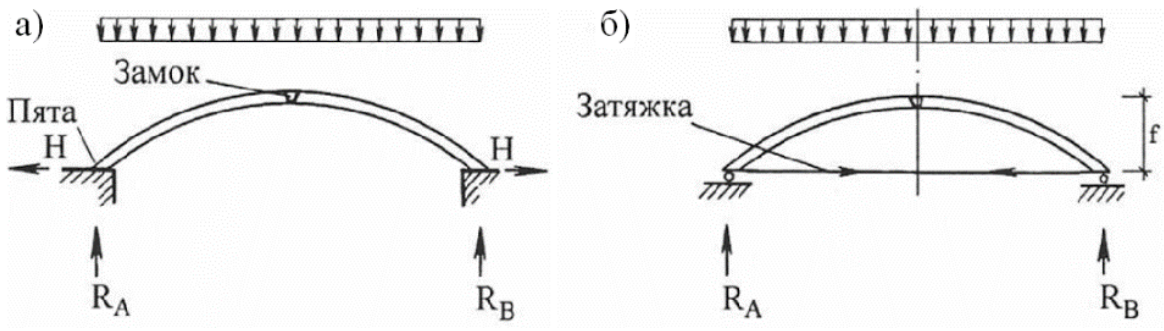


Рис. 2.4. Арки а) простая арка, б) арка с затяжкой; R_A и R_B – вертикальные реакции опор; H – распор; f – стрела подъема (высота) арки

Работу цилиндрического свода под действием равномерной распределенной по всей поверхности вертикальной нагрузки в теории упругости относят к виду напряженного состояния называемого плоской деформацией. Это значит, что если конструкции свода мысленно рассечь на ряд параллельных друг другу арок, то все они будут работать в своей плоскости, иметь идентичное напряженное состояние и не окажут существенного воздействия на смежные арки.

В архитектуре цилиндрический свод имеет много модификаций. Если пересечь два цилиндрических свода с одинаковой стрелой подъема, то получится ***крестовый свод*** (рис. 2.5, б), состоящий из четырех фрагментов цилиндрической поверхности (***распалубок***) и опирающийся на четыре опоры. Если скомпоновать конструкцию из четырех других фрагментов пересекающихся сводов (***лотков***) то получится ***сомкнутый свод*** (рис. 2.5, в), опирающийся по контуру. Если срезать вершину сомкнутого свода горизонтальной плоскостью то получится ***зеркальный свод*** (рис. 2.5, г), и т.д.

Все перечисленные модификации в отличие от цилиндрического свода являются пространственными конструкциями не только по геометрической форме, но и по характеру работы под нагрузкой. Основные типы цилиндрических сводов приведены на рисунке 2.6. На рисунке 2.7 приведен сборный железобетонный складчатый свод, перекрывающий пролет 30 м.

По сравнению с рамными конструкциями арочные покрытия имеют меньший вес, они более экономичны и позволяют перекрывать значительно

большие пролеты (до 100 м и более). Однако они и более деформативны, чем рамные, поэтому их целесообразно использовать в покрытиях, которые не испытывают больших динамических или горизонтальных нагрузок. Например, в зданиях выставочных павильонов, крытых рынках, спортивных стадионах и т.п.

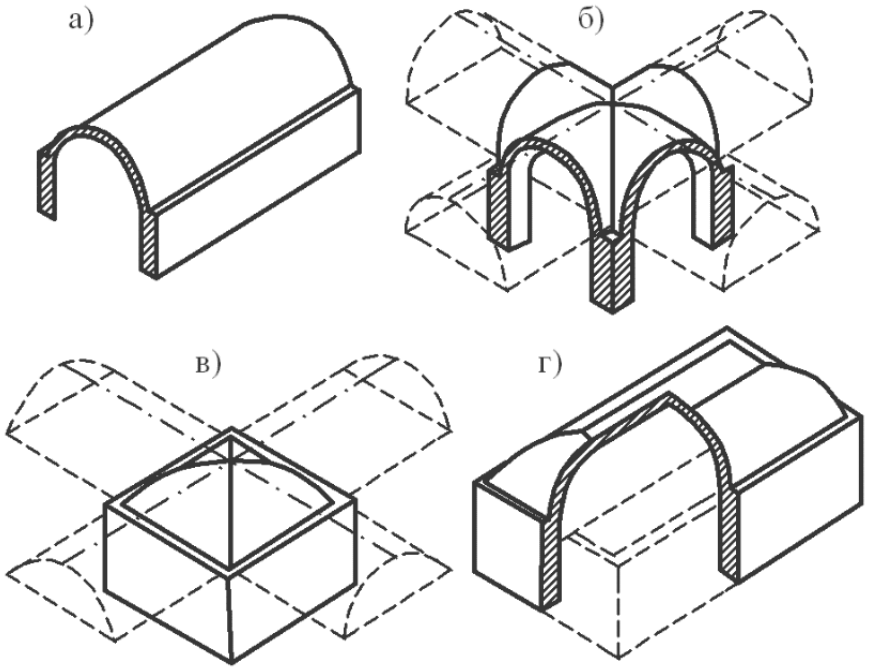


Рис. 2.5. Своды

а - цилиндрический, б – крестовый, в – сомкнутый, г – зеркальный;

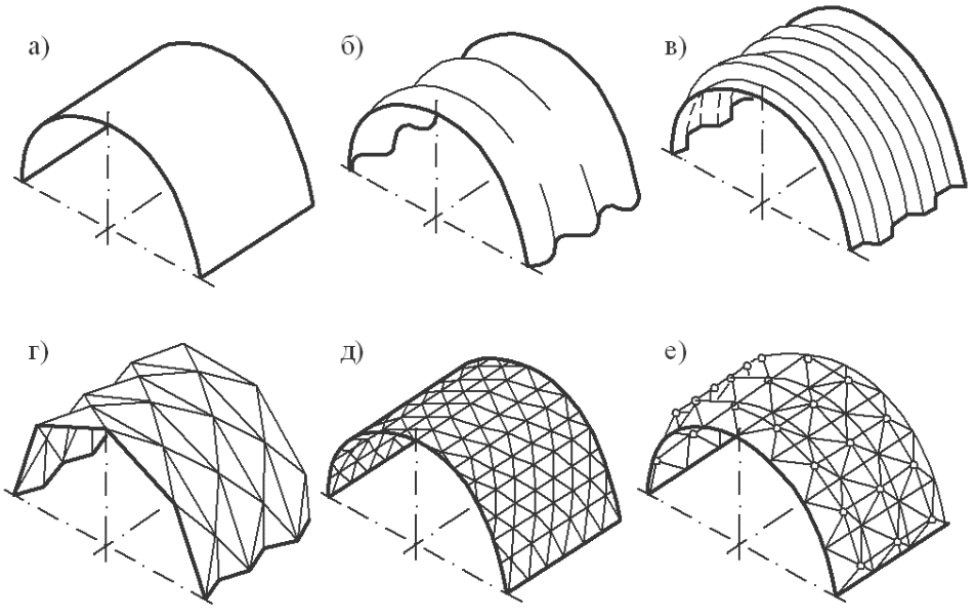


Рис. 2.6 Цилиндрические своды а) гладкий; б) волнистый; в) складчатый; г) двояко-складчатый; д) сетчатый; е) структурный

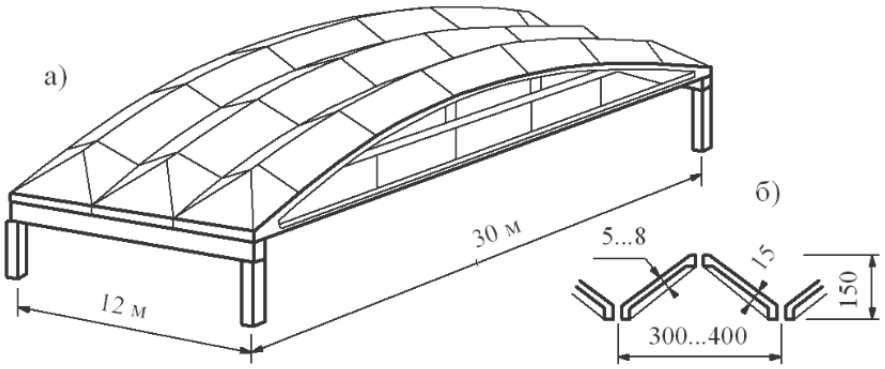


Рис. 2.7. Сборный железобетонный складчатый свод
а) общий вид; б) поперечное сечение складки

Примером большепролетного арочного покрытия может служить конструкция покрытия зала Дворца Спорта в Лужниках размером 144×78 м. Несущими конструкциями покрытия являются стальные решетчатые арки пролетом 78 м с затяжками, установленные с шагом 6 м (рис. 4.8).

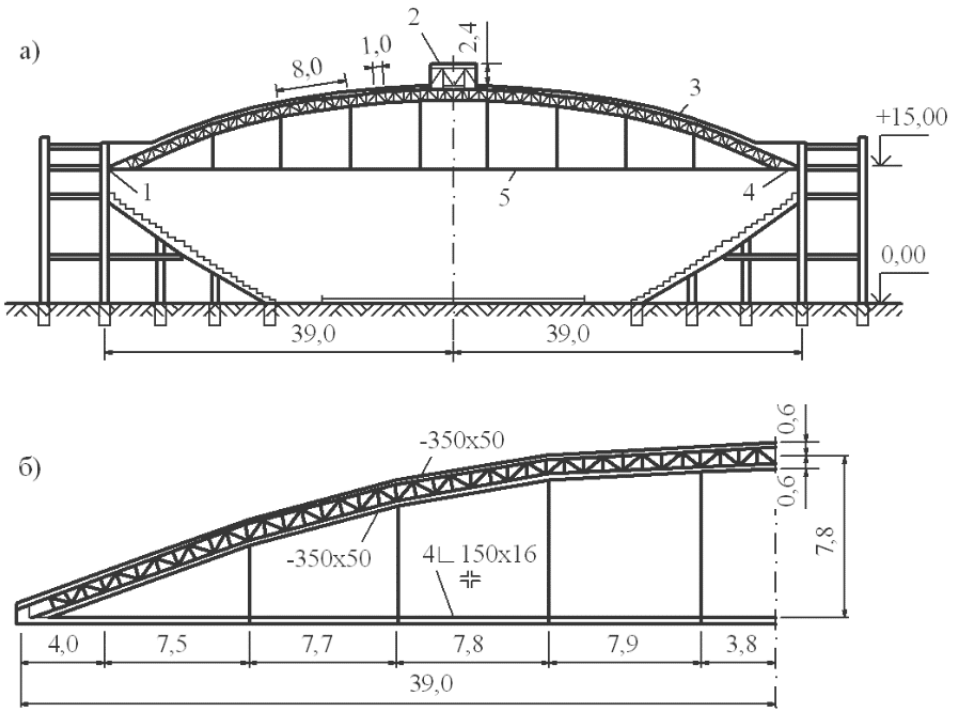


Рис. 2.8. Конструкция арочного покрытия стальными арками с затяжкой Дворца спорта в Лужниках а) поперечный разрез; б) полуарка; 1 – неподвижная опора; 2 – аэрационный фонарь, 3 – арка; 4 – подвижная опора; 5 – затяжка

Оболочки представляют собой тонкостенные жесткие конструкции с криволинейной поверхностью, работающие в основном на осевые усилия

(сжатие). Геометрические и статические свойства оболочек зависят от их кривизны. В общем случае оболочки имеют кривизну в двух направлениях, такие оболочки называют ***оболочками двоякой кривизны***. Характеристикой кривизны поверхностей является Гауссовая кривизна – величина определяемая выражением $K = 1/(R_1 R_2)$. Знак кривизны зависит от расположения центров радиусов кривизны R_1 и R_2 по отношению к поверхности. При расположении центров по одну сторону поверхности кривизна имеет положительное значение (рис. 2.9, а, б), по разные стороны – отрицательное (рис. 2.9, в).

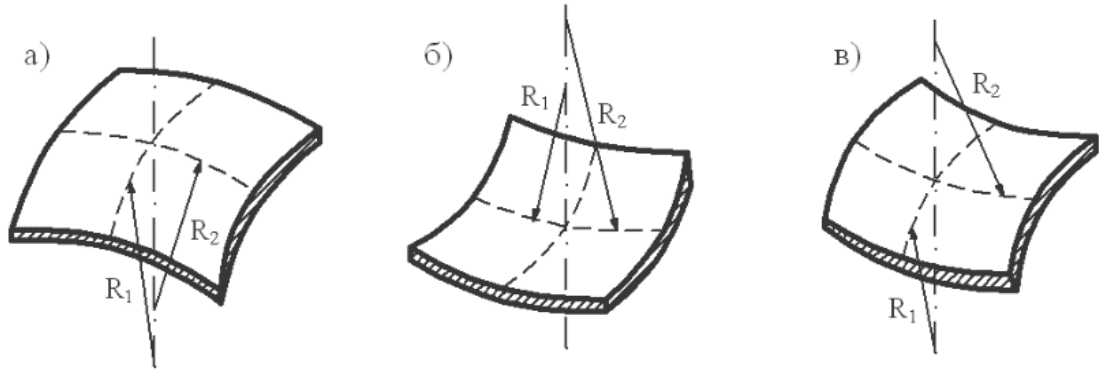


Рис. 4.9. Поверхности двоякой кривизныа), б) оболочки положительной Гауссовой кривизны; в) оболочки отрицательной Гауссовой кривизны

К поверхностям положительной Гауссовой кривизны относятся все купольные оболочки (сфероид или эллипсоид вращения), оболочки переноса, ***бочарные своды*** и т.п. Ярким примером поверхности отрицательной кривизны является ***гиперболический параболоид***, получаемый путем перемещения параболы с ветвями, направленными вверх, по параболе с ветвями, направленными вниз (рис. 2.10).

Если поверхность оболочки имеет кривизну только в одном из направлений (в другом кривизна нулевая), то ее называют ***поверхностью нулевой кривизны*** (цилиндрическая и коническая поверхности). Такие поверхности имеют прямолинейные образующие.

Оболочки являются пространственными конструкциями, как по форме, так и по характеру работы под нагрузкой. Варьируя формой можно значительно повышать их несущую способность и общую жесткость, не изменяя при этом

расхода материала. По сравнению с плоскостными конструкциями они являются более экономичными (рис. 2.11).

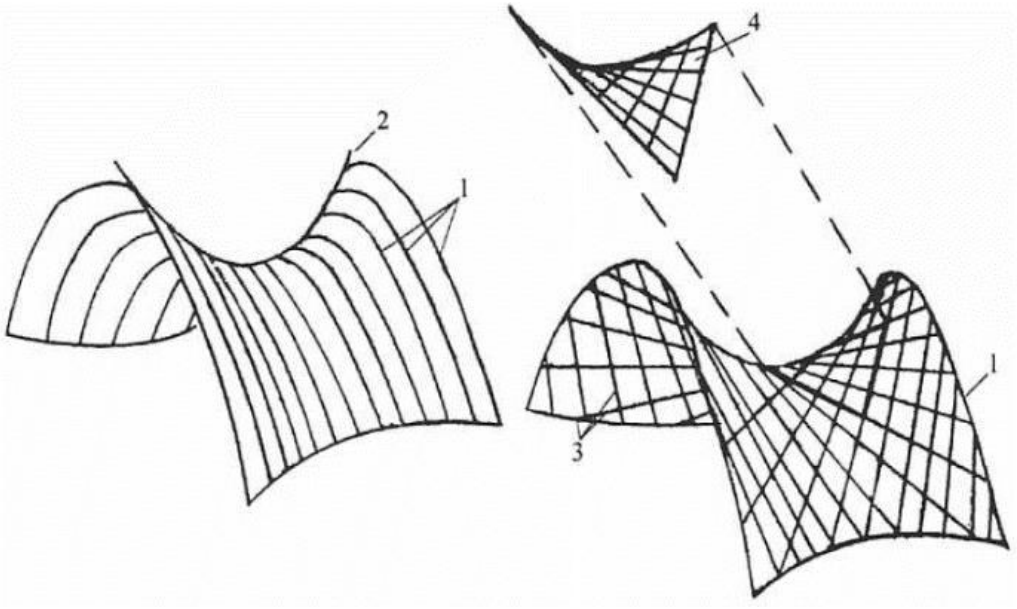


Рис. 2.10. Гиперболический параболоид: 1 – параболы с вершиной вверх; 2 – парабола с вершиной вниз; 3 – прямолинейные образующие; 4 – пространственный четырехугольник – гипар

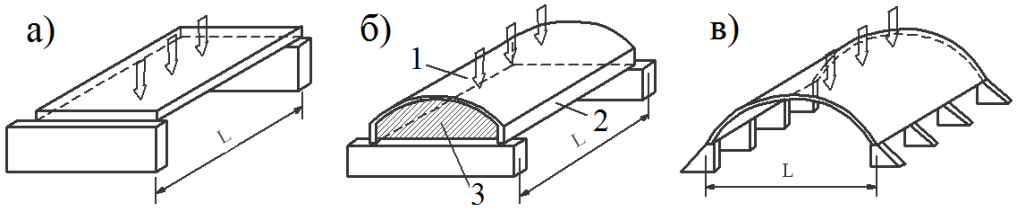


Рис. 4.11. Схемы конструкций а) плоская плита; б) цилиндрический свод–оболочка; в) цилиндрический свод; 1 – оболочка; 2 – бортовой элемент оболочки; 3 – диафрагма жесткости

Стабильность геометрической формы цилиндрической оболочки обеспечивается торцовыми диафрагмами жесткости. Статическая работа, геометрическая форма и размещение в пространстве цилиндрического свода-оболочки существенно отличаются от работы свода. Цилиндрический свод-оболочка – безраспорная конструкция, при большой длине работающая на поперечный изгиб как балка пространственной формы, для повышения ее жесткости целесообразна большая кривизна формы. Свод – распорная конструкция, работающая преимущественно на осевые усилия, поэтому кривая свода принимается пологой. Продольная ось длинного цилиндрического свода-

оболочки размещается параллельно перекрываемому пролету, а продольная ось – перпендикулярна ему.

Цилиндрические своды-оболочки делят на длинные и короткие. Если перекрываемый пролет больше, чем шаг между опорами, то свод-оболочка считается коротким, в противном случае – длинным (рис. 2.12).

Цилиндрические своды-оболочки обычно выполняют из сборного, монолитного и сборно-монолитного железобетона. Длинные железобетонные оболочки обычно перекрывают пролеты от 15 до 30 м, но известны случаи перекрытия пролетов до 36 м и даже до 50 м. При пролетах до 36 м высоту оболочки принимают от 1/10 до 1/15 пролета. Сборные железобетонные оболочки собирают из изогнутых по образующей панелей 3×6 м, 3×12 м размерами в плане 12×18 м, 12×24 м, 12×36 м.

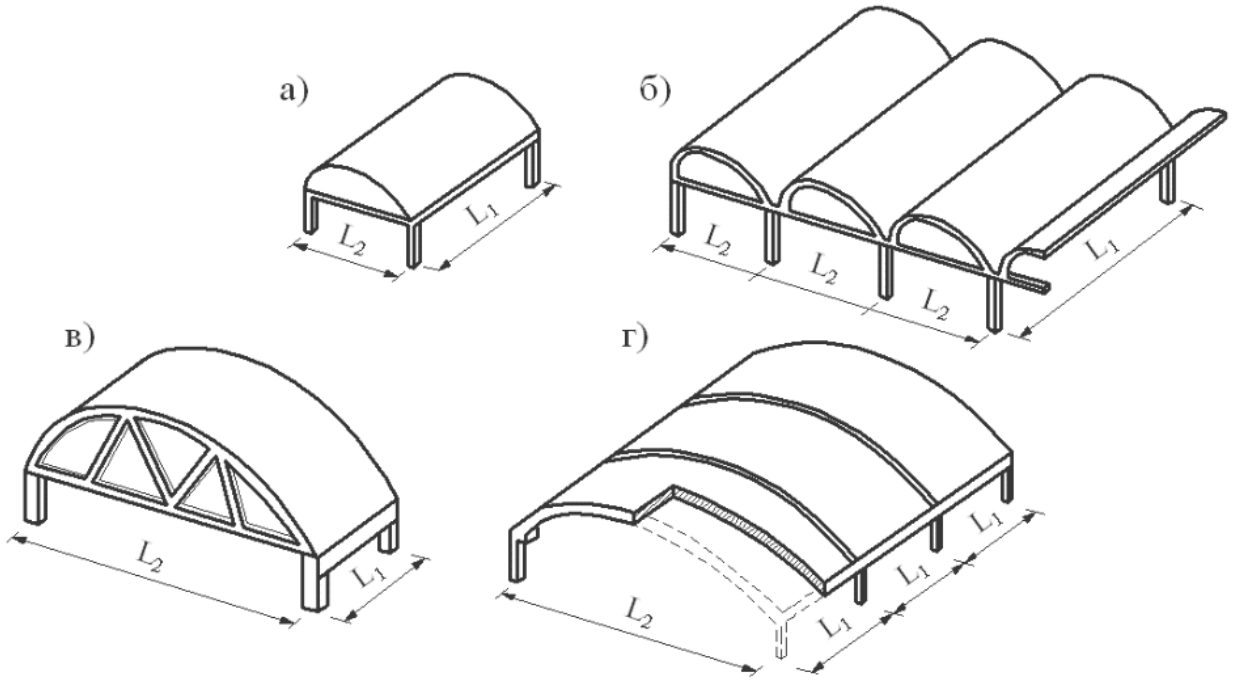
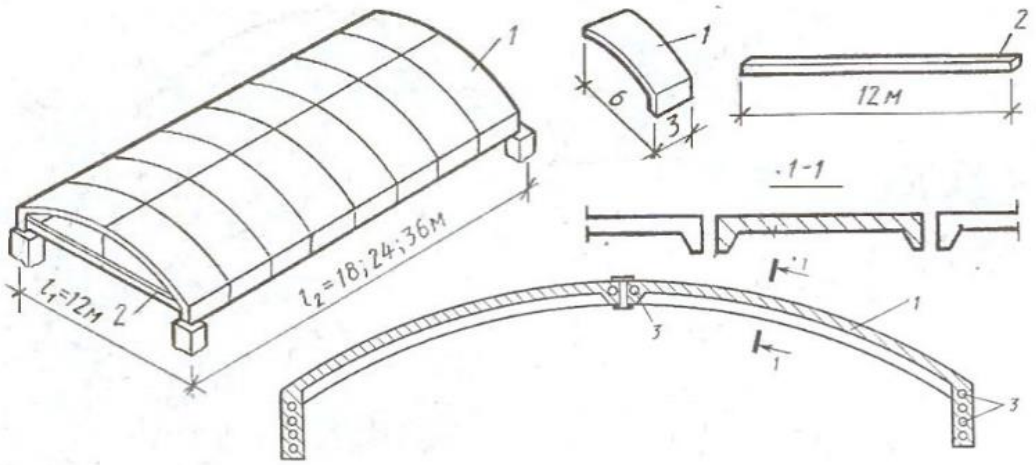


Рис. 4.12. Цилиндрические своды-оболочки а), б) длинная однопролетная и многоволновая; в), г) короткая одно- и многопролетная

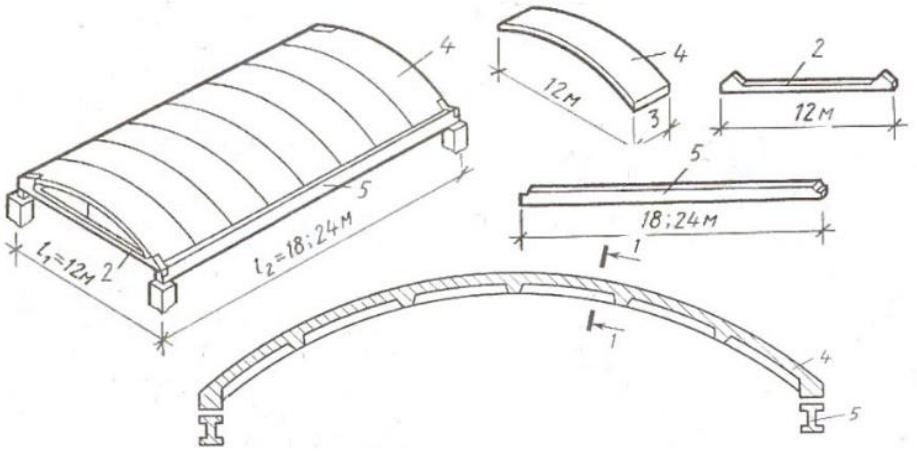
Сборные длинные оболочки бывают двух типов. Конструкции первого типа совмещают в себе оболочку и бортовой элемент, объединённые в одну систему напрягаемой арматурой, проходящей через каналы в бортовых элементах. Плиты

оболочек второго типа отделены от бортового элемента, который служит их временной опорой при монтаже (рис. 2.13).

а)



б)



в)

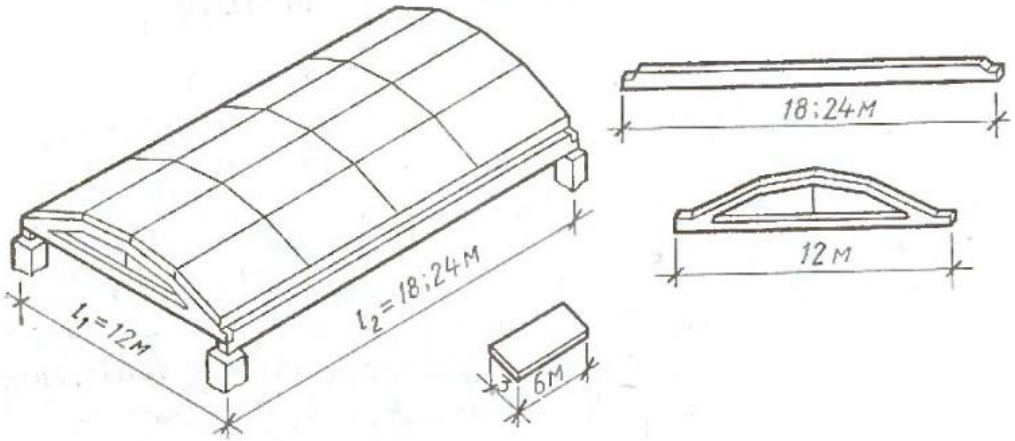


Рис. 4.13. Длинные сборные железобетонные своды-оболочки а) первого типа; б) второго типа; в) то же, складки; 1 – полупанели, совмещенные с бортовыми элементами; 2 – затяжка; 3 – пучки предварительно напряженной арматуры в каналах; 4 – панель; 5 – бортовой элемент

Короткими железобетонными оболочками часто перекрывают пролеты до 36 м, шириной от 6 до 12 м. Высоту оболочки принимают от 1/8 пролета и более. Такие оболочки используют для покрытия зданий с сеткой колонн 18×12 м, 24×12 м и 36×12 м. С помощью коротких железобетонных оболочек можно перекрывать и пролеты до 100 м. В сборных коротких оболочках свод образуют ребристые панели. Примером коротких оболочек могут служить широко распространенные своды-оболочки КЖС шириной 3 м и длиной на пролет 12 м, 18 м и 24 м с двумя ребрами-диафрагмами сегментного очертания (рис. 2.14).

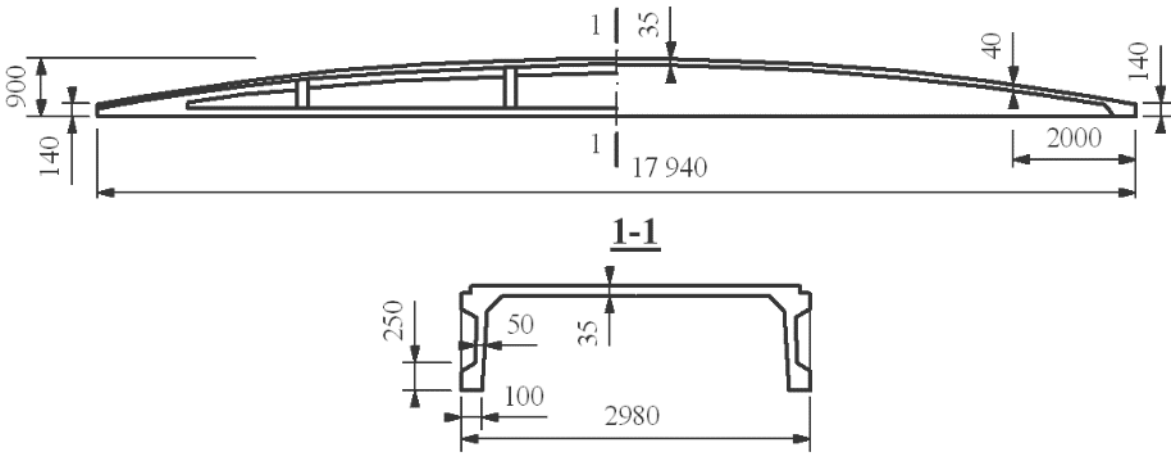


Рис. 2.14 Свод-оболочка КЖС пролетом 18 м

Цилиндрические и коноидальные своды-оболочки применяют обычно в многоволновых одно- и многопролетных сочетаниях. При этом применяют консольные и бесконсольные, параллельные и веерные оболочки совместно с разнообразными по форме жесткостными элементами (рис. 2.15).

Оболочки двоякой кривизны по расходу материала выгоднее, чем оболочки одинарной кривизны. В массовом строительстве широко распространены пологие оболочки положительной Гауссовой кривизны на прямоугольном плане. Если стрелы подъёма оболочки не превышают 1/10 по обеим сторонам в плане, то она считается пологой (рис. 2.16, а). На рисунке 2.16, б приведен пример сборной железобетонной оболочки 18×24 м. Контурными диафрагмами жесткости оболочки служат железобетонные арки. Она собрана из цилиндрических ребристых панелей 3×6 м.

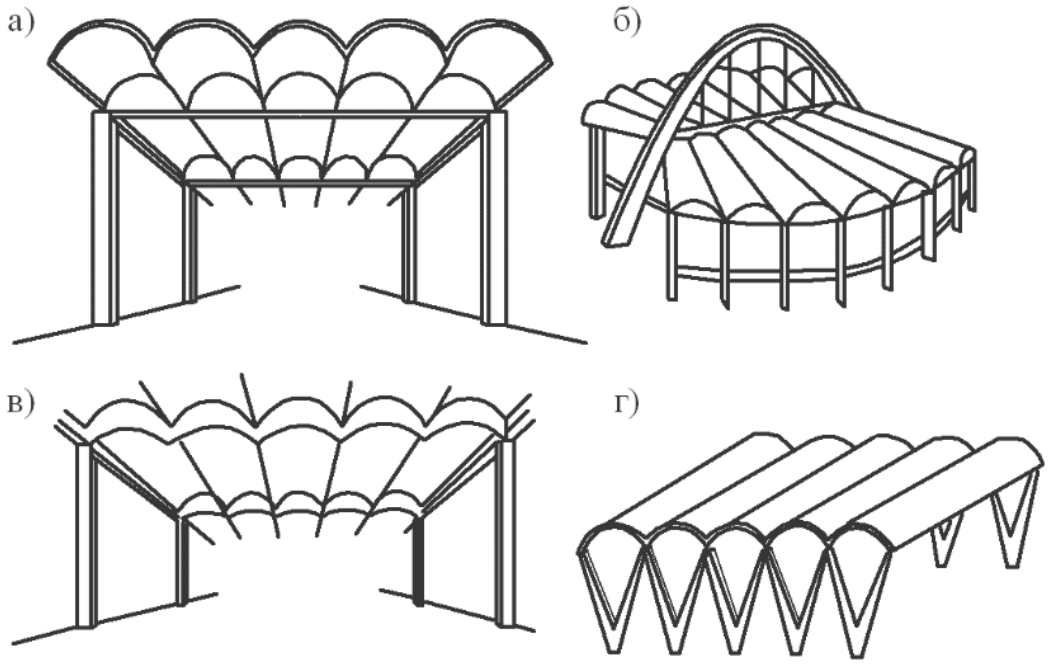


Рис. 2.15. Многоволновые оболочки а) консольные; б) веерные; в) с серповидными диафрагмами жесткости; г) на отдельных опорах

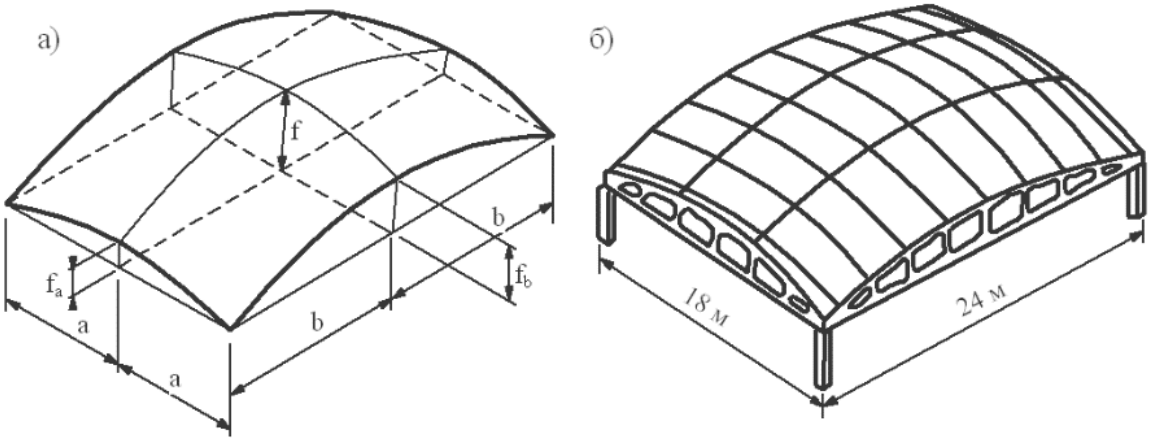


Рис. 2.16. Пологая оболочка положительной Гауссовой кривизны на прямоугольном плане а) основные размеры; б) железобетонная оболочка

Из оболочек отрицательной кривизны наибольшее применение получили гиперболические параболоиды (***гипары***) благодаря их яркой выразительности. Это очень эффективные конструкции для покрытий больших пролетов (до 70 м и более), они обладают большой жесткостью и несущей способностью. Они дают возможность создать достаточно тонкую оболочку и получить большую экономию материала по сравнению с другими оболочками того же пролета. Форма гипаров в плане может быть квадратной, прямоугольной, овальной и др.

Гипары могут быть одно- и многопролетными. В строительстве используют как одиночные гипары так и их различные сочетания (рис. 2.17). На рис. 2.18 изображено железобетонное покрытие промышленного здания, выполненное из гипаров.

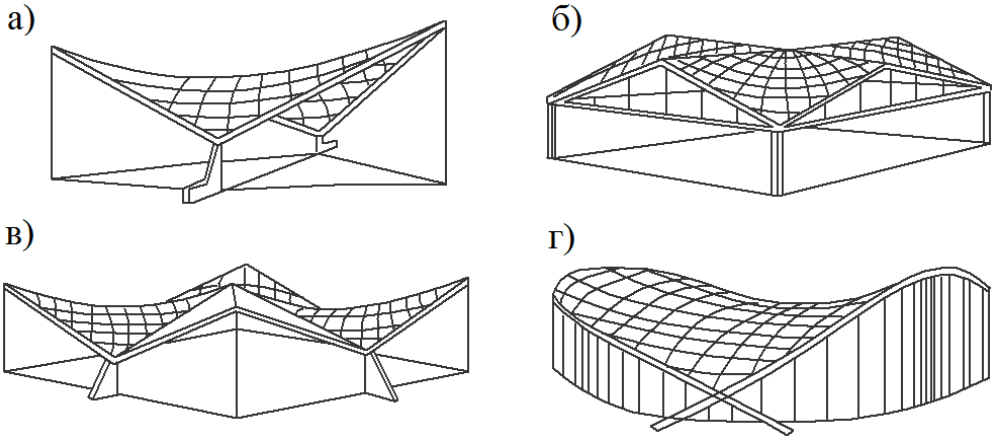


Рис. 2.17. Гипары а) одиночный; б),в) комбинация одиночных гипаров; г) седловидное покрытие

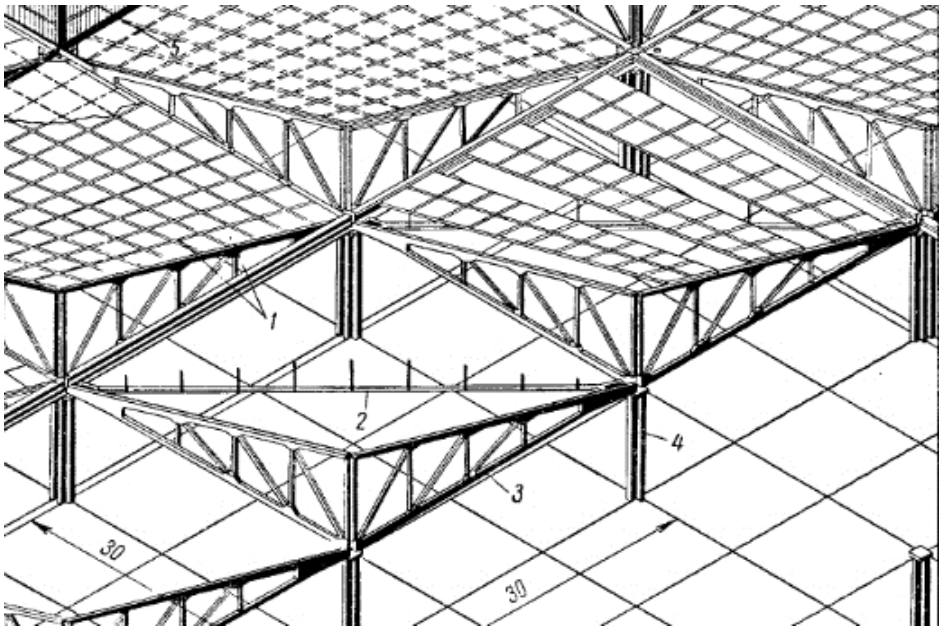


Рис. 2.18. Железобетонное покрытие промышленного здания из гипаров 1 – плиты; 2 – затяжка; 3 – ферма; 4 – колонна; 5 – остекление

Металлические гипары проектируют сетчатыми, они могут быть однопоясными (однослойными) и двухпоясными (двухслойными). Однопоясными гипарами перекрывают пролет до 60 м из-за возможной потери

общей устойчивости, при больших пролетах используют двухпоясные гипары. Деревянные гипары при пролетах до 12 м делают из двух слоев досок 20…25 мм, при больших – из трех и более слоев.

Купола. Для перекрытия круглых в плане помещений применяют гладкие, ребристые, складчатые или волнистые ***своды*** и ***купола*** (рис. 2.19). Волнистые своды и купола представляют собой варианты оболочек, гладкая поверхность которых заменена волнистой. Применение волнистой поверхности позволяет предусматривать устройство светопрозрачных включений (окон) по боковой поверхности волн или в их торцах (рис. 2.20). На рисунках 2.21 и 2.22 приведены примеры исполнения куполов из железобетона и металла соответственно.

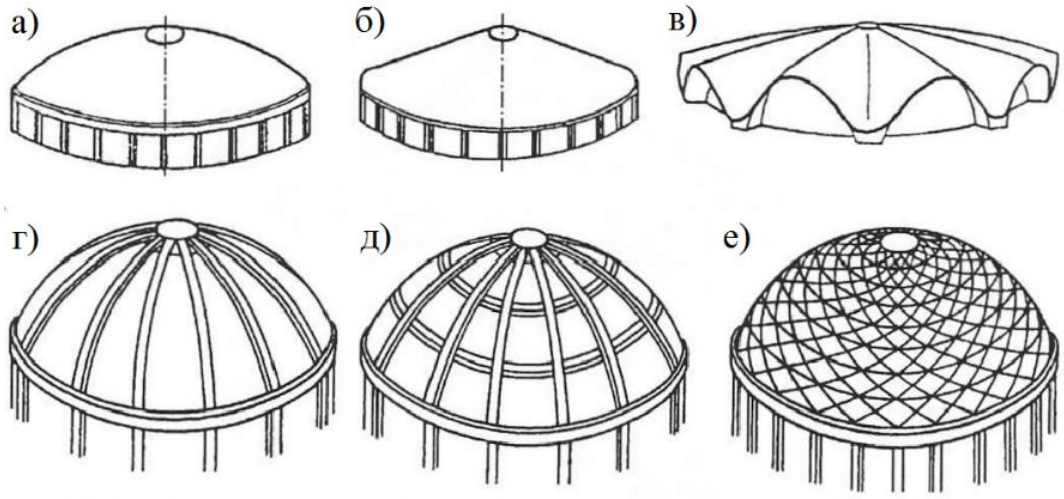
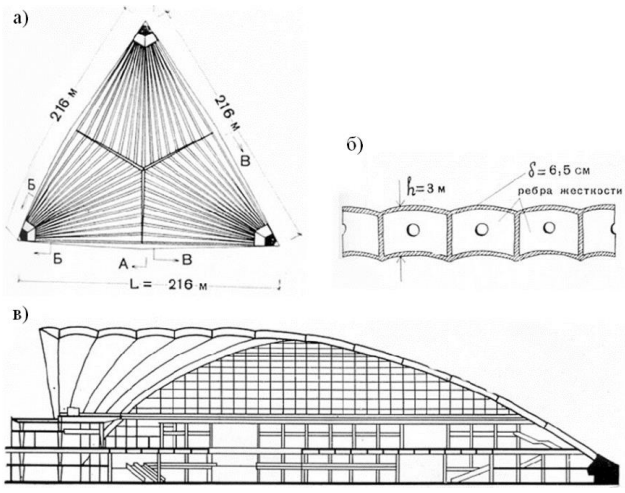
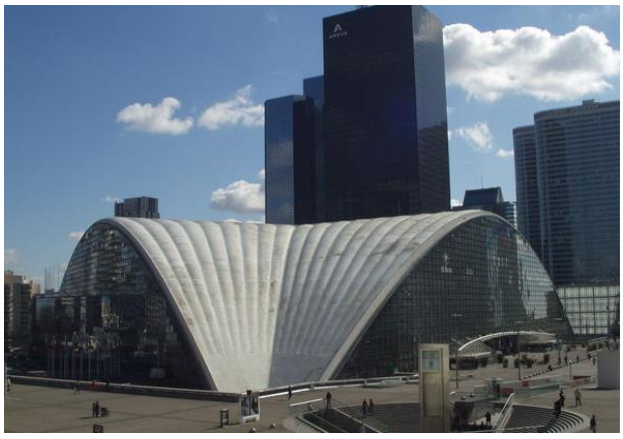


Рис. 2.19. Купола: а), б) тонкостенные гладкие; в) волнистый; г) ребристый; д) ребристо-кольцевой, е) сетчатый





г)

Рис. 2.20. Национальный центр промышленности и техники в Париже а) план оболочки; б) фрагмент оболочки свода; в) разрез; г) общий вид

а)

б)

Рис. 2.21. Гладкий железобетонный купол нновосибирского академического театра оперы и балета а) общий вид; б) разрез

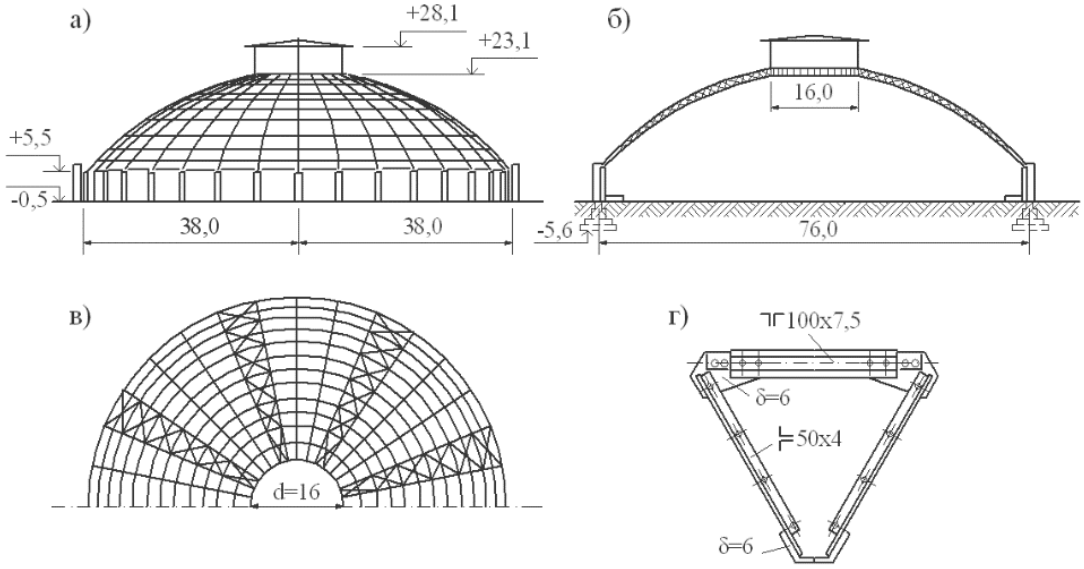


Рис. 2.22. Металлический ребристо-кольцевой купол: а) вид спереди; б) разрез; в) вид сверху; г) сечение ребра

Складки. Наиболее простые пространственные конструкции – это складки. Они представляют собой пространственные балки, составленные под углом из отдельных плоских элементов (складок) и диафрагм жесткости. Складки могут быть одно- и многоволновыми, одно- и многопролетными. Складки используют в арочных и шатровых покрытиях для помещений с прямоугольным, трапециевидным, многоугольным или криволинейным планом.

Геометрические формы складчатых конструкций различны, отдельные складки могут иметь треугольное и трапециевидное сечение (рис. 2.23) и иметь друг с другом параллельные, веерные или встречные сочетания (рис. 2.24).

Толщина плоского элемента складки должна быть не менее 1/200 пролета, высота – не менее 1/20, а ширина грани – не менее 1/5 пролета. Складки применяются в покрытиях пролетом до 40 м и в высоких стенах, когда необходимо повысить их жесткость.

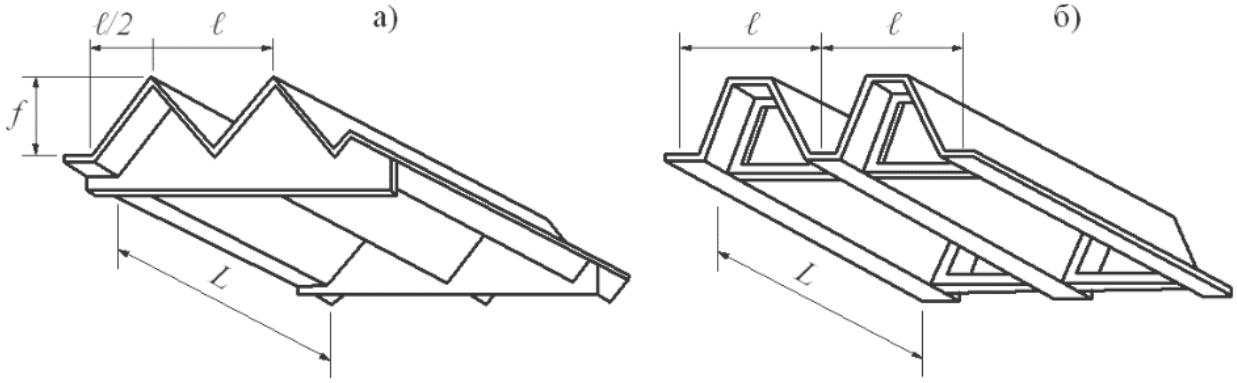


Рис. 4.23. Сечения складок: а) треугольное; б) трапециевидное

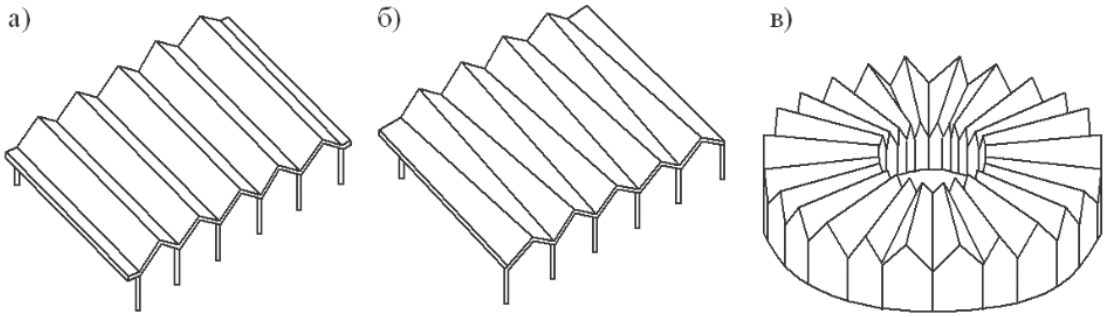


Рис. 4.24. Основные сочетания складок: а) параллельные; б) встречные; в) веерные

Как и цилиндрические своды-оболочки, складки имеют аналогичную схему статической работы под нагрузкой. Поэтому получило распространение сочетание складчатых стен и покрытий с жесткими сопряжениями между ними в виде пространственной рамной конструкции (рис. 2.25).

Конструкции покрытий из многоволновых складок и оболочек обычно осуществляются в монолитном или сборном железобетоне. В последнем случае сборные элементы покрытия представляют собой предварительно напряженный одноволновой или односкладчатый элемент. Толщина монолитных плит-граней 4…6 см, сборных – до 3 см. Тонкие стенки плит при необходимости подкрепляют ребрами. Значительно реже конструкции складок и оболочек выполняют металлическими или деревянными.

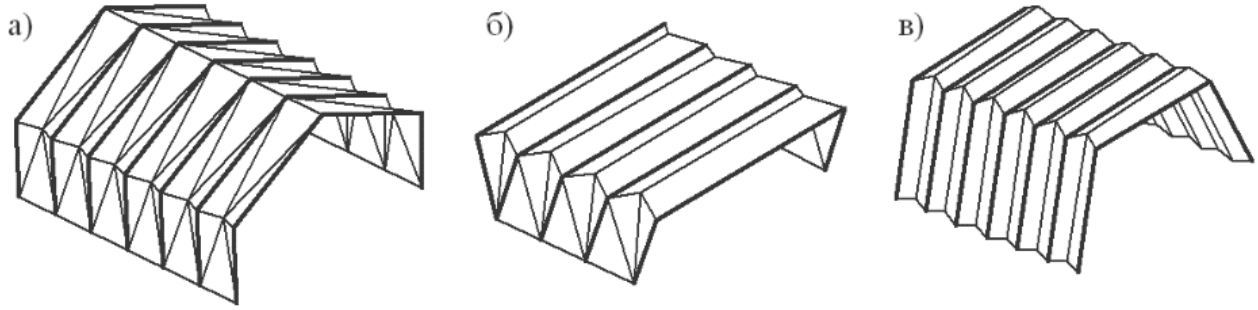


Рис. 4.25. Пространственная рамная конструкция из складок

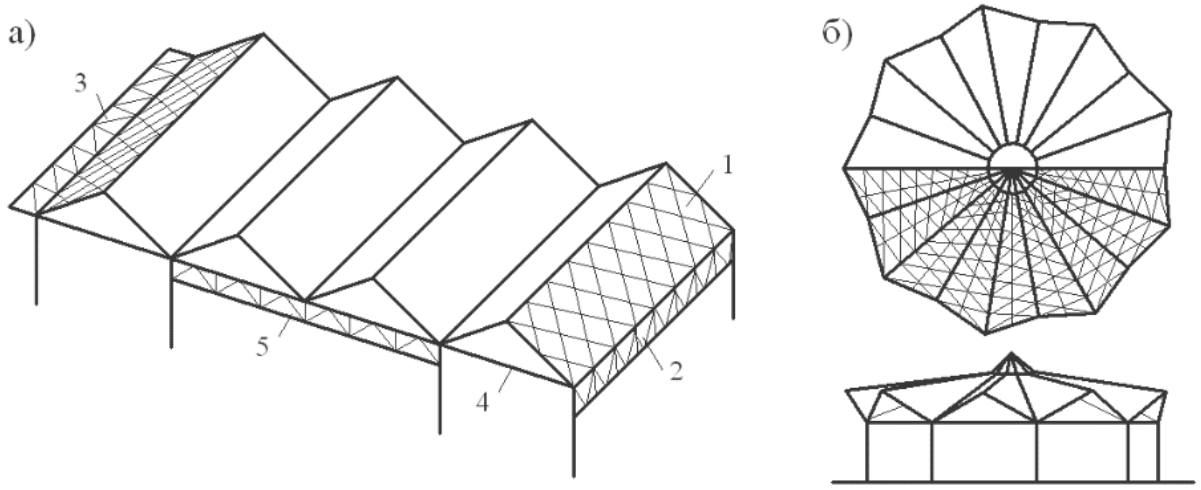
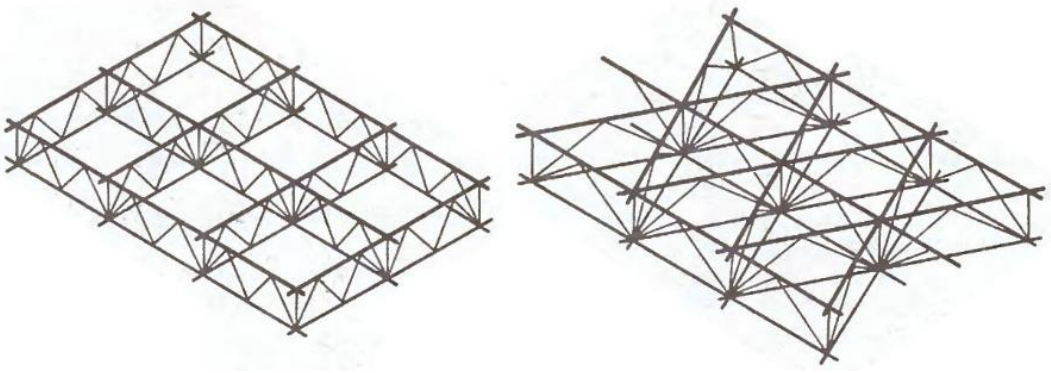


Рис. 2.26. Сетчатые металлические складки: а) на прямоугольном плане; б) на круглом плане;
1 – сетчатая грань, 2 – вертикальный бортовой элемент,
3 – горизонтальный бортовой элемент, 4 – затяжки в крайних пролетах,
5 – подстропильная ферма

Складки из металла делают решетчатыми, они представляют собой пространственные стержневые конструкции, составленные из плоских ферм, расположенных под углом друг к другу. Пояса смежных ферм объединяют. Решетка каждой грани складки подобна решетке плоской фермы с параллельными поясами (рис. 2.26).

Перекрестные системы представляю собой пространственную конструкцию перекрытия, образованного перекрестно расположенными и связанными между собой элементами. Если это балки или фермы, то их называют ***перекрестно-ребристыми***. Благодаря пространственной работе элементов они обладают значительно большей жесткостью, чем отдельно взятые балки и фермы. Их высота при этом значительно уменьшается, для балок до 0,7…0,8, для ферм до 0,6…0,7. Пересекают их обычно под углом 90° или 60°, образуя ортогональную или треугольную сетку (рис. 2.27).

а)



б)

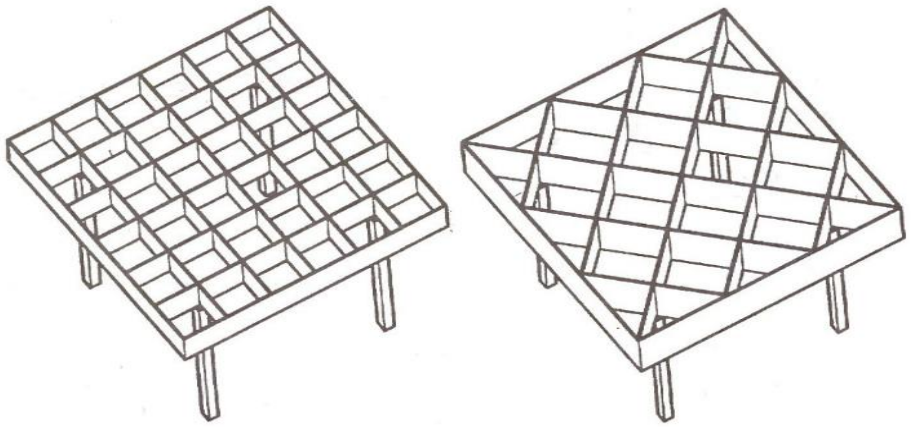


Рис. 4.27. Перекрестно-ребристые перекрытия: а) из ферм; б) из балок

Наибольший эффект их пространственной работы проявляется для перекрытия квадратных, круглых и многоугольных в плане помещений, близких к правильным фигурам. Для разгрузки основных пролетов, как правило, предусматривают консольные свесы вылетом 1/4…1/5 основного пролета.

Перекрестно-ребристые системы выполняют из металла, дерева и железобетона. Металлические перекрестные балки имеют двутавровое сечение высотой от 1/24 до 1/30 пролета, фермы проектируют, как правило, с параллельными поясами, высотой от 1/14 до 1/18 пролета. Деревянные перекрестные балки выполняют в виде пакетов склеенных досок высотой от 1/16 до 1/20 пролета, ими перекрывают пролеты от 12 до 36 м.

Железобетонные перекрестные балки проектируют обычно вместе с плитами в монолитном, сборном и сборно-монолитном исполнении. Перекрестные балки высотой до 1,5 м делают сплошностенчатыми с постоянной толщиной стенки 20…30 см, а при высоте более 1,5 м – двутавровыми со стенкой 10…15 см и развитыми полками. Перекрестные фермы собирают из плоских ферм или решетчатых пирамид, в которых совмещены элементы нижних поясов и раскосов треугольной решетки и квадратных ребристых плит, выполняющих роль верхнего пояса. Высота ферм составляет от 1/15 до 1/20 пролета. Такие системы способны перекрывать помещения до 50×50 м.

Сборные перекрытия выполняют из железобетонных тонкостенных коробчатых элементов (***кессонов***) с размерами в плане от 1 до 3 м и высотой от 1/20 до 1/30 пролета. Сборные кессонные конструкции способны перекрывать пролеты 60 м (рис. 2.28).

Пространственную перекрестно-стержневую конструкцию, в которой все стержни сходятся в узлах и расположены строго в определенном порядке, называют структурой. Она собирается из множества одинаковых многогранников в форме тетраэдра, куба или пирамиды. Если собрать эти многогранники в одной плоскости, то получится структурная плита, состоящая из двух плоских сеток и пространственной решетки между ними (рис. 2.29).

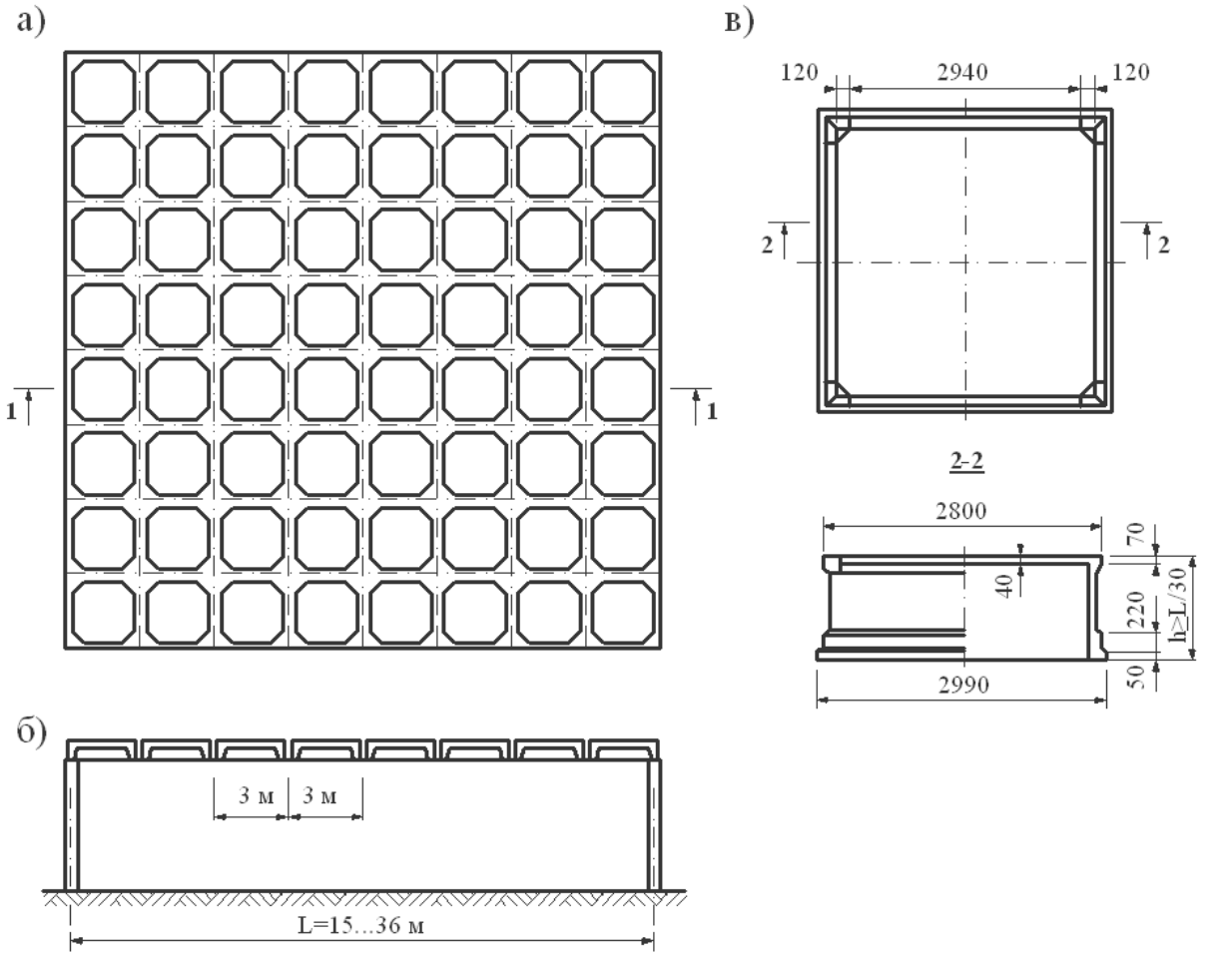


Рис. 2.28. Железобетонное сборно-монолитное кессонное перекрытие

а – план; б – разрез; в - кессон

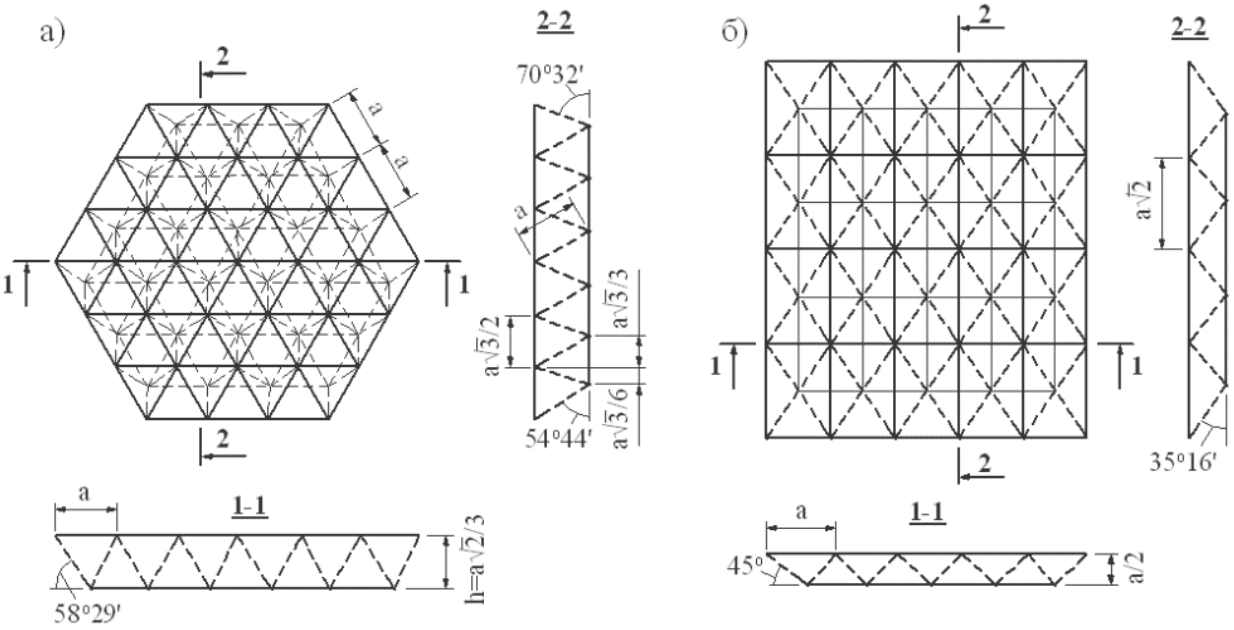


Рис. 2.29. Геометрические схемы структурных покрытий: а) треугольная; б) ортогональная

Сетки с одинаковым строением по всей площади называют регулярными, в противном случае – нерегулярными. Ячейки сжатой сетки рационально делать более крупными, чем растянутой из-за возможной потери устойчивости. Структуры выполняют главным образом из металла: из труб или прокатных профилей. Они могут быть как однослойными, так и многослойными.

Структурные плиты получили широкое распространение в качестве покрытий пролетами от 18 м до 100 м и более. Высота структурной плиты принимается от 1/15 до 1/25 пролета. Опирают их на колонны (рис. 2.30).

Структурные покрытия из древесины, пластмасс, железобетона и армоцемента выполняют из сплошностенчатых пирамид, как правило, четырехгранных, вершинами вверх или вниз (рис. 2.31).

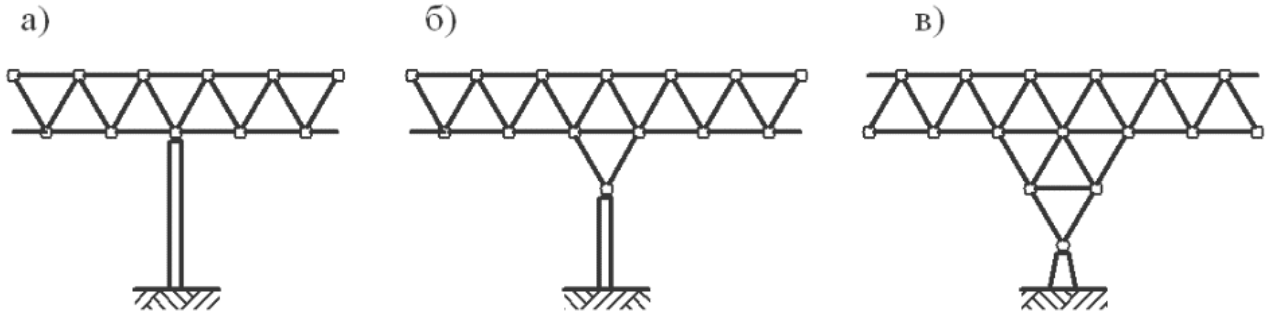


Рис. 2.30. Варианты опирания структурной плиты: а) без капители; б) с капителью; в) со сложной капителью

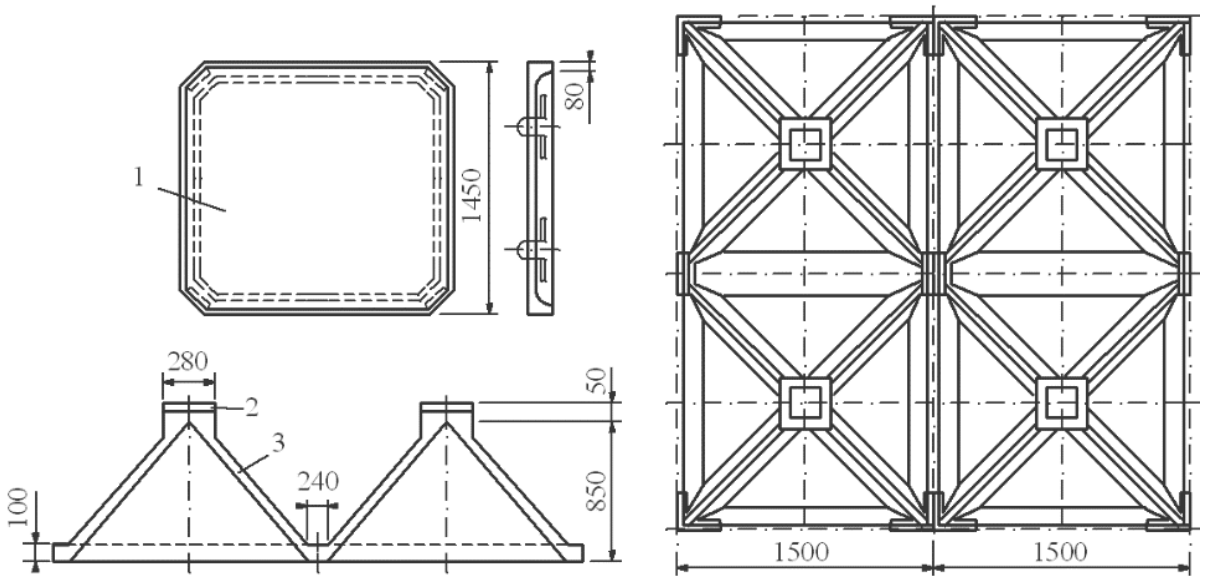


Рис. 2.31. Фрагмент структурного покрытия из армоцементных пирамид 1 – верхняя плита; 2 – блок из четырех пирамид

Висячие конструкции. Висячими называют такие конструкции, в которых основные несущие элементы работают на растяжение. По характеру работы под нагрузкой растянутые элементы разделяют на ***гибкие нити*** и ***ванты***. Гибкие нити несут поперечную нагрузку. Они не имеют собственной формы и поэтому под нагрузкой принимают единственно возможное очертание (рис. 2.32). Их выполняют в виде стальных канатов.

Ванты поперечной нагрузки не несут. Они растянуты только продольными силами, поэтому всегда прямолинейны. Конструкции с их применением называют ***вантовыми*** или ***подвесными***. Вантами поддерживают конструкции второго порядка (балки, арки и т.п.), которые непосредственно и воспринимают основную нагрузку.

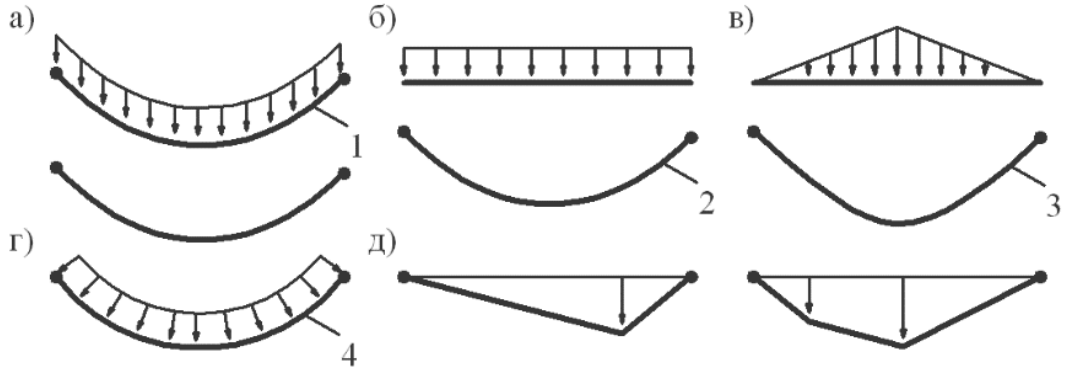


Рис. 4.32. Очертания гибкой нити под нагрузкой

а) собственный вес; б) вертикальная равномерно распределенная; в) в виде равнобедренного треугольника; г) равномерно распределённая; д) сосредоточенные силы

1 – гибкая нить; 2 – квадратная парабола; 3 – кубическая парабола; 4 – окружность

Одной из разновидностей гибких нитей является ***струна***. Она представляет собой сильно натянутую на упоры стальную нить, которая работает на поперечную нагрузку и провисает по мере своих упругих удлинений. Струнные системы применяют для перекрытия сравнительно небольших пролетов от 20 до 40 м при параллельном, радиальном и перекрестном расположении струн.

Особенностями висячих конструкций является наличие значительных сил натяжения (усилий обратных распору) и кинематическая подвижность

(неустойчивость) формы. Для восприятия сил натяжения устраивают стойки с оттяжками, контрфорсы, пилоны, а также применяют и другие инженерные решения (рис. 2.33).

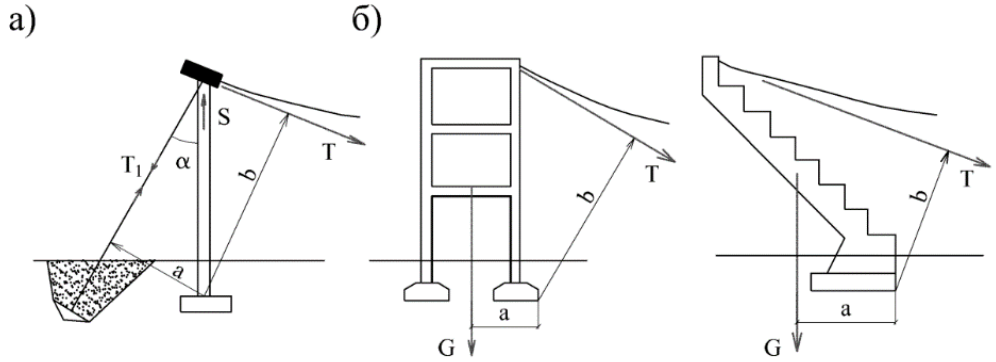


Рис. 2.33. Способы восприятия сил натяжения
а) с помощью стоек и оттяжек; б) с помощью примыкающих сооружений

Кинематическая подвижность проявляется в том, что временная нагрузка, как правило, это ветровая и снеговая нагрузки, вызывают временное нежелательное изменение первоначальной конфигурации нитей. Поэтому для их стабилизации используют различные способы (рис. 2.34).

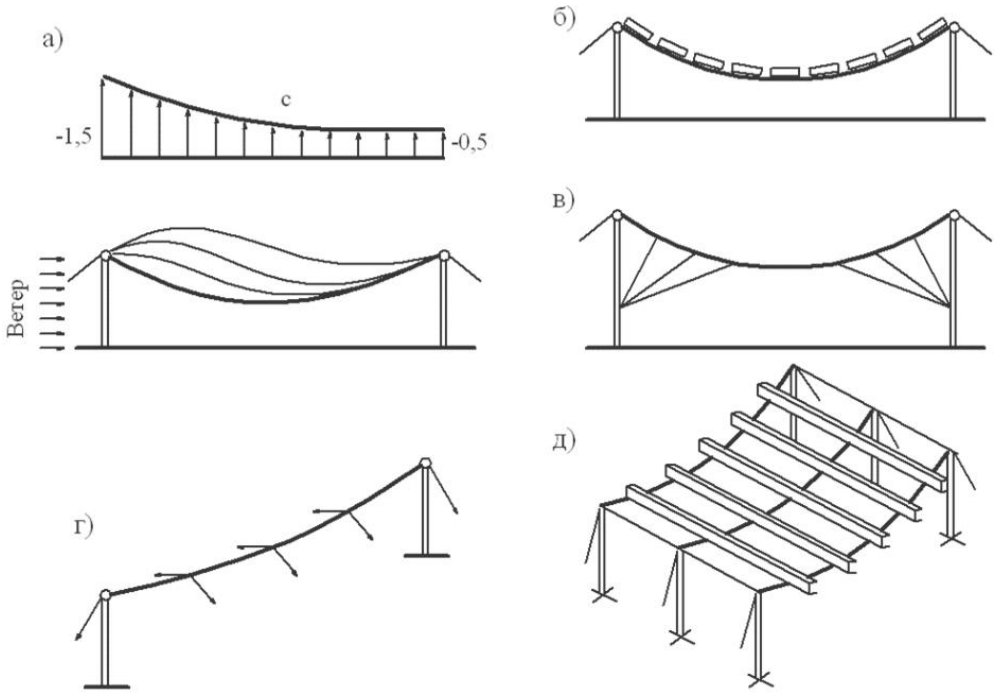


Рис. 2.34. Способы стабилизации гибкой нити
а) эпюра отрицательного давления (отсоса ветра) и возможные формы перемещений несущего каната; б) пригрузка тяжелыми кровельными панелями; в) постановка оттяжек в плоскости несущего каната; г) постановка поперечных оттяжек; д) укладка поперечных балок для противодействия «клавишному» эффекту

Различают одно- и двухпоясные висячие конструкции покрытия. Однопоясные представляют собой ряд параллельно или радиально расположенных канатов с шагом 1,5…3 м и ***стрелой*** (высотой) подвеса от 1/10 до 1/20 пролета. Канаты крепят к бортовым элементам (обвязкам), поддерживаемым колоннами; это могут быть балки, арки или тросы-подбора (рис. 2.35).

Эффективным способом стабилизации однопоясного висячего покрытия является предварительное натяжение тросов путем укладки по ним сборных железобетонных плит с пригрузкой и замоноличиванием швов. Снижение подвижности возможно и при повышении изгибной жесткости нити, путем использования длинных стержней с очертанием в форме веревочной кривой от постоянной нагрузки. В этом случае жесткая нить так же испытывает преимущественно растягивающие усилия, но обладая некоторой изгибной жесткостью, еще сопротивляется изменению своей формы под действием временных нагрузок. Их выполняют сплошностенчатыми из прокатных профилей или сквозными в виде ферм.

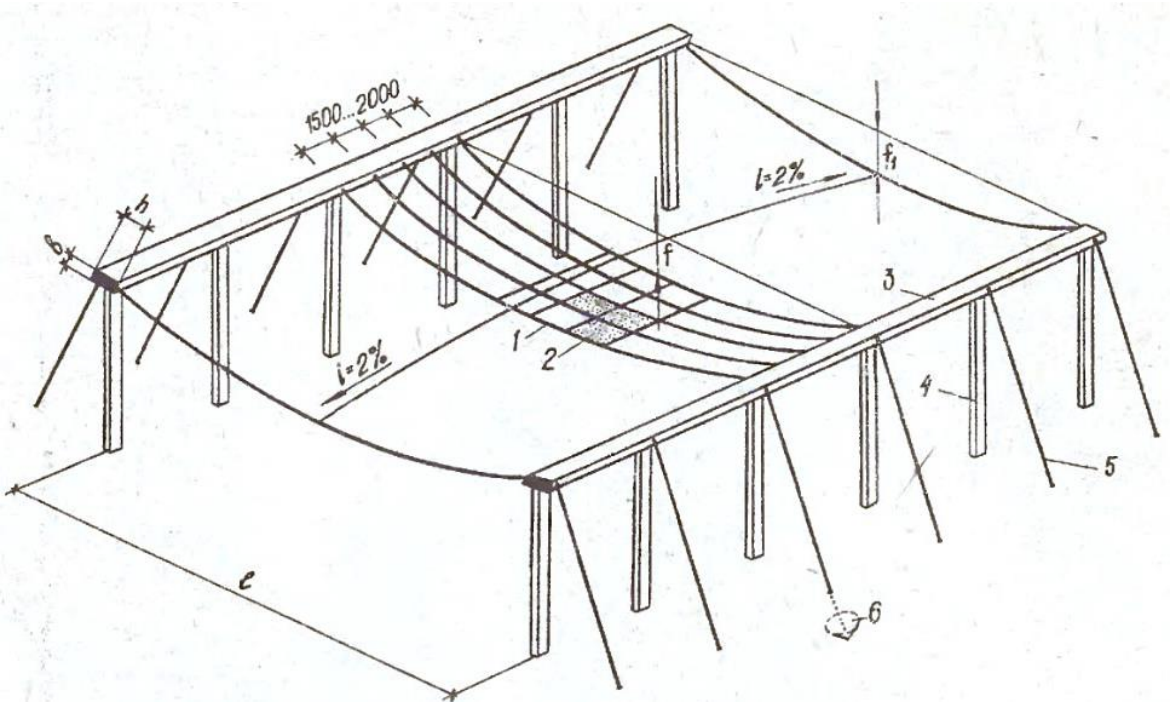


Рис. 2.35. Однопоясное висячее покрытие с параллельно расположенными канатами

1 – канаты; 2 – кровельные панели; 3 – бортовой элемент;

4 – колонны; 5 – оттяжки; 6 – анкерный диск

В двухпоясных висячих покрытиях основным несущим элементом является тросовая ферма. Провисающий пояс является несущим, другой стабилизирующим. Разнозначная кривизна поясов позволяет таким фермам сопротивляться нагрузкам направленным как вниз, так и вверх (например, отсос ветра). При нагрузках, направленных вниз, работает несущий канат, а при нагрузках вверх – стабилизирующий канат (рис. 4.36).

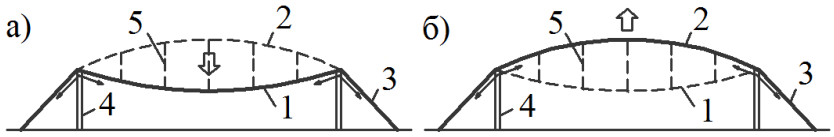


Рис. 4.36. Работа двухпоясных висячих конструкций а) при нагрузках вниз; б) при нагрузках вверх; 1 - несущий канат; 2 - стабилизирующий канат; 3 – оттяжки; 4 – стойки; 5 – распорки (стяжки)

Существует два типа тросовых ферм. Первый, когда несущий и стабилизирующий канаты соединены стойками-распорками или стяжками, второй, когда соединены раскосами с треугольной решеткой. Взаимное расположение канатов может быть двояковыпуклым, двояковогнутым и комбинированным выпукло-вогнутым. Как правило, если канаты двояковыпуклые, то их соединяют стойками-распорками, если двояковогнутые – то, как стойками-распорками, так и раскосами с треугольной решеткой (рис. 2.37).

Тросовые фермы способны перекрывать пролеты более 100 м, но даже при пролетах 18…24 м они успешно конкурируют с обычными стропильными фермами. Особенно в многопролетных покрытиях, где их распоры в смежных пролетах взаимно погашаются. Шаг тросовых ферм принимают от 3 до 6 м. Кровельные панели обычно выполняют из профилированного настила или оцинкованных стальных листов.

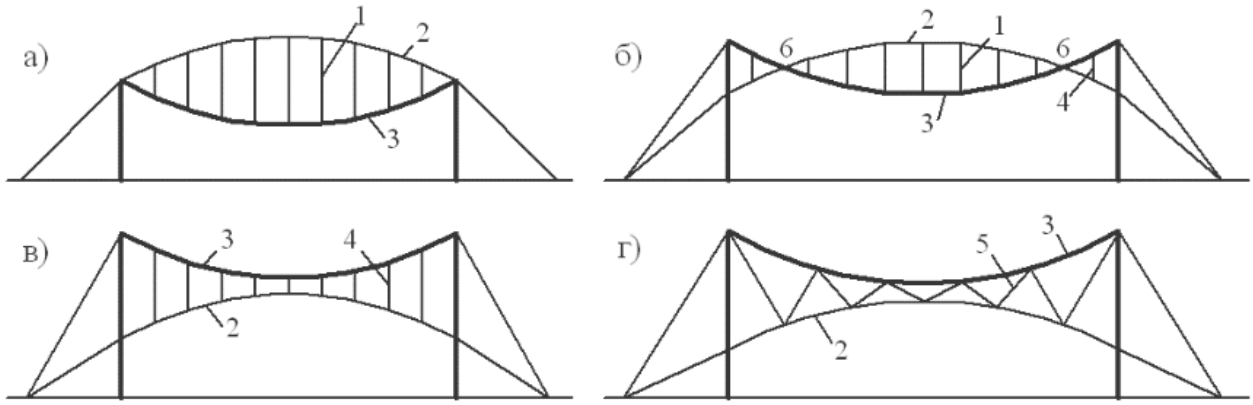


Рис. 2.37. Тросовые фермы

а) двояковыпуклая; б) двояковогнутая со стойками-распорками; в) выпукло-вогнутая; г) двояковогнутая с треугольной решеткой; 1 – стойки-распорки; 2 - стабилизирующий канат; 3 – несущий канат 4 – стяжки; 5 – раскосы; 6 – ендова

В качестве поясов используют стальные канаты, сжатые стойки-распорки делают из труб, а растянутые стяжки из канатов или арматурной стали. Величина стрелы подвеса каната колеблется в широких пределах от 1/25 до 1/10 пролета, при этом у несущего каната она немного больше чем у стабилизирующего. Шаг стоек-распорок и стяжек зависит от ширины кровельных панелей, пролета и высоты фермы, обычно это 2,5…5 м.

Двухпоясные висячие конструкции эффективны для зданий с круглым или близким к нему планом. Поскольку в этом случае силы натяжения уравновешены и полностью воспринимаются опорным кольцом, работающим преимущественно на сжатие. Наиболее простая двухпоясная висячая конструкция известна под названием «велосипедное колесо». Она имеет центральный барабан большой высоты около 1/10 диаметра, к нижнему концу которого крепят несущие канаты, а к верхнему – стабилизирующие. С ее помощью перекрыт зал дворца спорта Юбилейный в Санкт-Петербурге (рис. 2.38).

Диаметр зала 93 м, общая высота 22 м. Ферма состоит из тросов диаметром 63 мм, пояса пересекаются вблизи опор, высота фермы 5,5 м. Центральное растянутое кольцо выполнено диаметром 12 м. Опорное железобетонное кольцо

имеет сечение 2800×620 мм. Шаг стоек-распорок – 3 м. Кровля выполнена в виде коробчатого настила из стальных гнутых листов толщиной 3 мм.

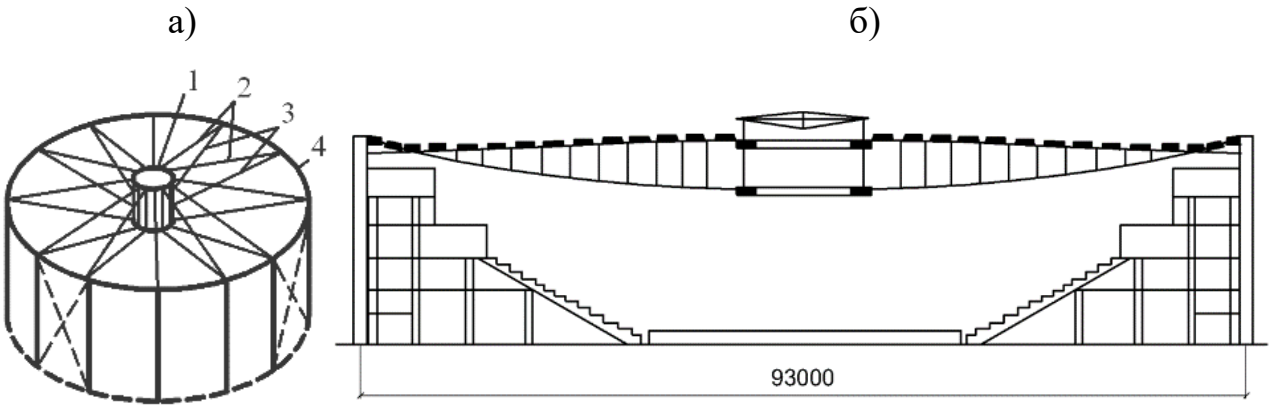


Рис. 4.38. Покрытие зала дворца спорта Юбилейный в Санкт-Петербурге
а) «велосипедное кольцо»; б) разрез; 1 - центральный цилиндр (барабан); 2 – стабилизирующие канаты; 3 – несущие канаты; 4 – опорное кольцо

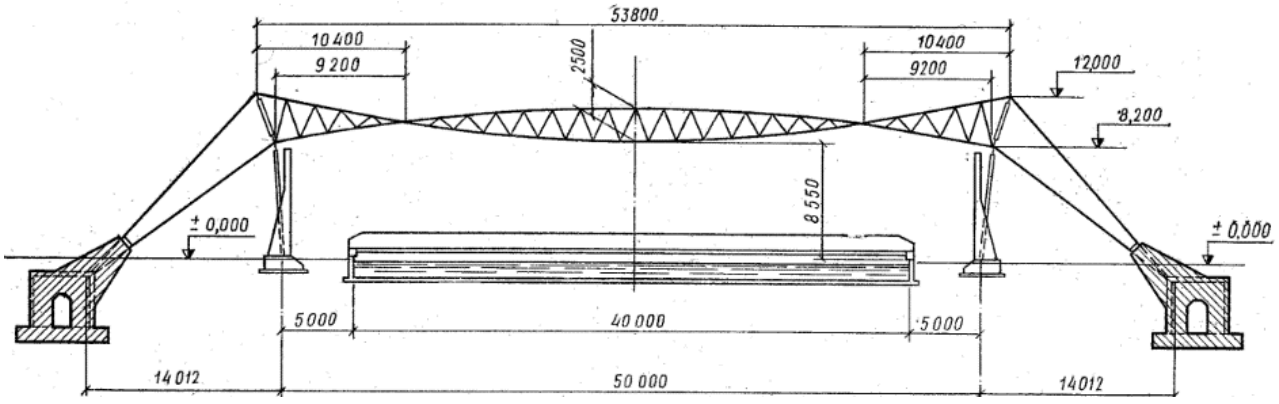


Рис. 4.39. Покрытие бассейна с прямоугольным планом

На рис. 2.39 показано двухпоясное покрытие прямоугольного в плане бассейна пролетом 54 м, длиной 80 м тросовыми фермами с треугольной решеткой, построенного в Италии. Диаметр несущих тросов 48 мм, распорки выполнены из труб диаметром 48,3 мм.

Двухпоясные висячие конструкции могут быть двояковыпуклыми, двояковогнутыми, комбинированными выпукло-вогну-тыми или состоять из тросовых ферм, при этом иметь один или два опорных контура (рис. 2.40).

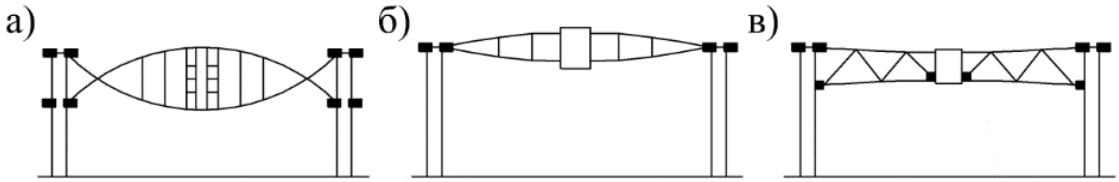


Рис. 2.40. Варианты двухпоясных висячих покрытийна круглом плане
а) выпукло-вогнутое; б) двояковыпуклое; в) двояковогнутое с тросовыми фермами

Если соединить два семейства гибких нитей в узлах, то получится сетка, которую называют ***тросовой*** или ***канатной*** сеткой. От гибких нитей и вант сетка отличается двухосным напряженным состоянием и является пространственной системой. Нити одного семейства (несущие) изогнуты вниз, а другого (стабилизирующие) изогнуты вверх. Под действием предварительного натяжения они образуют единую седловидную поверхность отрицательной Гауссовой кривизны и обладают кинематической неподвижностью. Стрелы провисания несущих тросов принимают от 1/8 до 1/15 пролета, стабилизирующих – от 1/10 до 1/25 пролета, при этом стремятся, чтобы их отношение было приблизительно равно 3/2. Шаг сеток принимают, как правило, около 1 м.

Усилия натяжения несущих и стабилизирующих тросов сетки вызывает изгиб опорного контура, в качестве которого служат балки, арки, кольца и гибкие нити. Опорный контур не является плоским. Как правило, это две пары прямых бортовых элементов или арок, расположенных под углом друг к другу (рис. 2.41).

Примером использования тросовых сеток может служить покрытие стадиона Ралей–арена в США, размером 91,5×91,5 м. Опорным контуром покрытия служат две железобетонные арки под углом наклона к горизонту 22^0, поддерживаемые опорными стойками. К аркам подвешены напрягаемые тросы, располагаемые по вогнутой поверхности, образуя седловидную поверхность (рис. 2.42).

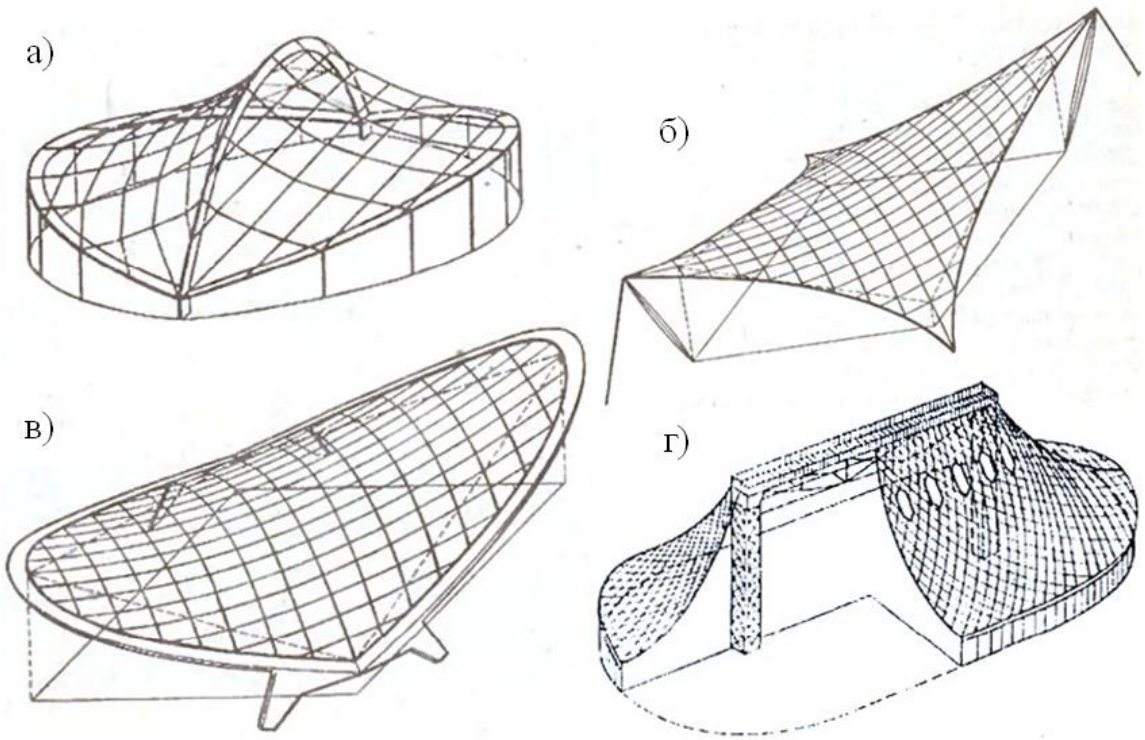


Рис. 2.41. Тросовые сетки седловидной поверхности
а) с двумя наклонными и средней вертикальной арками; б) с гибким контуром из 4- тросов подборов; в) в виде пространственно-изогнутого эллипса; г) шатрового типа

Рис. 2.42. Стадион Ралей–арена в США

Вантовые конструкции представляют собой подвесные конструкции, в которых с помощью вант подвешиваются или поддерживаются жесткие элементы в виде балок, ферм, арок, плит и т.п. (рис. 2.43).

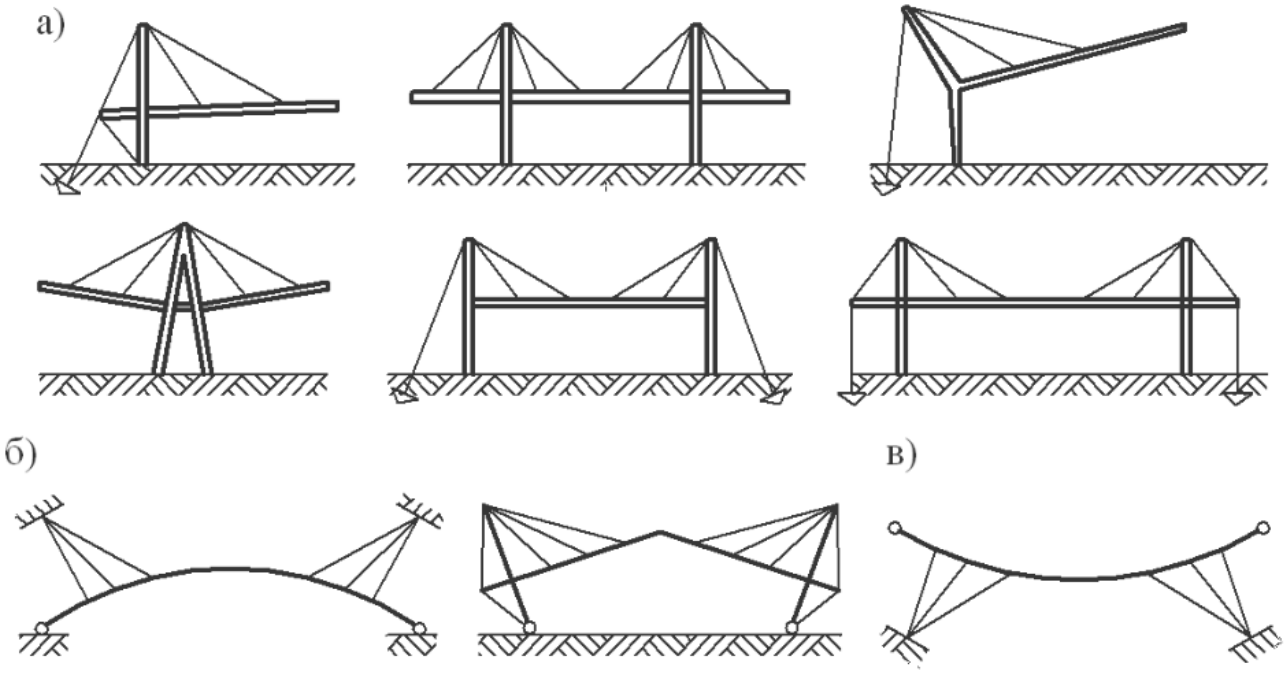


Рис. 4.43. Варианты схем вантовых конструкций а) с подвесными балками (фермами); б) с поддержкой арок или распорных рам; в) с поддержкой нитей

Наиболее распространенной является вантово-балочная схема, когда балка жесткости поддерживается вантами в одной или нескольких точках (рис. 2.44).

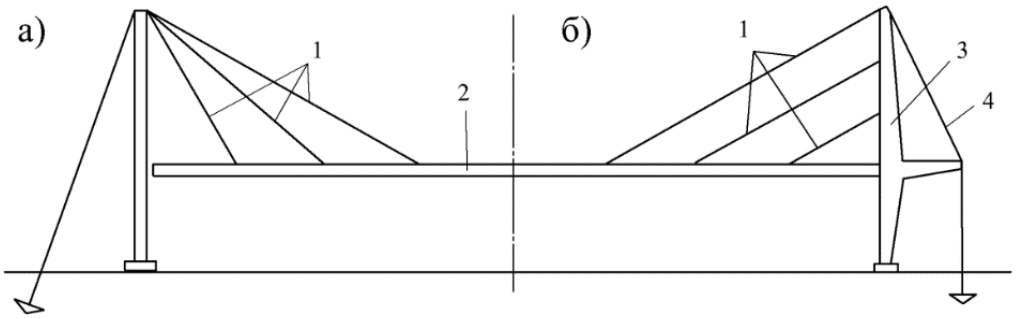


Рис. 4.44. Вантово-балочная конструкция

а) с радиальным направлением вант (тип «луч»); б) с параллельным направлением вант (тип «арфа»); 1 – ванты; 2 – балка (ферма); 3 – опорная стойка (пилон, рама); 4 – оттяжка

Вантово-балочные конструкции способны перекрывать пролеты 100 м и более, поэтому часто встречаются в конструкциях большепролетных мостов. На рис. 2.45 показан вантовый мост – «Русский мост» во Владивостоке, соединяющий полуостров Назимова с мысом Новосильского на острове Русском. Пролёт моста составляет 1104 метра, высота пилонов 324 м. Ванты моста выполнены в форме арфы.

Рис. 2.45. Русский мост во Владивостоке

Пара консольных вантово-балочных конструкций (пилон – балка – ванты), упираясь концами консолей друг в друга, образуют устойчивую трехшарнирную систему. На рисунке 2.46 приведен пример её использования для покрытия катка в Брауншвейге (Германия), на рисунке 2.47 показаны другие примеры вантово-балочных конструкций.

На рисунке 2.47,а железобетонные балки длиной 96 м с небольшой стрелой подъёма по концам опирают на треугольные стойки из сборных железобетонных элементов, а в пролете подвешивают к вантам. Покрытие представляет собой уложенные по балкам железобетонные преднапряженные панели 3×12 м.

На рисунке 2.47,б показано вантовое покрытие здания с пролетами 60+12+60 м. Оно состоит из треугольной железобетонной этажерки шириной 12

м, криволинейных балок длиной 60 м и преднапряженных панелей 3×12 м. Криволинейные консольные балки оперты одним концом на этажерку, а на вылете консоли подвешены с помощью вант.

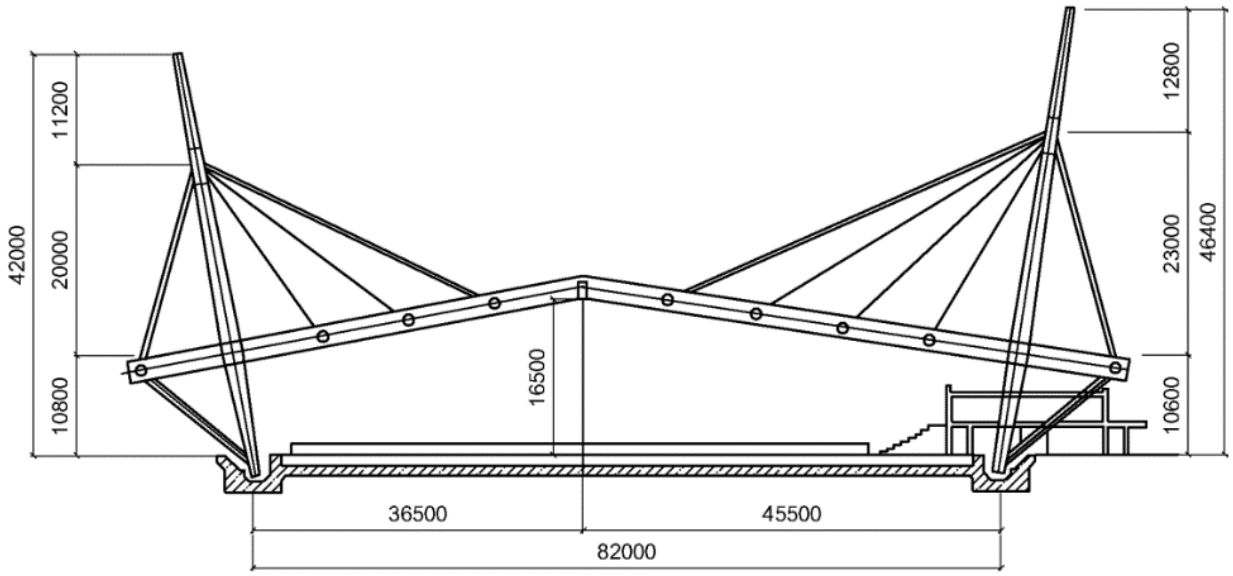


Рис. 2.46. Покрытие катка в Брауншвейге (Германия)

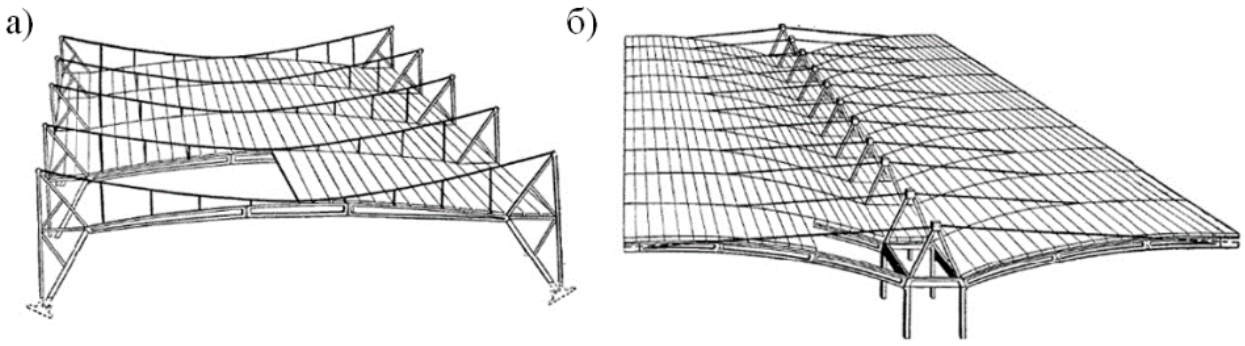


Рис. 2.47. Вантовые конструкции покрытий а – пролетом 96 м; б – пролетом 60+12+60 м

Ванты эффективны для поддержания покрытий больших площадей, когда от основной опоры отходят несколько вант к различным точкам подвеса. Таким образом, например, выполняют покрытия стадионов, у которых по четырем углам стоят несущие опоры.

Конструктивные системы, в которых использование гибких нитей и вант сочетается с основными несущими конструкциями (арками, рамами, балками), называют ***комбинированными***. В этих системах наиболее рационально

использованы сильные стороны каждого элемента – сопротивлению растяжению, сжатию и изгибу (рис. 2.48).

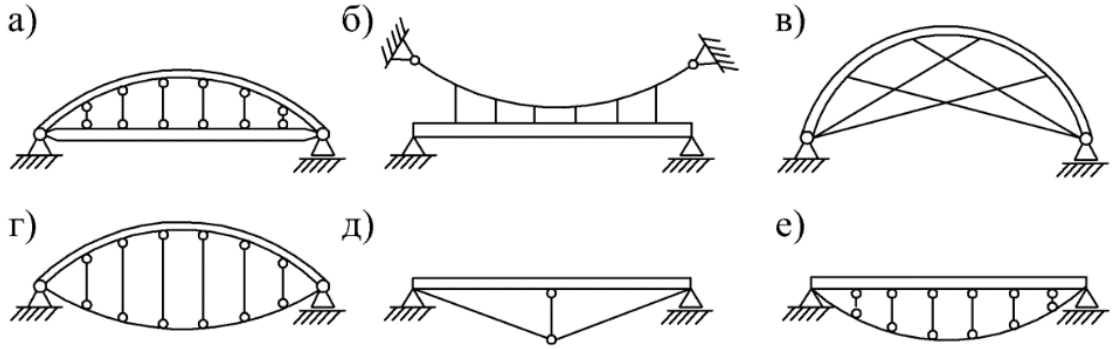


Рис. 2.48. Комбинированные конструкции

В схеме а) арка с балкой раскреплены вертикальными стойками. Такая схема позволяет придать конструкции большую жесткость. Постановка стоек позволяет значительно уменьшить изгибающие моменты в балке и повысить устойчивость сжатой арки.

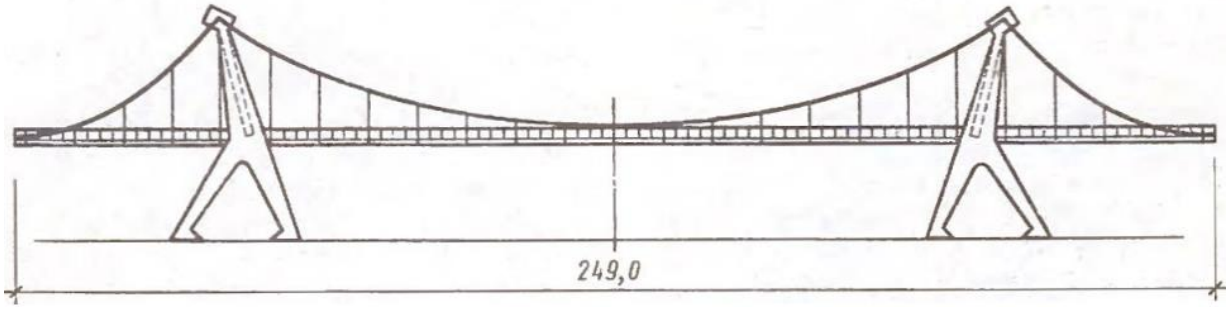
Схема б) часто используется для облегчения работы балочных (и арочных) конструкций, в которых они поддерживаются гибкими нитями. В схеме в) ванты придают арке большую устойчивость в плоскости изгиба.

В схеме г) арка связана с гибкой нитью рядом стоек, которые испытывают сжатие при загружении арки и растяжение при загружении нити. При одинаковых очертаниях осей арки и нити и при равном их загружении распор арки и усилие натяжения нити взаимно погашаются и конструкция становится безраспорной.

Схема д) представляет собой шпренгельную балку подкрепленную стойками, которая поддерживается двумя вантами. Такая схема применяется для перекрытия сравнительно небольших пролетов. В схема е) постановка большого числа подкрепляющих стоек превращает затяжку в гибкую нить, идущую от одной опоры к другой.

Пример комбинированного покрытия, очень похожего на большепролетный висячий мост, приведен на рисунке 2.49.

а)



б)

Рис. 2.49. Бумажная фабрика в Мантуе (Италия) а) разрез; б) общий вид

Размер фабрики в плане 249×30 м, высота 20 м. Схема покрытия представляет собой висячую безраспорную конструкцию с двухконсольной балкой центральным пролетом 163 м и двумя симметричными консолями длиной по 43 м каждая. Покрытие подвешено к четырем вантам, расположенным через 10 м. Стрела провисания вант 20,5 м, что составляет 1/7 пролета. Ванты поддерживаются двумя железобетонными пилонами в виде портальной рамы высотой 45 м.

Мембранные конструкции. Однослойные сплошные конструкции покрытий из листов или полос, раскроенные и соединенные между собой так,

что они образуют заданную поверхность одинарной или двоякой кривизны называют *мембранами* (рис. 2.50).

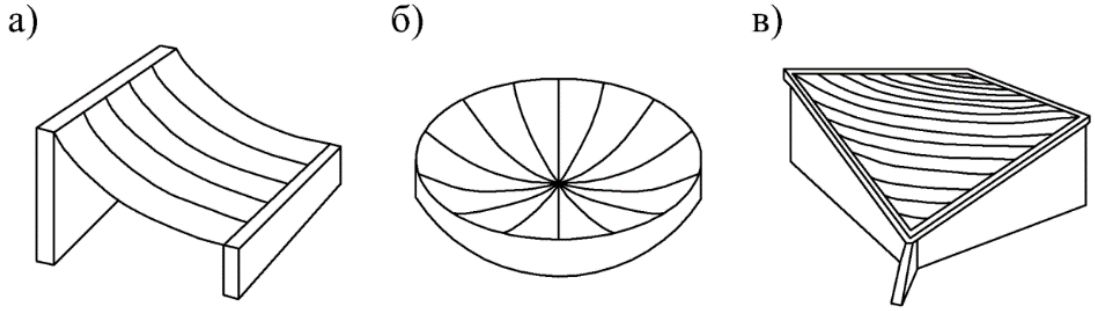


Рис. 2.50. Мембраны: а) нулевой Гауссовой кривизны; б) положительной Гауссовой кривизны на круглом плане; в) отрицательной Гауссовой кривизны на четырехугольном плане

Мембрана обладает высокой гибкостью и поэтому сопротивляется только растягивающим усилиям, которые называют ***мембранными***. В отличие от висячих покрытий, в которых всю нагрузку с покрытия собирают и концентрируют в себе гибкие нити и ванты, в мембранах нагрузка распределена по всей ее поверхности, вызывая равномерные напряжения гораздо меньшей интенсивности. Поверхность мембранных покрытий может обладать всеми видами Гауссовой кривизны, но наибольшей устойчивостью обладают мембраны отрицательной кривизны, а наименьшей – нулевой.

Цилиндрические мембраны нулевой Гауссовой кривизны образуются соединением ряда полотнищ, прикрепленных к противоположным сторонам опорного контура (рис. 2.50, а). Такие мембраны просты по конструкции и технологичны при возведении. По характеру своей работы под нагрузкой они похожи на гибкие нити, поэтому так же требуют принятия мер по стабилизации их формы.

Мембраны на круговом плане могут быть провисающими положительной Гауссовой кривизны (рис. 2.50, б) или шатрового типа отрицательной Гауссовой кривизны. Провисающие мембраны проектируют сравнительно пологими со стрелой подъёма от 1/10 до 1/25 диаметра. Форма образующей кривой не играет существенной роли, поэтому для упрощения раскроя полотнищ мембран

образующие располагают на сферической поверхности. Для стабилизации их формы, как правило, используют радиально расположенные висячие фермы. Пример мембранного покрытия сваренного из 56 секторов толщиной 6 мм на круговом плане показан на рисунке 2.51.

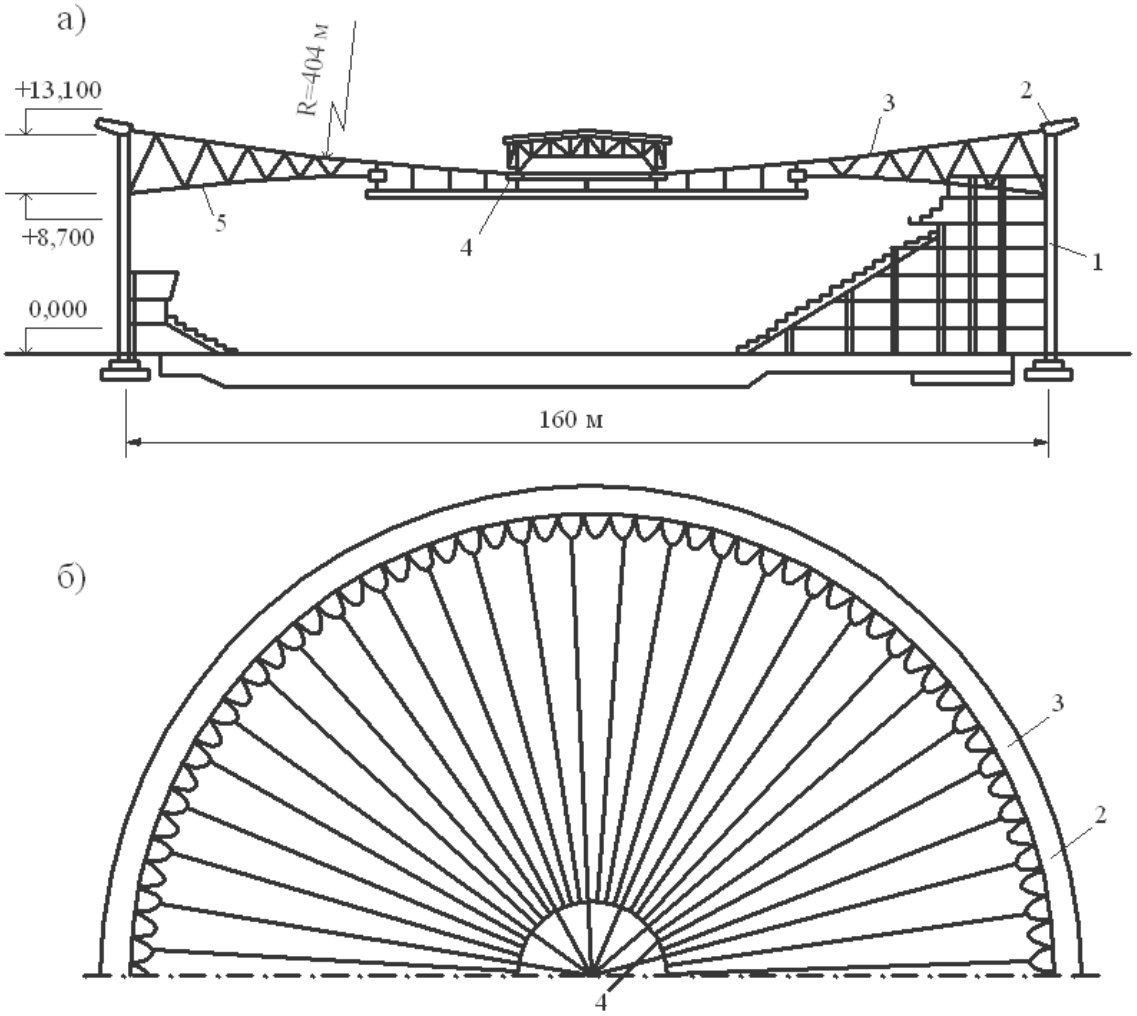
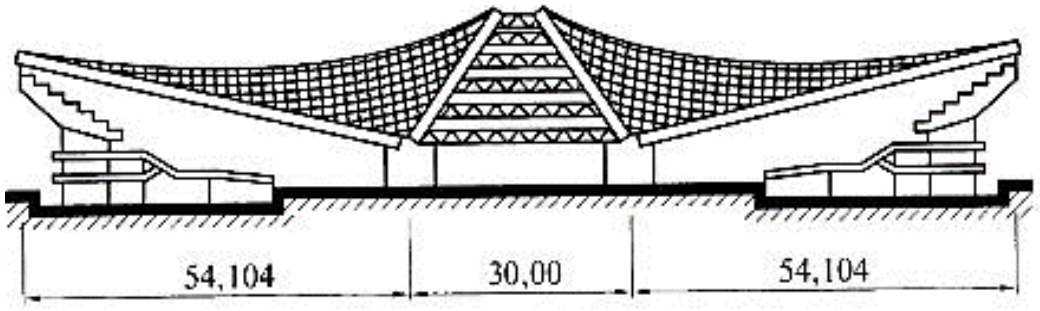


Рис. 4.51. Мембранное покрытие стадиона в Санкт-Петербурге: а) разрез; б) план; 1 – колонны каркаса; 2 – наружное сжатое опорное кольцо; 3 – стальная мембрана; 4 – внутреннее растянутое кольцо; 5 – стабилизирующие тросовые фермы

Мембранные покрытия шатрового типа имеют в центре опору, поэтому их проектируют, как правило, для зданий выставочных павильонов, крытых рынков и т.п. Перекрываемый пролет может достигать 200 м. На рисунке 2.52 показан

пример покрытия седловидными мембранами здания Олимпийского крытого велотрека в Москве.

а)



б)

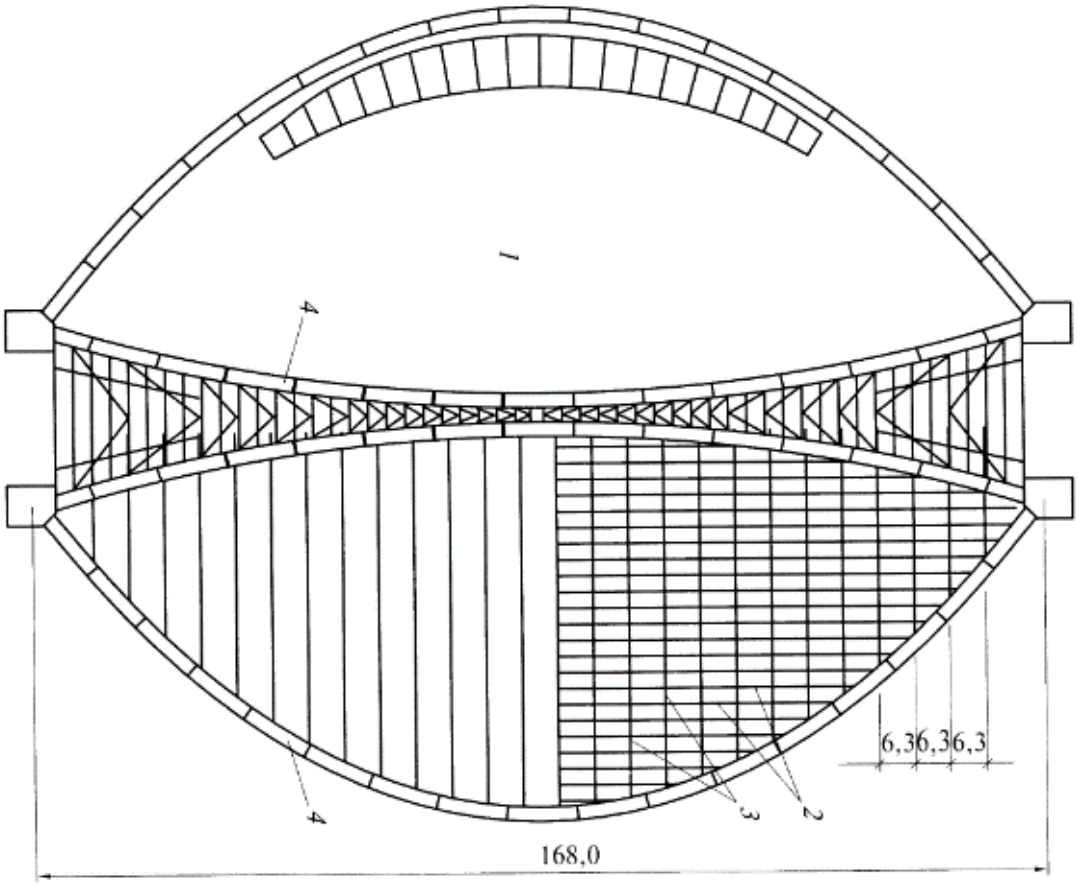


Рис. 2.52. Покрытие Олимпийского крытого велотрека в Москве: а) разрез; б) план; 1 – металлическая мембрана; 2, 3 – элементы постели; 4 – металлические арки

Здание на эллиптическом плане размерами 138×168 м. Покрытие образовано двумя симметричными гиперболическими параболоидами, толщина

стальной мембраны 4 мм. Внутренние арки пролетом 168 м жестко защемлены в фундаментах и соединены между собой в пространственный блок фермами. Наружные арки опираются на консоли трибун. Направляющие полосы расположены с шагом 6,3 м и раскреплены прогонами из гнутых профилей через 3 м.

Провисающие и седловидные мембранные покрытия могут быть выполнены из перпендикулярно переплетенных широких лент. Металлические мембраны очень уязвимы к атмосферной коррозии, поэтому в качестве материала используют нержавеющие стали и алюминиевые сплавы толщиной от 1 до 6 мм.

Известны случаи выполнения мембранных покрытий из дерева в виде многослойной склеенной из тонких досок оболочки с седловидной поверхностью или из гибких железобетонных пластин толщиной 3,5 см. Такте мембраны под действием собственного веса прогибаются до 1/14 пролета.

Пневматические и тентовые конструкции. Пневматическими конструкциями называют мягкие оболочки, несущие функции которых обеспечиваются воздухом, находящимся внутри них под некоторым избыточным давлением. Мягкие оболочки могут воспринимать внешние нагрузки только в состоянии предварительного натяжения. В строительных конструкциях оно может быть выполнено пневматическим и механическим способами. В первом случае конструкции называют ***пневматическими***, во втором – ***тентовыми***.

Пневматические конструкции разделяют на ***воздухоопорные***, у которых избыточное давление воздуха находится под покрытием, и ***воздухонесомые***, у которых избыточное давление находится только в несущих пневмобаллонах (рис. 2.53).

Воздухоопорные пневматические конструкции выполняют в виде оболочек, которые полностью перекрывают помещение. Чаще всего они имеют цилиндрическую форму со стрелой подъема от 3/8 до 1/2 пролета или сферы.

Проектное положение обеспечивается небольшим давлением от 200 до 500 Па, которое практически не ощущается человеком.

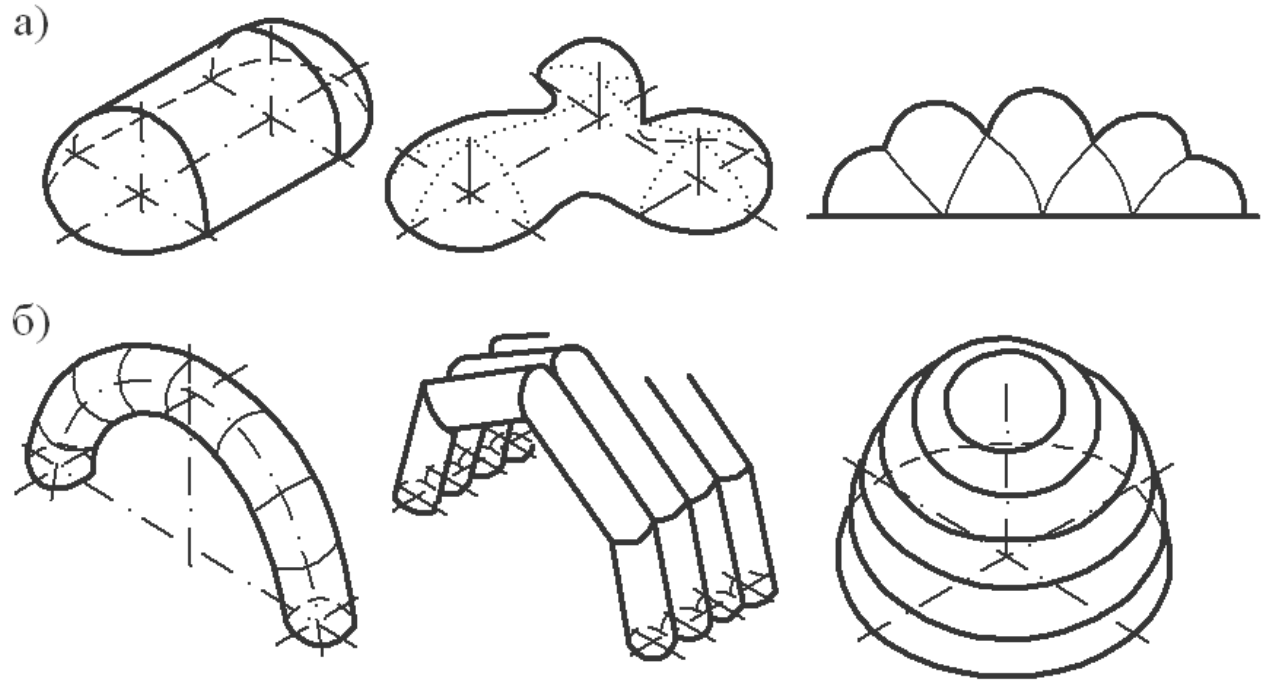


Рис. 2.53. Пневматические конструкции а) воздухоопорные; б) воздухонесомые

Для сохранения постоянного уровня давления входы в помещения осуществляют через специальные шлюзы, а воздух подкачивают с помощью вентиляторов. Помещения освещаются дневным светом через светопрозрачные вставки из специальных синтетических пленок. В нижней части оболочки устраивается так называемый силовой пояс, с помощью которого оболочка крепится к основанию (рис. 2.54,а).

Воздухоопорными оболочками перекрывают пролеты от 18 до 24 м, но за счет повышения прочности материалов возможно увеличение пролетов до 40…60 м. Для перекрытия больших пролетов от 50 до 200 м используют усиливающие канаты и сетки диаметром от 50 до 100 мм с шагом от 6 до 10 м. Оболочки в этом случае пологие прямоугольного, многоугольного или овального контура со стрелой подъема от 1/7 до 1/10 пролета. На рисунке 4.55 показан стадион «Би-Си-Плейс» в Ванкувере (Канада) с воздухоопорной оболочкой покрытия с усиливающими канатами размерами в плане 231×190 м.

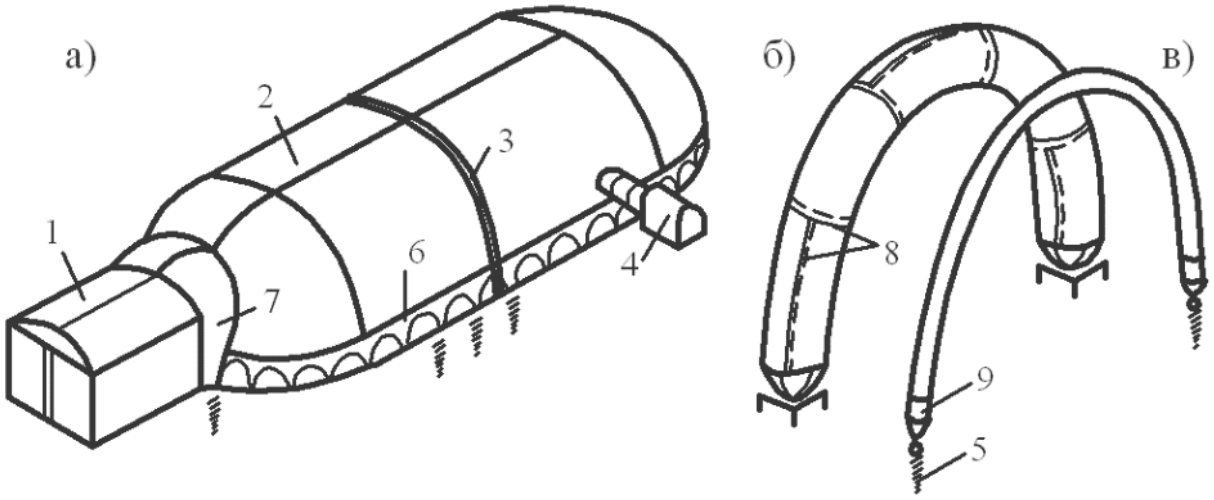


Рис. 2.54. Схемы пневматических конструкций а) воздухоопорное; б) арка низкого давления; в) арка высокого давления; 1 – шлюз; 2 – оболочка; 3 – монтажный шов; 4 – вентилятор; 5 – анкеры; 6 – опорный пояс; 7 – переходник; 8 – шитые швы; 9 – стальная опорная корзина

Воздухоопорные конструкции используют для перекрытия спортивных площадок, футбольных полей, бассейнов, катков, складских помещений, выставочных комплексов и т.п.

Воздухонесомые конструкции, в отличие от воздухоопорных, представляют собой не цельное здание, а только его конструктивные элементы в виде пневматических стержней (балок, стоек, арок, рам), панелей, сводов или куполов. Пневматические стержни используются как легкий каркас, который впоследствии обтягивают мягким покрытием. Несущая способность воздухонесомых пневматических конструкций обеспечивается высоким давлением от 0,3 до 1,0 атм.

Наибольшее распространение получили пневмоарки (рис. 2.54, б). Арки низкого давления от 20 до 75 кПа выполняют из такого же материала, как и воздухоопорные оболочки диаметром сечения от 1/10 до 1/12 радиуса кривизны. Их выкраивают в виде коротких цилиндрических секций, которые соединяют между собой сварными, шитыми или комбинированными швами.

Арки высокого давления от 100 до 700 кПа представляют собой цельнотканевые рукава диаметром от 1/25 до 1/40 радиуса кривизны. Для

придания аркам устойчивости их раскрепляют растяжками, к которым затем крепятся водонепроницаемую ткань (рис. 2.55, 2.56).

Рис. 2.55. Стадион «Би-Си-Плейс» в Ванкувере (Канада)

Рис. 2.56. Пневмоарочное покрытие

Воздухонесомые конструкции в 3…4 раза дороже воздухоопорных. Ими перекрывают малые пролеты от 18 до 20 м, поэтому в строительстве они не получили широкого распространения.

Материалом покрытий пневматических конструкций служит воздухонепроницаемая синтетическая ткань, как правило, армированная сеткой, пленка. Ткани используют полотняного переплетения из толстых нитей № 8…20 свитых из синтетического полиамидного или полиэфирного волокна. Срок службы серийных мягких оболочек составляет от 7 до 10 лет, уникальных сооружений – до 30 лет.

На рисунке 2.57 показаны наиболее часто встречающиеся тентовые покрытия.

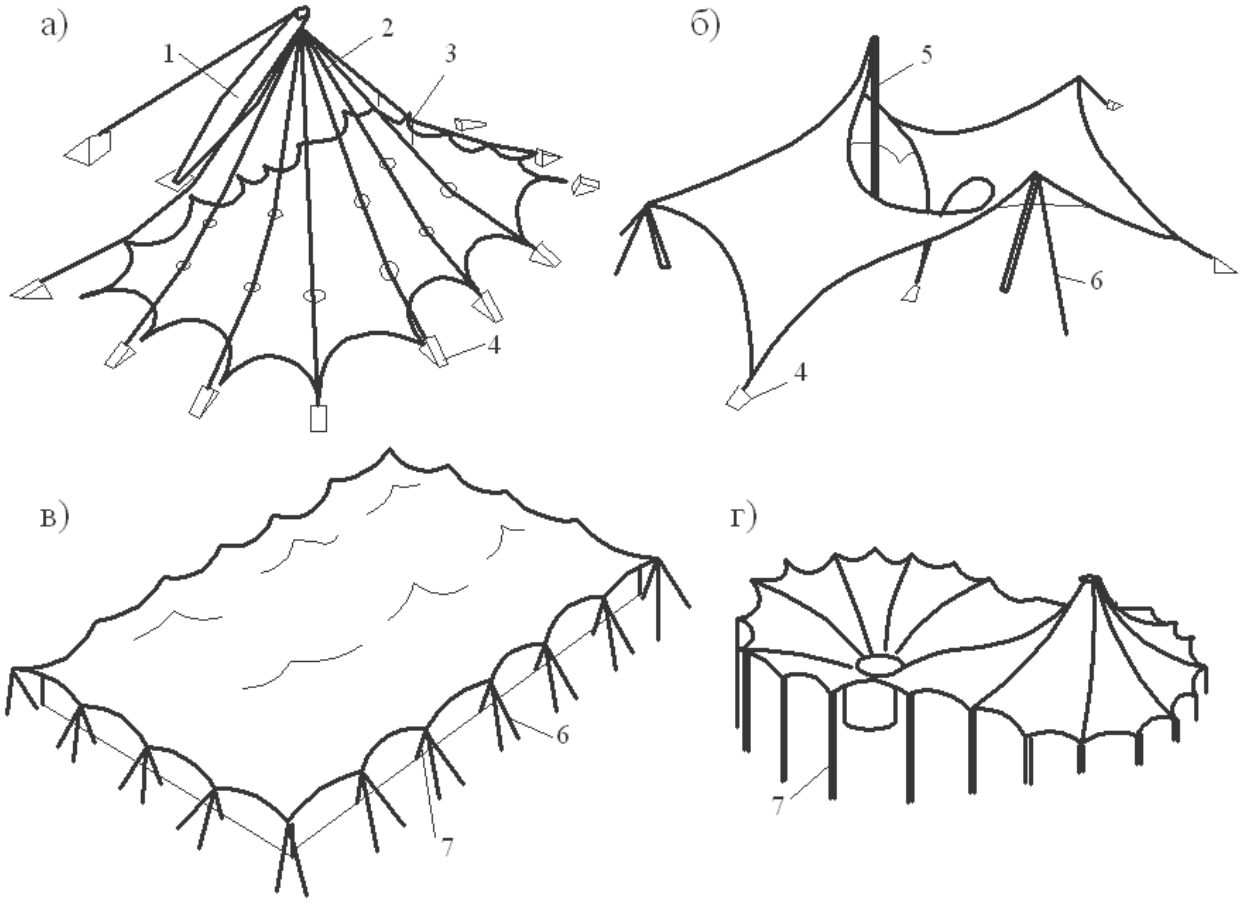


Рис. 4.57. Тентовые покрытия а) в виде подвесок, скользящих по направляющим канатам; б), г) в виде стоек и оттяжек; 1 – наклонная мачта; 2 - направляющие канаты; 3 – подвески; 4 – анкера; 5 – стойки; 6 – оттяжки; 7 – контурные стойки

Тентовые покрытия состоят из мягкой предварительно напряженной водонепроницаемой ткани, которая натягивается, закрепляясь одними концами за возвышающиеся опоры, а другими за анкеры в грунте или за оттяжки. По своей статической работе под нагрузкой тенты очень близки к сетчатым конструкциям с разницей лишь в том, что вантовые сетки из канатов могут выдержать значительно более высокие напряжения, чем ткань из хлопчатобумажных или синтетических нитей. Поэтому пролеты, которые могут перекрыть такие тенты, существенно меньше и, как правило, не превышают 10 м. Тент может быть натянут и на многопролетный каркас с наклонными стойками, когда в своей верхней части он опирается на опорный трос, соединяющий вершины противоположных наклонных стоек, а в нижней части прижимается накладным тросом. На рисунке 2.58 показан пример тентового покрытия международного аэропорта Денвера в штате Колорадо США площадью 140 км^2.

Рис. 2.58. Международный аэропорт Денвера в США

Натяжение тентов производится подтягиванием оттяжек, заанкеренных в грунт, накладных тросов или тросов-подборов. Стрелы провисания опорного троса и стрелы подъема накладного троса могут быть совершенно различными.

2.2 Строительные конструкции как фактор удовлетворения функциональных требований к зданиям.

Основными требованиями к зданиям является их надежность, комфорт и долговечность. Для обеспечения соблюдения этих требований в инженерном деле используются такие области знаний как строительная механика, строительная физика и строительное материаловедение.

Строительная механика - наука о принципах и методах расчета сооружений на прочность, жесткость и устойчивость. Одной из актуальных задач строительной механики является развитие теории надёжности сооружений на основе использования статистических методов обработки данных о действующих нагрузках и их сочетаниях, о свойствах строительных материалов, а также о накоплении повреждений в сооружениях различных типов. Большое значение имеют исследования по теории предельных состояний, имеющие целью переход к практическому расчёту сооружений на основе вероятностных методов.

Важная задача строительной механики - расчёт сооружений как единых пространственных систем, без расчленения их на отдельные конструктивные элементы (балки, рамы, колонны, плиты и т. д.) ; она связана с необходимостью использования тех запасов несущей способности сооружений, которые не могут быть выявлены при поэлементном расчёте. Такой подход позволяет получать более точную картину распределения внутренних усилий в сооружениях и обеспечивает существенную экономию материалов. Расчёт сооружений как единых пространственных систем требует дальнейшего развития метода конечных элементов; последний даёт возможность рассчитывать весьма сложные сооружения на действие статических, динамических (в т. ч. сейсмических) и других нагрузок. Большой научный интерес представляют: разработка методов решения физически и геометрически нелинейных задач, которые более полно учитывают реальные условия работы сооружений; изучение вопросов

оптимального проектирования строительных конструкций; проведение исследований, связанных с разработкой теории разрушения сооружений, в частности, вопросов их «живучести», что особенно важно для строительства в районах, подверженных землетрясениям.

Строительная механика в начальный период развития не была самостоятельной наукой, а сливалась с общей механикой. Как самостоятельная наука, строительная механика стала успешно развиваться лишь в первой половине XIX в. в связи с начавшимся усиленным строительством мостов, железных дорого, плотин, судов и крупных промышленных сооружений.

Развитие методов расчета статически неопределимых систем связано, например, с именами Б. П. Клапейрона (уравнение трех моментов для расчета неразрезных балок), Дж. К. Максвелла и О. Мора (определение перемещений в упругих системах по заданным внутренним силам). К 30-м годам XX века в расчет упругих статически неопределимых систем достиг своего совершенства, когда выделились основные методы расчета: метод сил, метод перемещений и смешанный метод, а также их многочисленные модификации.

Значительный вклад в становление и развитие строительной механики внесли Х. С. Головин (1844-1904) (расчет арок и кривых стержней методами теории упругости), Н. А. Белелюбский (1845-1922) (мостостроение, применение в мостах железобетона, литого железа, издание курса строительной механики), Ф. С. Ясинский (1856-1899) (исследования по теории устойчивости стержней), В. Л. Кирпичев (1845-1913) (законы подобия, учебники по строительной механике).

Большое количество работ посвятил статике сооружений замечательный инженер, академик В. Г. Шухов (1853-1939). Гиперболоидные ажурные башни, наливные речные и морские суда, сетчатые своды получили широкое распространение во всем мире благодаря его таланту (рис. 2.59). Он же положил начало развития актуальнейшего в настоящее время направления строительной механики - оптимизация конструкций.

Рис. 2.59. Шуховская башня в Москве (виды снаружи и изнутри)

Профессор Л. Д. Проскуряков (1858-1926) впервые предложил при строительстве моста через Енисей шпренгельные фермы, а усилия в них он определял посредством линий влияния. Всеобщую признательность завоевали труды таких выдающихся ученых как Н.И. Мусхелишвили (плоская задача теории упругости), М. В. Келдыш (задачи механики самолета), М. А. Лаврентьев (приложение функций комплексных переменных в механике) В. 3. Власов (теория оболочек), И. М. Рабинович (теория стержневых систем) и др.

В XX веке в результате развития методов расчета и компьютерных технологий строительная механика поднялась на современный высокий уровень, существенные видоизменения произошли в статике и динамике сооружений. Широкое распространение получил метод конечных элементов, на базе которого создан ряд мощных автоматизированных комплексов по расчету зданий и сооружений («Лира», «Феникс», SCAD и др.), позволяющих с высокой степенью точности оценить напряженно-деформированное состояние конструкций, проектировать оптимальные сооружения.

Схемы некоторых типов простых сооружений, расчеты которых рассматриваются в классической строительной механике стержневых систем, представлены на рис. 2.60.

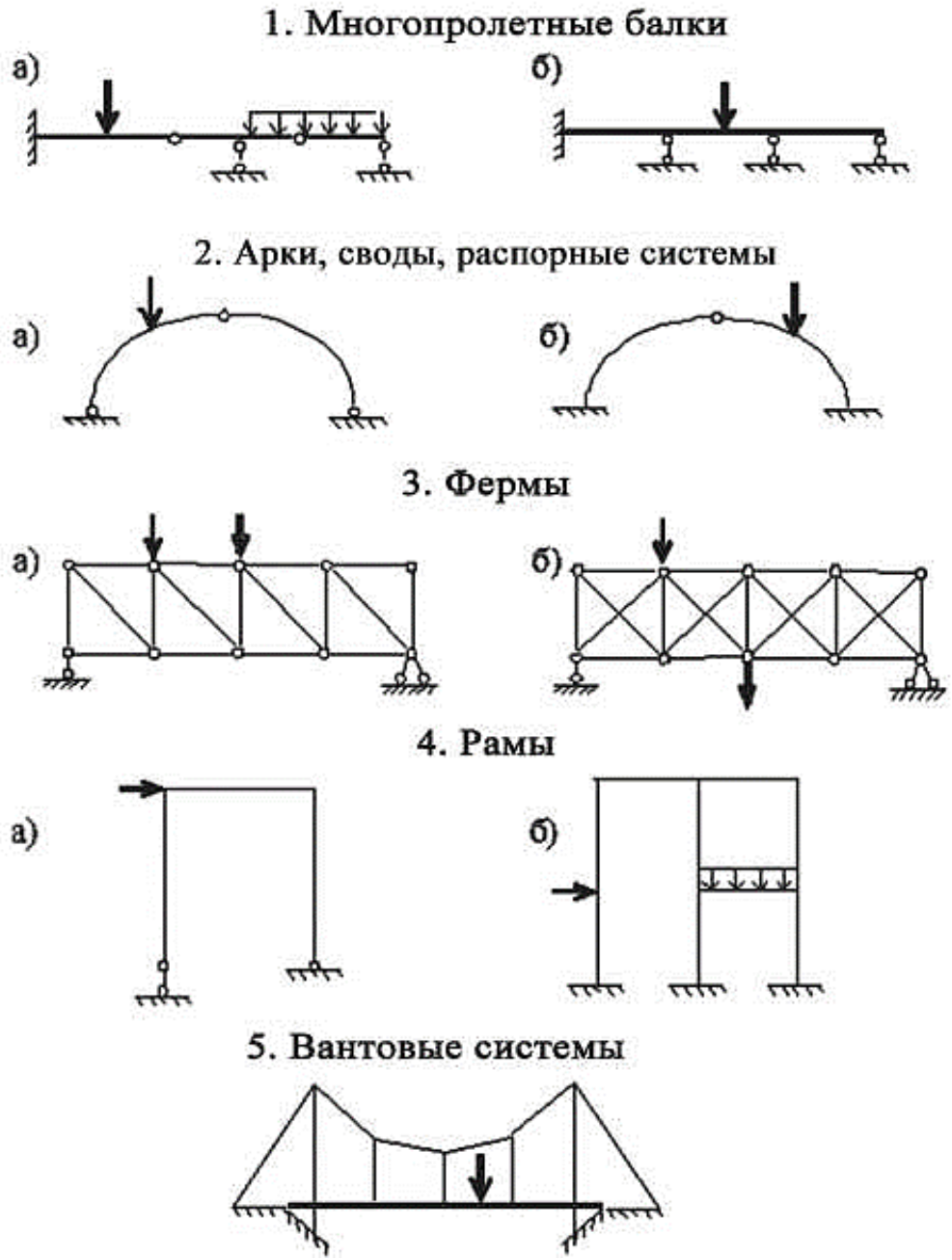


Рис. 2.60. Расчетные схемы сооружений в виде стержневых систем

Для правильного расчета сооружений следует правильно применять общие законы механики, основные соотношения, учитывающие механические свойства материала, условия взаимодействия элементов, частей и основания сооружения. На этой базе формируются расчетная схема сооружения в виде механической системы и ее математическая модель как система уравнений.

Чем подробнее изучаются внутреннее строение сооружения, действующая на него нагрузка и особенности материала, тем сложнее становится его математическая модель. На схеме (рис. 2.61) показаны основные факторы, влияющие на особенности расчета сооружения.

Рис. 2.61 Факторы, влияющие на особенности расчета сооружения

Сейчас на первое место выходят методы построения и испытания так называемых адекватных расчетных схем, методы моделирования процессов жизненного цикла конструкций. Эти методы требует умения владеть не только «ручными» численно-аналитическими методами расчета, но и современными программными комплексами.

Рабочими инструментами и фундаментом строительной механики являются математика (прежде всего дифференциальное и интегральное исчисления), а также теоретическая механика и сопротивление материалов.

Строительная физика - это прикладная наука, изучающая ряд практических строительных задач, связанных с явлениями и законами физики. Основными и наиболее развитыми разделами строительной физики являются: строительная теплотехника, строительная акустика, строительная светотехника, изучающие закономерности переноса тепла, передачи звука и света (т. е. явлений, непосредственно воспринимаемых органами чувств человека и определяющих гигиенические качества окружающей его среды) с целью обеспечения в зданиях

(сооружениях) необходимых температурно-влажностных, акустических и светотехнических условий. В целом, это формирует комфортные условия жизнедеятельности человека в помещении. Общие схемы факторов, влияющих на чувство комфорта и основных физико-климатические воздействия на стены зданий, приведены на рис. 2.62.

Рис. 2.62. Схемы факторов, определяющих чувство комфорта в помещении, и основные физико-климатические воздействия на стены зданий

Становление строительной физики как науки относится к началу XX в. До этого времени вопросы строительной физики обычно решались инженерами и архитекторами на основе практического опыта. В СССР, первые научные лаборатории этого профиля были организованы в конце 20-х - начале 30-х гг. при Государственном институте сооружений (ГИС) и Центральном научно-исследовательском институте промышленных сооружений (ЦНИПС). В последующие годы важнейшие научно-исследовательские работы по основным разделам строительной физики были сосредоточены в Институте строительной техники (ныне - Институт строительной физики). Особенно интенсивное развитие строительная физика получила в связи со значительным увеличением объёмов строительства различных по назначению зданий с применением индустриальных облегчённых конструкций и новых материалов, требующих предварительной оценки их свойств.

Строительная теплотехника изучает явление теплопередачи и воздухопроницаемости через наружные ограждающие конструкции зданий, а также влажностное состояние этих конструкций и устанавливает условия обеспечении нормального, эксплуатационного режима в здании. Теоретические вопросы строительной теплотехники разработаны в трудах С. В. Александровского, В.Н. Богословского, О.Е. Власова, Б.Ф. Васильева, В.М. Ильинского, А.В. Лыкова, Ф.В. Ушкова, А.М. Шкловера, К.Ф. Фокина, Л.У. Франчука и других исследователей. Советскими учёными впервые были разработаны: теория теплоустойчивости ограждающих конструкций зданий, теория теплопроводности и теория сушки с учетом всего комплекса процессов, происходящих в ограждениях, методы расчёта влажностного состояния конструкций и их воздухопроницаемости, созданы основы строительной климатологии и климатического районирования территории СССР.

На первом этапе, при расчете температур и теплозащитных показателей конструкций, основным и решающим фактором является теплообменный про-

цесс, т. е. перенос тепла от более теплой среды к более холодной. Процесс переноса теплоты из одной точки пространства в другую за счет разности температур называется теплопередачей.

Она включает три элементарных вида теплообмена: теплопроводность, конвекцию и излучение.

Теплопроводность — вид передачи теплоты между неподвижными частицами твердого, жидкого или газообразного вещества. Таким образом, теплопроводность - это теплообмен между частицами или элементами структуры материальной среды, находящимися в непосредственном соприкосновении друг с другом.

Конвекция — перенос теплоты движущимися частицами вещества. Конвекция наблюдается только в жидких и газообразных веществах, а также между жидкой или газообразной средой и поверхностью твердого тела

Излучение, или лучистый теплообмен — это перенос теплоты с поверхности на поверхность через лучепрозрачную среду электромагнитными волнами, трансформирующимися в теплоту

Интенсивность теплообмена характеризуется количеством переносимого тепла через единицу поверхности в единицу времени и называется плотностью теплового потока или удельным тепловым потоком, единица измерения: Вт/м2. Чем меньше величина теплового потока, тем вышетеплозащитная функция ограждающей конструкции. Эта функция оценивается величиной сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции — отношением разности температур воздуха с одной и другой стороны ограждения к величина теплового потока. Сопротивление теплопередаче обозначается буквой R (единица измерения: м2-°С/Вт) и должно быть не ниже установленных нормативных требований. Для многослойных ограждающих конструкций общая величина сопротивления теплопередачи устанавливается путем сложения сопротивлений теплопередачи отдельных слоев (рис. 2.63)

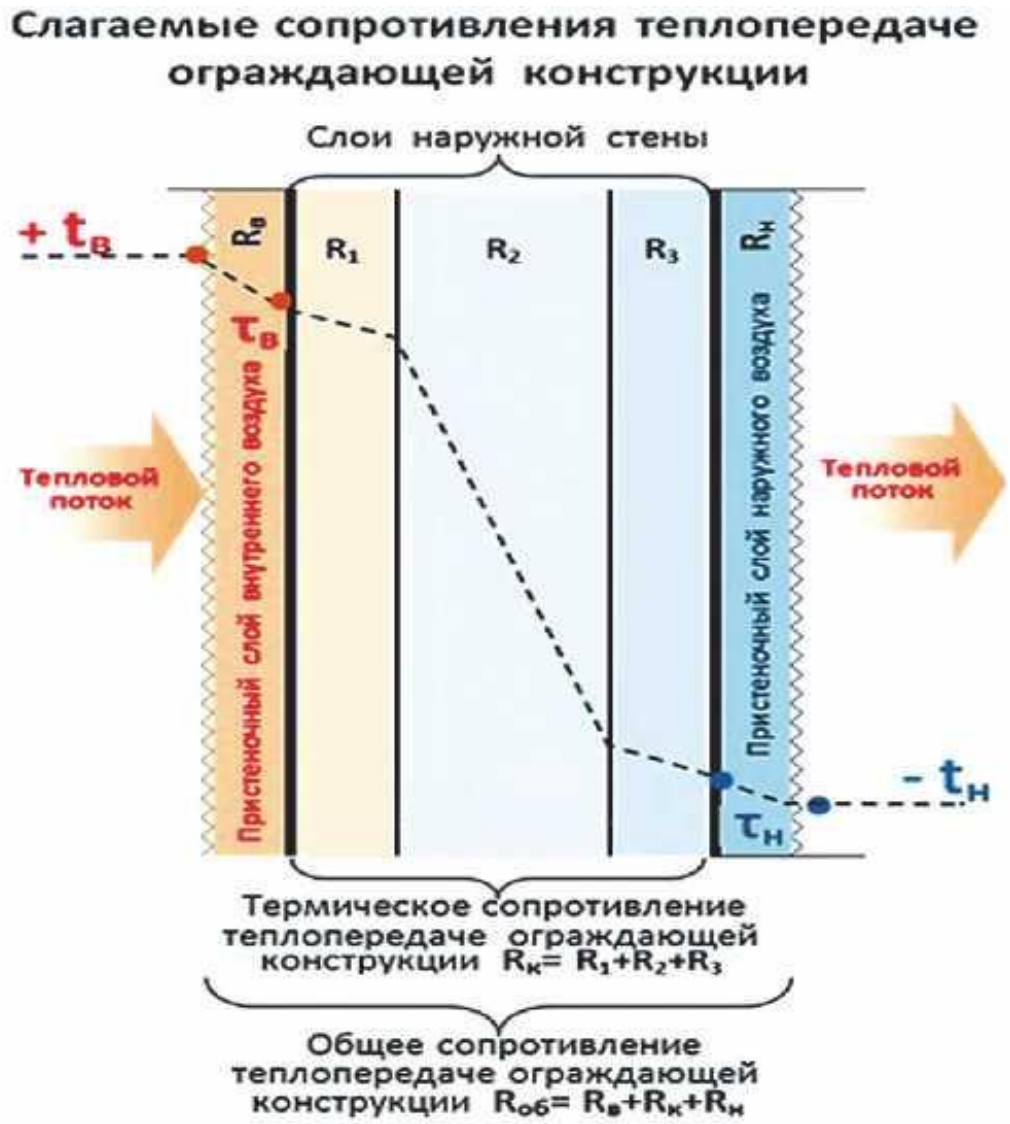


Рис. 2.63. Схема формирования сопротивления теплопередачи многослойной ограждающей конструкции

Влажностный режим и воздухопроницание ограждающих конструкции один из важных факторов в обеспечении требуемого температурно-влажностного режима в помещении.

Влажностный режим определяет эксплуатационные свойства ограждающих конструкций и непосредственно влияет на их теплозащитные характеристики, которые могут резко снижаются при переувлажнении материала ограждений. Различают несколько видов влаги, которые вызывают нежелательное повышение влагосодержания материалов, входящих в состав ограждающих конструкций зданий:

- технологическая (начальная) влага, вносимая в конструкцию при ее бетонировании или при применении увлажненных материалов;
- грунтовая влага, всасываемая капиллярами фундаментов и стен после утраты непроницаемости гидроизоляции или при ее отсутствии;
- атмосферная влага в виде косых дождей или инея, выпадающего и, при повышении температуры тающего, на наружной поверхности стен;
- конденсирующаяся влага, увлажняющая внутреннюю часть ограждений в помещениях с повышенной влажностью;
- парообразная влага, диффундирующая сквозь ограждения отапливаемых помещений и при неблагоприятных условиях конденсирующаяся в их толще.

В процессе эксплуатации здания происходит изменение влажности ограждающих конструкций, которое связано с сорбционными процессами. Эксплуатационное влажностное состояние ограждения наступает, когда влагосодержание материалов приближается к некоторому стабильному состоянию, равновесному относительно воздействующих на ограждение внутренней и наружной сред. Влагосодержание в этот период циклически изменяется в течение года, возрастая к концу зимы и снижаясь к концу лета (рис. 2.64). В середине зимы значения влажности близки к средним за год.

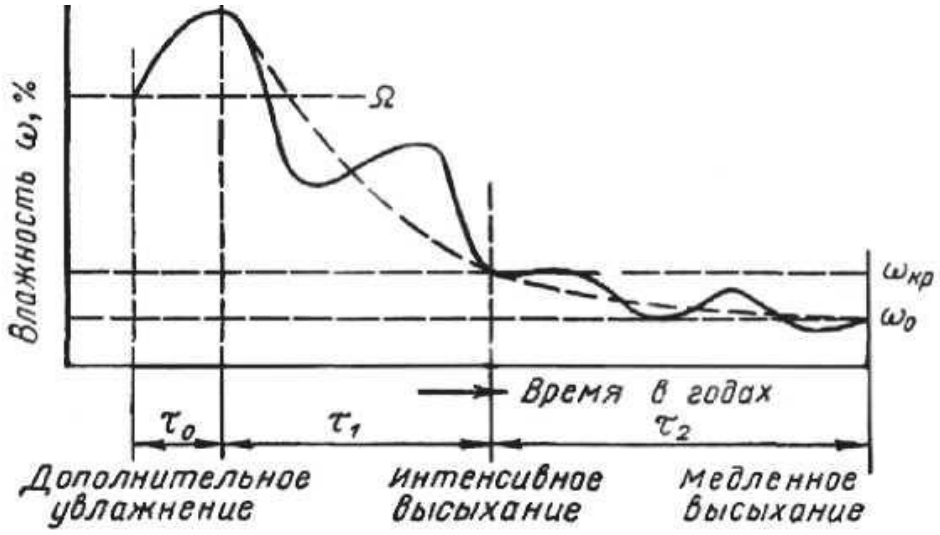


Рис. 2.64. Схема изменения средней влажности материалов в ограждении с начала эксплуатации здания

Перенос влаги - сложный процесс, механизмы изучения которого не теряют актуальности. Поэтому исследования влажностного режима ограждающих конструкций, защита их от переувлажнения, поиск новых конструктивных решений остаются серьезной проблемой строительной науки.

Воздухопроницаемостью ограждающей конструкции называется свойство конструкции пропускать воздух под действием разности давлений на наружной и внутренней поверхностях. Это возможно под воздействием ветра и теплового напора, возникающего от разности температур внутреннего и наружного воздуха. Такое явление называется сквозной фильтрацией. Если воздушный поток направлен из наружного пространства в помещение, то такая сквозная фильтрация называется инфильтрацией, и эксфильтрацией, когда воздушный поток направлен из помещения наружу.

Перенос фильтрационного потока воздуха возникает в случаях, когда разность давлений на наружной и внутренней поверхностях ограждения превышает сопротивление материала ограждения прохождению воздушного потока, т. е. сопротивление воздухопроницаемости. Воздухопроницаемость ограждений в значительной степени зависит от качества изготовления ограждающих конструкций. Наличие в них щелей и не плотностей резко снижает сопротивление воздухопроницанию ограждения. Для повышения сопротивления воздухопроницания целесообразно применять с внутренней и наружной стороны ограждения плотные отделочные слои. Так, оштукатуривание с двух сторон кирпичной стены снижает ее воздухопроницаемость в 40 раз, по сравнению с неоштукатуренной. Особенно необходимо обеспечивать малую проницаемость воздуха в стыках и сопряжениях между сборными элементами в зданиях, выполненных из крупноразмерных панелей и блоков. Окна и двери также представляют наиболее слабые участки здания по воздухопроницаемости. Небольшая воздухопроницаемость ограждения рассматривается как положительный фактор,

Строительная акустика - научная дисциплина, занимающаяся вопросами защиты жилых и иных помещений, территорий и зданий от шума и решающая эти вопросы архитектурно-планировочными и строительными (конструктивными) методами. Строительная акустика в современном строительстве имеет большое значение: меры по борьбе с шумом, принятые на её основе, улучшают санитарно-гигиенические условия жизни и работы населения, благоприятствуют повышению производительности труда, способствуют комфорту и росту эксплуатационных качеств зданий, территорий и сооружений.

Шумом называется всякий нежелательный для человека звук. Он является помехой человеку в определенных условиях его жизнедеятельности, может раздражать его нервную систему, понижать работоспособность, вызывать профессиональные заболевания, связанные с потерей или снижением уровня слуха. Различают воздушный, ударный шум и структурный шум (рис. 2.65).

Воздушный шум - это шум, который распространяется по воздуху - радостный крик ребенка, шум водопада за окном, звук отбойного молотка на улице, утреннее подметание дорожек и т. п.

Ударный шум. Любой удар, который воспринимается элементом конструкции здания, передаётся внутрь помещения и имеет очень широкий ареал распространения. Стук каблуков по кафельному полу, игра в футбол в коридоре, гвоздь, забиваемый в стену - это источники ударного звука.

Структурный шум, возникающий при вибрации коммуникаций в здании. Это всем известный рык водопровода, шум спускаемой воды, стук в вентиляционных шахтах, стук в батарею.

В зависимости от частоты колебаний звук условно подразделяется на: инфразвук частотой до 16 Гц, слышимый звук частотой от 16 Гц до 420 кГц, ультразвук с частотой от 20 кГц до 1 ГГц и на гиперзвук с частотой более 1 ГГц. Взрослый человек воспринимает звук с частотой от 16 Гц до 20 000 Гц (20 кГц), маленькие дети способны воспринимать звуки до 24 000 Гц (24 кГц), пожилые люди имеют менее широкий диапазон слышимости.

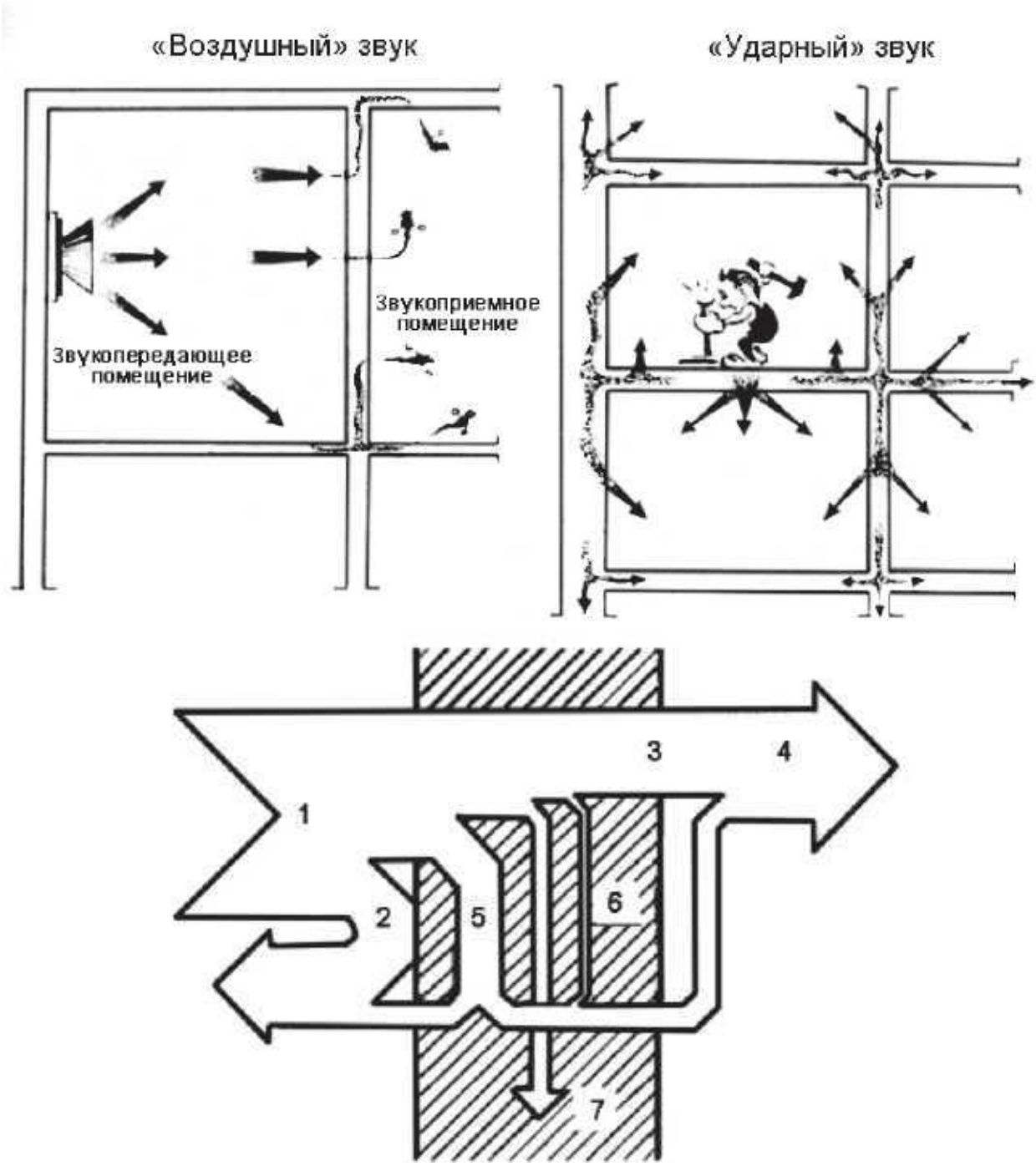


Рис. 2.65. Пути распространения звука в здании:
1 — падающий звук; 2 — отраженный; 3 — звук, прошедший через материал; 4 — суммарный звук, прошедший через конструкцию; 5 — звук, возникающий от колебания конструкции, как мембраны; 6 — звуковая энергия, трансформирующаяся в тепловую; 7 — звук, предающийся по материалу (структурный звук)

Для снижения уровня шума в помещениях, где размещен источник шума используют методы звукопоглощения, а в смежных помещениях — методы звукоизоляции.

Звукоизоляция ограждающих конструкций — это способность конструкции ослаблять энергию звуковых волн при их прохождении через нее. Звукоизоляция обеспечивается конструктивными методами: уплотнением в местах сопряжений, применение легких или слоистых конструкций, устройством звукопоглощающих прокладок. Звуковая энергия, также снижается за счет частичного поглощения ее ограждающими конструкциями. Нормируемыми параметрами звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых и общественных зданий являются: индексы изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями в дБ; индексы приведенного уровня ударного шума (для перекрытий) в дБ. Одним из наиболее эффективных средств снижения воздушного шума является устройство на пути его распространения звукоизолирующих преград в виде стен, перегородок, перекрытий, специальных звукоизолирующих кожухов, кабин наблюдения и т. д. Проектирование звукоизолирующих преград следует вести на основании акустического расчета изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями.

Расчет оценки звукоизоляции воздушного шума, распространяющегося в зданиях между помещениями, проводится на основе результатов измерений, характеризующих прямую или косвенную передачу звука (звукопередача) строительными конструкциями, а также на основе теории распространения звука в строительных конструкциях. Индекс звукоизоляции воздушного шума у перегородок должен быть равным или больше нормативного значения.

Расчет оценки звукоизоляции ударного шума заключается в измерении средних по пространству уровней звукового давления под перекрытием, которое подвергается воздействию стандартной ударной машины. В качестве приёмной измерительной системы должны использоваться шумомеры-анализаторы спектра. Приведённый уровень ударного шума — это средний уровень звукового давления поля, излучаемого перекрытием, определяемый с учётом звукопоглощения в помещении низкого уровня и приведённый к стандартной эквивалентной площади звукопоглощения.

Архитектурная акустика — искусство акустического проектирования, связанное с грамотным выбором объема, формы и пропорций помещения, с количеством, качеством и пространственным расположением отдельных (звукоотражающих и звукопоглощающих) материалов, т. е. непосредственно с архитектурным проектированием, с созданием комфортной звуковой среды, благоприятного акустического микроклимата.

В закрытом помещении после прекращения действия источника звука слушатель воспринимает прозвучавший музыкальный или речевой сигнал в течение некоторого временного интервала. Это объясняется тем, что уровень звукового давления, созданный в расчетной точке, является интегральной характеристикой энергии прямого звука и энергии отраженных от поверхностей помещения звуковых волн. Процесс спада звуковой энергии называется реверберационным процессом, а само явление — реверберацией.

Для количественной оценки реверберации используется понятие — время реверберации, которое не должно зависеть, ни от индивидуального порога слышимости, ни от начального уровня сигнала. Надлежащее время реверберации, характеризующее общую гулкость помещения, является одним из важных условий хорошей акустики зала. Время реверберации является первой и одной из основных характеристик помещений, зависящей от объема помещения и общего звукопоглощения (рис. 2.66).

Строительная светотехника - раздел строительной физики, освещающий вопросы обеспечения помещений естественным светом и прямым солнечным облучением. Существуют понятия «строительная светотехника» и «архитектурная светотехника». Понятие «архитектурная светотехника» более широкое. Оно включает в себя вопросы «световой архитектуры», т. е. создания художественной формы сооружения, его деталей, всего его художественного образа в связи с природным и искусственным освещением. Освещение помещений может быть естественное, искусственное и совмещённое (рис. 2.67).

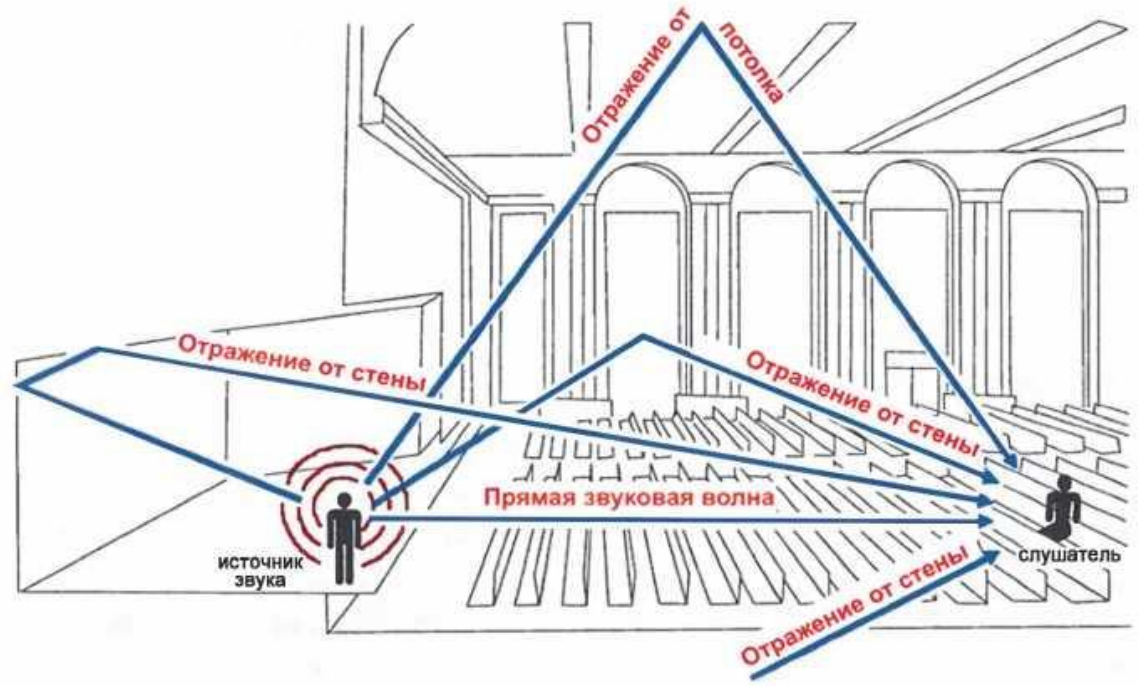


Рис. 2.66. Формирование звукового поля в зале за счет отражений от ограждений

Рис. 2.67. Типы освещения помещений в зданиях

Оптимальный световой режим в помещении создает наилучшее освещение рабочего места или объекта, который воспринимается человеком при наблюдении. При этом имеют значение не только условия освещения в месте

расположения объекта наблюдения, но и так называемое «поле адаптации» (окружающая световая среда).

Оптимальный световой режим достигается путем учета светового климата местности, где предполагается строительство проектируемого здания, правильного выбора размеров, формы и цветовой отделки помещения, расположения и размеров светопроемов (окон и фонарей верхнего света), правильного размещения и выбора источников искусственного света. Естественными источниками света является солнце и рассеянный (диффузный) свет небосвода. Искусственными источниками света являются электрические лампы (накаливания, люминесцентные, ртутные, натриевые, ксеноновые, галогенные и др.). При совмещенном освещении помещение одновременно освещается естественным и искусственным светом в определенных соотношениях.

Освещенность - это поверхностная плотность светового потока, определяется отношением светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности и измеряется в люксах (лк). Световой поток - мощность лучистой энергии, оценивается глазом по произведенному ею световому ощущению, измеряется в люменах (лм). Например, карманный фонарик излучает световой поток 6-10 лм, лампа накаливания 100 Вт - 1350 лм.

Естественное освещение осуществляется через проемы в наружных ограждениях (стенах и покрытиях) и оценивается коэффициентом естественного освещения (КЕО). Естественную освещенность рассчитывают либо в зависимости от размеров и расположения светопроемов, либо по кривым освещенности на уровне рабочей плоскости. При строительстве гражданских зданий чаще применяют первый метод. Так, отношение площади оконных проемов к площади жилых и рабочих помещений не должно быть меньше 1/8.

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света, или для освещения помещения в часы суток, когда естественная освещенность отсутствует. При проектировании искусственного освещения применяют метод коэффициента использования светового

потока, который позволяет рассчитать среднюю освещенность поверхности с учетом всех падающих на нее прямых и отраженных потоков света. При искусственном освещении рабочих мест нормируется минимальная освещенность рабочей поверхности в зависимости от разряда и подразряда выполняемой работы.

Сегодня, наиболее перспективное и интересное направление, в области строительной светотехники, это развитие энергосберегающих мероприятий, к которым можно отнести: использование компактных и прямых тонких люминесцентных ламп (КЛЛ); установка электронных пускорегулирующих устройств (ЭПРА); широкое использование систем автоматического регулирования освещения в зависимости от внешних факторов; использование комбинированных осветительных приборов, использующих для питания солнечную энергию и др.

Перспективы развития строительной физики связаны с использованием новых средств и методов научных исследований. Так, например, структурно-механические характеристики материалов и их влажностное состояние в конструкциях зданий изучаются с помощью ультразвука, лазерного излучения, гамма-лучей, с применением радиоактивных изотопов и т. д. При создании эффективных средств отопления и кондиционирования воздуха, а также ограждающих конструкций, характеризующихся малыми потерями тепла, находит применение полупроводниковая техника. Распределение температур на поверхностях конструкций, в воздушной среде помещений и потоках воздуха исследуется методами моделирования и термографии на основе закономерностей интерференции света при различном тепловом состоянии среды.

Строительное материаловедение - наука о строительных материалах, их составе, свойствах, внутреннем строении, технологиях изготовления и областях применения, долговечности и надежности, конструкции зданий и сооружений. Материаловедение относится к числу основополагающих строительных наук,

поскольку без знания свойств строительных материалов невозможно проектировать, строить, реконструировать и эксплуатировать объекты. Эта наука является многоотраслевой, так как посвящена изучению и систематизации строительных материалов, вырабатываемых в соответствующих отраслях промышленности в полной номенклатуре.

Исходным моментом для становления науки о материалах явилось получение керамики путем сознательного изменения структуры глины при ее нагревании и обжиге.

В XIX в. были построены цементные заводы во многих городах России, и к 1914 г. их уже насчитывалось более 60 с годовой производительностью 1,6 млн т цемента. Создавались новые предприятия по производству извести и гипса. В результате развивалась наука о вяжущих в нашей стране и во многих других странах. Такому быстрому развитию способствовали результаты работ Д. И. Менделеева, а также исследования А. Р. Шуляченко, который признан основоположником теории и практики промышленного производства цемента в России. В 1881 г. он, а также Н. А. Белелюбский и И. Г. Малюга разработали первые технические условия на цемент. Портландцемент занял приоритетное положение среди других вяжущих веществ.

На основе массового выпуска цемента создается и развивается технология производства бетона и соответственно появляется наука о бетоне (бетоноведение). В 1895 г. И. Г. Малюга издал первый фундаментальный труд «Состав и способ приготовления цементного раствора (бетона) для получения наибольшей крепости». В нем автор, а во Франции, Фере, впервые сформулировали закон водоцементного отношения. В 1918 г. аналогичная зависимость была выявлена Абрамсом (США). Эти исследования послужили базой для создания плотного бетона и правильного расчета его состава. В дальнейшем, работы Н. М. Беляева, И. П. Александрина, Б.Г. Скрамтаева, К.С. Завриева и других исследователей способствовали совершенствованию метода подбора состава бетона и повышению качества этого важнейшего строительного материала.

В довоенный период российские ученые А. А. Байков, С. И. Дружинин, А. Кинд, В. Н. Юнг и др. полностью решили ряд научно-технических вопросов, связанных с изготовлением и применением пуццоланового портландцемента. Крупные успехи были достигнуты также в создании новых видов бетона — легкого, кислотоупорного, жаростойкого. Лидерами российской школы по технологии обычного (тяжелого) бетона принято считать Б. Г. Скрамтаева, а по технологии легкого бетона - Н. А. Попова. Общая фундаментальная теория коррозии бетона и железобетона разработана в трудах В. М. Москвина,

Н. Алексеева, В. И. Бабушкина, Г. И. Горчакова, Ф. И. Иванова, В. Б. Ратинова, О. В. Кунцевича, С. В. Шестоперова и др. На ее основе созданы долговечные железобетонные конструкции для массового строительства.

Новым импульсом развития науки о строительном материаловедении стала физико-химическая механика, основные положения которой разработаны академиком П.А. Ребиндером. Были показаны пути управления технологическим процессом получения различных строительных и конструкционных материалов с заданными свойствами: высокой прочностью и долговечностью; определены условия эффективного дробления и тонкого измельчения, резания и механической обработки твердых тел с учетом воздействия окружающей среды. Все это, еще раз подтвердило функциональную связь науки о строительных материалах с естественными науками (рис. 2.68).

Основной результат конца XX века в области строительных материалов - рождение и становление научного строительного материаловедения, переход от описательности и эмпиризма к фундаментальности, построению количественных теорий на базе последних достижений физики, химии, математики и других фундаментальных наук. Определенными вехами этого стали представления о композиционной и конгломератной природе строения материалов, способной упорядочить и организовать хаос многочисленных и противоречивых эмпирических результатов. Наиболее полно, общие научные принципы и категории, характерные для совокупности строительных материалов

как целостной системы, представлены в теории искусственных строительных конгломератов (научная школа проф. Рыбьева И. А.), полиструктурной теории (научная школа академика РААСН, проф. Соломатова В. И.), теория структурной механики строительных композитов (научная школа академика РААСН, проф. Комохова П. Г.), концепции основ технологий наномодифицирования структур строительных композитов (научная школа академика РААСН, проф. Чернышова Е. М.).

Рис. 2.68. Связь стройматериалов с естественными науками

В целом, наука о строительных материалах (композитах) - это краеугольный камень строительной технологии. В ней заключено понимание фундаментальных свойств этих материалов, влияние на них окружающей среды и как следствие - обеспечение долговечности зданий и сооружений.

Долговечность относится к комплексной характеристике качества строительных материалов, изделий и конструкций и выражается в их способности

сопротивляться сложному воздействию внешних и внутренних факторов, проявляющихся в эксплуатационный период работы конструкции. О долговечности судят по продолжительности изменения до критических - параметров прочности или деформационной устойчивости как ключевых свойств их надежной эксплуатации. Для определения этой продолжительности проводятся специальные лабораторные исследования и экспертизы, по результатам которых судят о возможностях того или иного изделия. Например, это могут быть испытания на морозостойкость, водостойкость или на проверку прочности. Для материалов несущих и ограждающих конструкций долговечность должна быть не менее срока службы здания и сооружения.

Долговечность оценивается как важнейшее эксплуатационное условие с учетом экспериментальных и расчетных данных и, количественно измеряется временем (в годах) от начала эксплуатации в заданном режиме до момента достижения предельного состояния. В строительных нормах и правилах, действующих в нашей стране, установлены следующие степени долговечности строительных конструкций: I степень со сроком службы не менее 100 лет; II - 50 лет; III - 20 лет.

Период долговечности условно можно разделить на три этапа, или временных элемента. До начала первого этапа имеется еще предэксплуатационный период, который характеризуется в основном набором и формированием структурных элементов и свойств. Он связан с выполнением технологических переделов и поэтому может быть назван как технологический. По сравнению с последующими этапами технологический период непродолжительный, хотя материал, еще не поступивший в эксплуатацию, может уже значительно изменить свою структуру и свойства, особенно при неблагоприятных условиях пребывания его в предэксплуатационное время. Материал, помещенный в конструкции зданий и сооружений, на первом этапе долговечности характеризуется упрочнением структуры, или улучшением показателей свойств, второй этап - харак-

теризуется их относительной стабильностью, третий - деструкцией, т. е. медленным или быстрым нарушением структуры вплоть до ее критического уровня и даже полного разрушения, с соответствующим ухудшением показателей (рис. 2.69). Иными словами происходит процесс адаптации материала конструкции к условиям эксплуатации.

В качестве общего условия адаптации принимают факт сохранения строительным материалом своих потребительских свойств в установленном диапазоне проектных значений. Независимо от способа оценки - по изменению свойств или по отклонению структурных параметров от рациональных - полный период адаптации считается от момента начала выполнения материалом своих функций в конструкции до предельно допустимого (критического) уровня, соответствующего изменению его свойств или структуры.

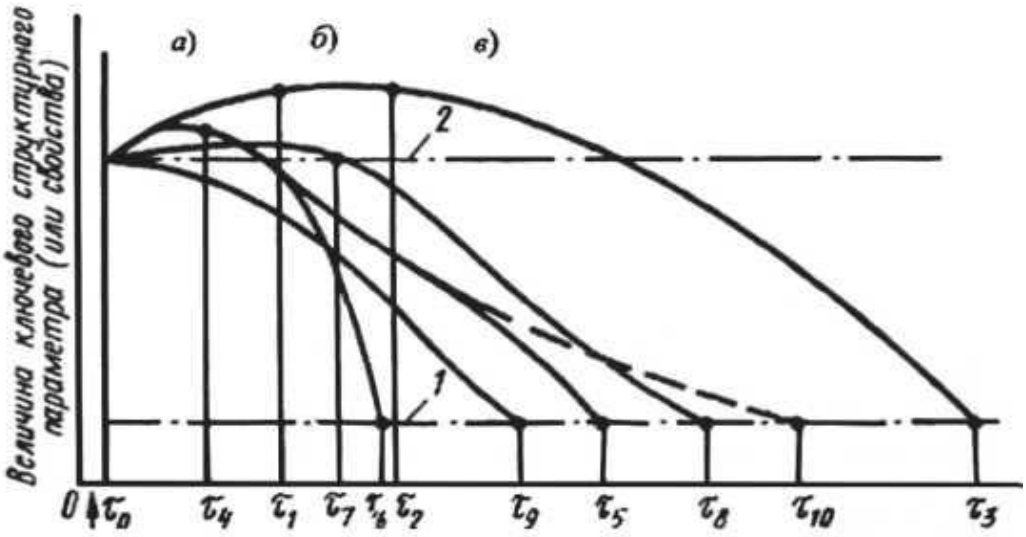


Рис. 2.69. Схема чередования временных этапов адаптации бетонов в эксплуатационный период: а — конструктивный; б — стабильный; в — деструктивный; 1 — уровень предельных (критических) значений ключевого параметра; 2 — предэксплуатационный уровень ключевых параметров

Приведенные, на рис. 2.69, кривые траектории изменения ключевых параметров материала в эксплуатационный период можно характеризовать как: полная адаптация (кривая значительно превышает предэксплуатационный уровень), временная (неполная) адаптация (кривые почти не превышают

предэксплуатационный уровень), отсутствие адаптации (кривые не превышают предэксплуатационный период).

Наиболее жесткие требования по долговечности предъявляются к конструкционным материалам, работающим в экстремальных условиях: агрессивная среда, резкая смена температур и т. д.

Вторичные ресурсы. Практическая реализация теоретических и экспериментальных исследований получила свое отражение в вопросах расширения материальной базы стройиндустрии за счет вторичных ресурсов промышленности и как выход — разработку научно-технической концепции получения новых видов строительных материалов. С ростом промышленного производства объемы отходов, как результат несовершенных технологических процессов, растут. Продукты техногенеза, по сути, являются техногенными, т. е. ранее никогда не существовавшими месторождениями, в которых представлена богатейшая палитра полезных минеральных компонентов. Являясь важным резервом пополнения объемов минерального сырья, техногенные месторождения или образования весьма агрессивно воздействуют на природную среду. Поэтому интерес к их переработке обусловлен не только коммерческими расчетами, но и возросшими экологическими требованиями.

Металлургия традиционно является одним из главных «поставщиков» техногенного сырья. Особенность ее многотоннажных отходов заключается в том, что техногенное сырье уже прошло высокотемпературную обработку, кристаллические структуры в отходах сформировались и они не содержат органических примесей. Наиболее рациональным направлением утилизации металлургических шлаков, а также отходов энергетической и химической отраслей, является их использование при получении различных видов продукции и прежде всего строительного назначения. Их использование в производстве строительных материалов позволяет до 40 % удовлетворить потребность в сырье, на

15—30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений при этом составляет 35—50 %.

В связи с увеличением масштабов строительства, разнообразием конструктивных типов зданий и сооружений, накопленный опыт применения шлакобетонов требует своего продолжения и развития, особенно в районах развитой металлургической промышленности, так как сырье для производства этих бетонов является массовым, дешевым и пригодным для изготовления широкого ассортимента изделий (рис. 2.70).

Рис. 2.70. Диаграмма использования металлургических шлаков

В последнее десятилетие технология строительных композитов развивается в рамках нанотехнологической платформы, которая предполагает решение научных и инженерных задач управления процессами их структурообразования на ультрамикро- и наномасштабных уровнях строения твердой фазы и порового пространства материалов.

В связи с этим актуальным является развитие фундаментальных и поисково-прикладных исследований, обеспечивающих научное обоснование условий применения нанодобавок как одного из определяющих факторов в общей системе факторов управления процессами структурообразования строительных композитов.

2.3 Основы работы строительных конструкций под нагрузкой. Основные требования к несущим конструкциям их преимущества и недостатки.

Конструкции, работающие на сжатие.

Брус, работающий преимущественно на сжатие, в строительной механике принято называть стойкой (колонной).

Колонны (стойки) представляют собой вертикальные стержневые элементы, передающие нагрузку от вышерасположенных конструкций на фундамент или на нижерасположенные конструкции. Колонны применяются для поддержания перекрытий и покрытий зданий, перекрытий рабочих площадок, подкрановых конструкций, путепроводов, трубопроводов и т.п. [7].

Наиболее распространенными материалами для несущих строительных конструкций, в том числе и для колонн, являются: сталь, железобетон, кирпич (камень), древесина. В зависимости от материала за ними закрепились определенные названия: стальные и железобетонные принято называть колоннами, деревянные — стойками, а кирпичные (каменные) — столбами. Сжатые элементы с небольшими размерами поперечного сечения, а также растянутые элементы при расчете называются стержнями. К сжатым элементам относятся: колонны, верхние пояса и часть стержней решетки ферм, пояса арок и др.

По характеру работы различают центрально-сжатые колонны и внецентренно сжатые. Центрально-сжатыми называются элементы, нагрузка на которые действует по центру тяжести сечения (в колоннах с симметричным сечением центр тяжести сечения принимается совпадающим с геометрическим центром (рис. 2.71, а). На внецентренно сжатые колонны сила действует не по центру тяжести, а с эксцентриситетом e_0 (рис. 2.71, б) или, что равнозначно, одновременно приложены продольная сила N и изгибающий момент M, полагая, что $e_0 = M/N$.

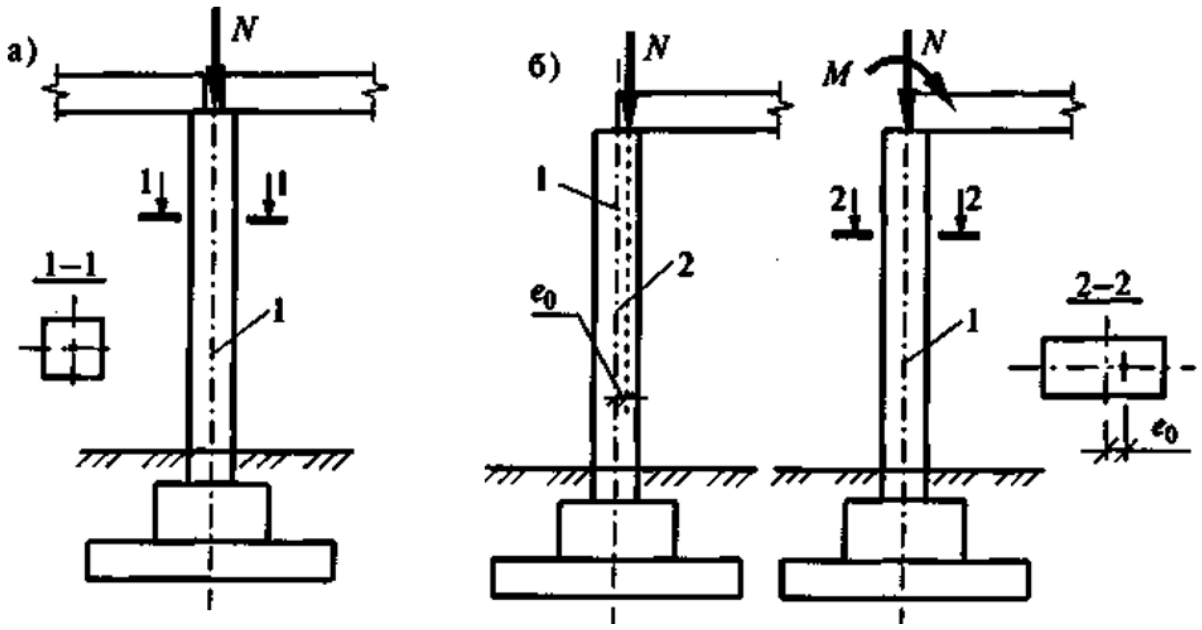


Рис. 2.71. Сжатые колонны: а) центрально-сжатые; б) внецентренно сжатые; 1 — ось центра тяжести колонны; 2 — ось приложения нагрузки

Центральное сжатие более выгодно, так как конструкция испытывает менее сложное напряженное состояние, что позволяет зачастую проектировать более простые сечения элементов и полнее использовать несущую способность материала.

Напряженно-деформированное состояние центрально-сжатых колонн и характер их разрушения зависят от многих факторов: материала, размеров и формы поперечного сечения, длины, способов закрепления концов и т.д. Можно выделить некоторые общие для всех материалов черты в их работе под нагрузкой, а также указать на особенности работы.

Если поставить цель довести колонну (далее будем иметь в виду центрально-сжатую, если не оговорено особо) до разрушения, то в подавляющем большинстве случаев это произойдет от потери общей устойчивости вследствие появления продольного изгиба, или, иначе говоря, выпучивания стойки (рис. 2.72, а). Изгиб стержня может произойти и от силы, приложенной перпендикулярно к его оси, но тогда изгиб называют поперечным, а не продольным (рис. 2.72, б).

При продольном или поперечном изгибе разрушение элемента происходит оттого, что напряжения в его крайних волокнах достигают предельных величин, и материал разрушается. Продольному изгибу в той или иной степени подвержены все сжатые элементы, его проявление зависит от их гибкости и материала, из которого изготовлен сжатый элемент. Стальные и деревянные колонны, как правило, имеют небольшие размеры поперечного сечения и являются более гибкими, а железобетонные и каменные имеют более значительные размеры поперечного сечения и, следовательно, обладают меньшей гибкостью. Нормы учитывают безопасные величины продольного изгиба — это и положено в основу расчета колонн.

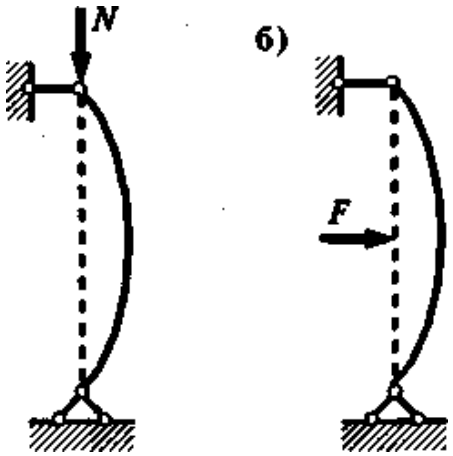


Рис. 2.72. Изгиб стержня: а) продольный изгиб; б) поперечный изгиб

Расчет прочности центрально-сжатых колонн (элементов) ведется из предпосылки, что нормальные напряжения о в их поперечном сечении распределяются равномерно (рис. 2.73).

В строительных конструкциях исходя из расчета по предельным состояниям несущая способность считается обеспеченной, если выполняется условие (2.1)

$$N < \Phi. \qquad (2.1)$$

где *N*— наибольшая вероятная нагрузка;

$Ф$ — наименьшая вероятная несущая способность сечения, которая зависит от расчетного сопротивления материала R и площади поперечного сечения A, т.е. формула (2.1) принимает вид

$$N < RA. \qquad (2.2)$$

Формулу (2.1) можно рассматривать как базовую при расчетах прочности.

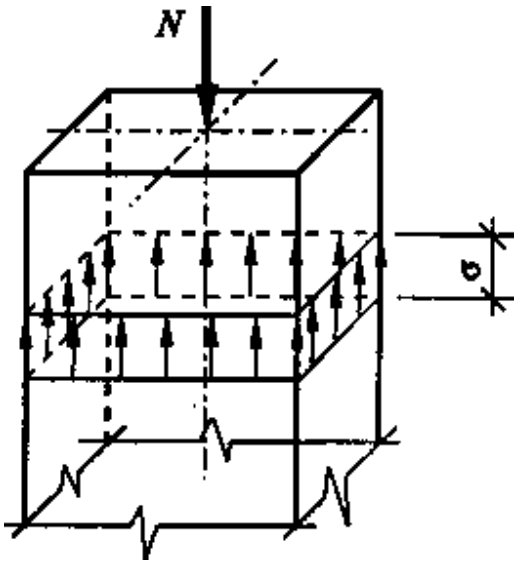


Рис. 2.73. Распределение напряжений в сечении колонны, при центральном сжатии

В большинстве случаев при работе колонн возникает, как уже говорилось, явление продольного изгиба, при котором несущая способность колонны уменьшается. В расчетных формулах сжатых колонн (элементов) это учитывается введением коэффициента продольного изгиба φ , имеющего значения меньше 1,0. Поэтому, расчетная формула для расчета центрально-сжатых колонн независимо от материала принимает вид

$$N < \varphi RA. \qquad (2.3)$$

Формулу (2.3) можно рассматривать как базовую при расчетах на устойчивость. Для каждого из материалов: стали, железобетона, камня, дерева — она видоизменяется с учетом особенностей их работы под нагрузкой.

Величину коэффициента продольного изгиба φ можно определить по формулам, которые опытным путем установлены для каждого из материалов, но для удобства расчетов для его определения в строительных нормах обычно

приводятся таблицы. Основным параметром, от которого зависит φ, является гибкость стержня (колонны) — λ. Не останавливаясь на математических обоснованиях, укажем, что гибкость определяется по формуле

$$\lambda = \frac{l_0}{i}. \qquad (2.4)$$

где l_0 — расчетная длина стержня, которая, в свою очередь, определяется по формуле

$$l_0 = \mu l. \qquad (2.5)$$

где l — геометрическая длина стержня;

μ — коэффициент, зависящий от способов закрепления концов стержня, и определяется он по рис. 2.74: а) шарнирное закрепление верхнего и нижнего концов стержня; б) верхний конец стержня закреплен шарнирно, а нижний защемлен; в) защемление верхнего и нижнего концов стержня; г) верхний конец стержня не закреплен, а нижний защемлен; д) верхний конец стержня закреплен шарнирно на упруго подвижной опоре, а нижний конец стержня защемлен.

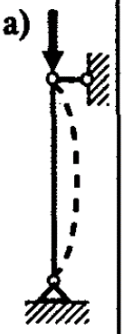
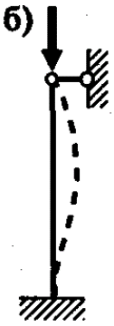
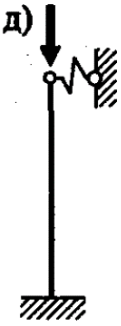
Схемы закрепления концов стержней		а) 	б) 	в)	г)	д) 
Коэффициент μ	**Стальные конструкции**	μ = 1,0	μ = 0,7	μ = 0,5	μ = 2,0	μ – зависит от степени подвижности опоры
	Деревянные конструкции	μ = 1,0	μ = 0,8	μ = 0,65	μ = 2,2	

Рис. 2.74. К определению расчетной длины

Коэффициент расчетной длины μ при расчете деревянных конструкций отличается от коэффициентов, принятых при расчете стальных конструкций, так

как учитывает, что из-за усушки древесины невозможно обеспечить полное защемление концов деревянных стержней. Определение расчетных длин для железобетонных и кирпичных колонн рассмотрено в соответствующих нормах, но в целом выполняется аналогично определению расчетных длин для стальных и деревянных элементов.

В знаменателе формулы (2.4) присутствует величина i , которая называется радиусом инерции. Она определяется по формуле

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}}. \qquad (2.6)$$

где J — момент инерции сечения стержня; A – площадь сечения стержня.

Некоторые формулы для определения характеристик различных сечений, необходимых для расчетов, приведены на рис. 2.75.

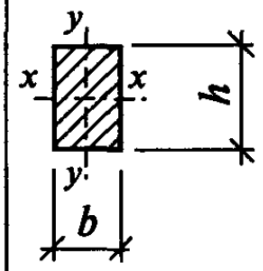
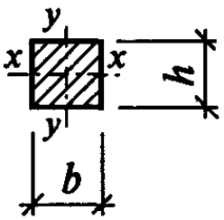
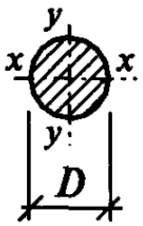
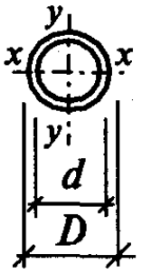
Сечение элемента				
A	bh	bh	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$
I_x	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{b^4}{12}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi d^4}{64}$
I_y	$\frac{hb^3}{12}$	$\frac{b^4}{12}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi d^4}{64}$
i_x	$0{,}289h$	$0{,}289h$	$0{,}25D$	$0{,}25\sqrt{D^2 - d^2}$
i_y	$0{,}289b$	$0{,}289b$	$0{,}25D$	$0{,}25\sqrt{D^2 - d^2}$

Рис. 2.75. К определению геометрических характеристик сечений

Для стального проката (уголков, швеллеров, двутавровых балок) радиусы инерции и другие характеристики приведены в сортаменте (Приложение 1). Вследствие ряда причин расчетные длины стержней могут быть различными в разных плоскостях. Из рисунка 2.76 видно, что форма изгиба конструкции в ее плоскости отличается от формы изгиба в плоскости, лежащей перпендикулярно плоскости конструкции, и, соответственно, расчетные длины стойки при работе в разных плоскостях различны.

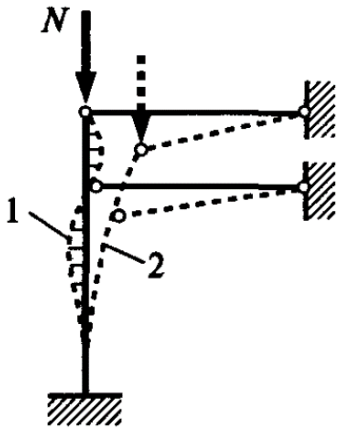


Рис. 2.76. Формы изгиба конструкции в разных плоскостях: 1 — изгиб стойки в плоскости конструкции; 2 — изгиб стойки в плоскости, перпендикулярной плоскости конструкции

Так как размеры сечения часто не одинаковы относительно осей изгиба, могут различаться и радиусы инерции относительно этих осей и, следовательно, могут различаться гибкости.

Продольный изгиб центрально-сжатого элемента будет происходить относительно оси, по отношению к которой гибкость больше.

Для коротких колонн коэффициент продольного изгиба равно единице, обычно при практических расчетах в колоннах значение коэффициента φ = 0,5—0,8. При больших значениях гибкости (длинных колоннах с небольшим сечением) опасное напряженное состояние наступает при очень небольших нагрузках, поэтому вводится понятие предельной гибкости, которая не должна быть превышена независимо от величины нагрузки. Значения предельной гибкости приводятся в нормах, они зависят от характера нагрузки (статическая или динамическая), конструкции, материала. Способы их определения будут

рассмотрены в соответствующих темах специализированных курсов по расчету и проектированию несущих конструкций.

Если сжатая конструкция в расчетном сечении имеет ослабления (отверстия, врезки или состоит из нескольких ветвей), то необходимо проводить расчет прочности и устойчивости (условия 2.1, 2.3). Если в сплошной колонне ослаблений нет, напряжения получаются больше в расчетах устойчивости и в этом случае ограничиваются только расчетом устойчивости (условие 2.3).

В некоторых конструкциях устойчивость элемента в целом обеспечивается, но теряется устойчивость отдельных его участков, и в этом случае необходимо проводить расчет на местную устойчивость, который приводится в нормах проектирования.

Отметим, что основная расчетная формула (2.3) дает возможность решать следующие типы задач:

Тип 1: определение размеров сечения колонны от заданной нагрузки N:

После определения требуемой площади поперечного сечения выполняется подбор размеров сечения. Это наиболее распространенный тип задач при расчете и проектировании колонн;

Тип 2: проверка несущей способности колонны.

Такая задача может возникнуть при изменении нагрузки (замене вышележащих конструкций, оборудования и т.д.), а также при проверке принятых размеров сечения колонны;

Тип 3: определение несущей способности колонны (Φ).

Такая задача может рассматриваться как самостоятельная, но ее применение ограничено, и она является частным случаем типа 2, поэтому мы в дальнейшем будем говорить о двух типах задач при расчете колонн.

Общепринято после подбора сечения делать проверку его несущей способности, поэтому при расчете, как правило, приходится решать оба типа задач.

Материалы, используемые в сжатых элементах, различаются как по прочности, так и по характеру работы при сжатии. Если стальные конструкции работают упруго, то в конструкциях из других материалов уже при относительно небольших нагрузках возникают наряду с упругими деформациями пластические деформации (упругопластическая работа). Все это приводит к тому, что расчеты конструкций, выполненных из различных материалов, имеют свои особенности, которые приводятся в соответствующих СП.

В отличие от центрального сжатия при внецентренном сжатии напряжения в поперечном сечении распределяются неравномерно. При этом возможны три основных случая (рис. 2.77):

При внецентренном сжатии на продольный изгиб оказывает влияние изгибающий момент, и поэтому размеры сечения внецентренно сжатых элементов увеличивают в направлении действия момента, тем самым уменьшая в этом направлении гибкость (увеличивая жесткость).

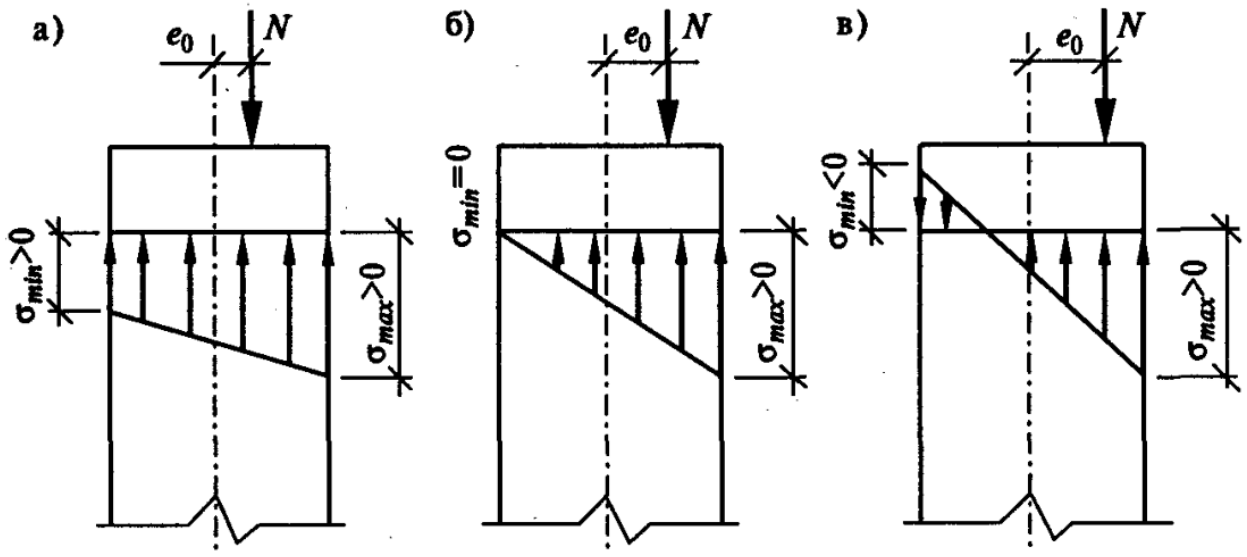


Рис. 2.77. Распределение напряжений при внецентренном сжатии

Расчет внецентренно сжатых колонн более сложен, чем расчет центрально-сжатых колонн, и в большей степени зависит от материала. Внецентренно сжатые железобетонные и каменные колонны необходимо рассчитывать не

только на прочность, общую устойчивость, но в некоторых случаях на раскрытие трещин.

Растянутые элементы

Полностью на растяжение работают крайне мало конструкций, чаще растянутой является не вся конструкция, а ее отдельные элементы. Растянутые элементы, выполненные из бетона, кирпича, камней и железобетона с ненапрягаемой арматурой, способны выдерживать небольшие растягивающие нагрузки, так как в них при относительно небольших напряжениях появляются трещины и они разрушаются. Обычно растянутые элементы выполняются из металла, дерева, и допускается их изготовление из предварительно напряженного железобетона. Растянутые элементы делятся на центрально-растянутые и внецентренно растянутые. Центрально-растянутыми считаются элементы, растягивающая сила на которые действует по центру тяжести сечения. В рамках нашего курса рассматриваются только центрально-растянутые элементы из стали и древесины, к которым можно отнести: элементы ферм, затяжки арок, стенки резервуаров, подвески.

Центральное растяжение отличается от центрального сжатия направлением усилий, и его можно рассматривать как частный случай центрального сжатия, щи котором не возникает продольного изгиба. Структура расчетных формул прочности и гибкости центрально-сжатых и центрально-растянутых элементов одинакова.

Рассмотрим работу центрально-растянутого элемента на примере стальной полосы. При расчете полагается, что при центральном растяжении полосы в ее сечении возникают равномерные растягивающие напряжения σ (рис. 2.78, б). Однако наличие отверстий или вырезов в полосе уменьшает площадь поперечного сечения и вместе с тем приводит к тому, что вблизи отверстий (вырезов) возникает концентрация напряжений (увеличение напряжений по сравнению со средней величиной σ_m . Концентрация напряжений может приводить к разрушению. На этом явлении подробнее останавливаться не будем,

но отметим, что отверстия (вырезы) должны выполняться без острых углов, с плавными обводами, так как это способствует уменьшению концентрации напряжений.

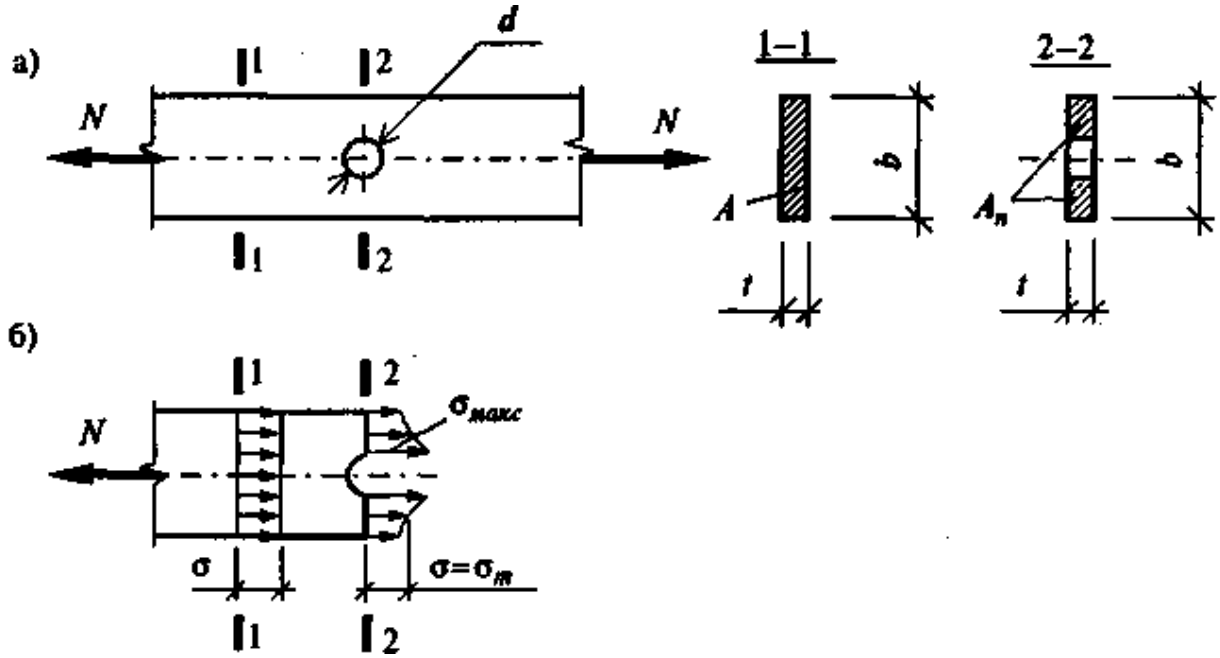


Рис. 2.78. К расчету центрально-растянутого элемента: а) растянутый элемент; б) эпюры нормальных напряжений по сечениям 1-1 и 2-2; Ап — площадь сечения нетто; А — площадь сечения брутто

Разрушение центрально-растянутых элементов происходит по сечению с наименьшей площадью A_n. В случае если ослабления (отверстия, вырезы) отсутствуют, площадь нетто A_n равна площади брутто A.

Расчет прочности центрально-растянутого стального элемента ведется по формуле

$$\sigma \le \frac{N}{A_n} = R_y \gamma_c \,. \qquad (2.7)$$

где N — наибольшее растягивающее усилие, действующее на элемент;

A_n — площадь сечения нетто;

R_y — расчетное сопротивление стали, взятое по пределу текучести;

γ_c — коэффициент условия работы.

Длинные растянутые элементы могут изменять свою первоначальную форму (изгибаться) в результате чрезмерной гибкости, и это может затруднять их дальнейшее применение. Поэтому гибкости растянутых элементов ограничиваются нормами и зависят от назначения элементов и характера действующих нагрузок (статические или динамические).

Проверку гибкости выполняют по формуле

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} \le \lambda_{np}. \qquad (2.8)$$

где l_{ef} – расчетная длина элемента;

i — радиус инерции сечения;

λ_{np} — предельная гибкость.

Как и в сжатых элементах, расчетные длины и радиусы инерции в общем случае могут быть различными относительно разных осей и соответственно различаются гибкости, которые не должны превышать предельную гибкость.

При расчете центрально-растянутых элементов обычно возникают следующие типы задач:

подбор сечения растянутого элемента;

проверка прочности принятого или имеющегося элемента.

Порядок расчета центрально-растянутого стального элемента.

Принимают сталь с учетом рекомендаций СП и определяют расчетное сопротивление стали, взятое по пределу текучести, R_y.

Определяют коэффициент условия работы растянутого элемента γ_c СП).

Определяют требуемую площадь сечения нетто по формуле 2.7. Если элемент не имеет ослаблений площади сечения, брутто и нетто равны, если в элементе имеются ослабления, необходимо требуемую площадь сечения определять как сумму требуемой площади нетто и площади ослабления (величину ослабления назначают, предварительно задавшись толщиной элемента, впоследствии возможна корректировка принятых размеров).

По требуемой площади подбирают сечение элемента и определяют фактические значения площади брутто, нетто, значения радиусов инерции сечения.

Выполняют проверку прочности и гибкости подобранного сечения.

Основы расчета строительных конструкций, работающих на изгиб

В строительной практике балкой принято называть брус, работающий преимущественно на изгиб. Балки воспринимают нагрузки от перекрытий, покрытий или других конструкций и передают их на опоры. В строительстве балки применяют для перекрытия пролетов зданий, рабочих площадок, при возведении мостов и в других случаях. Пролеты, перекрываемые балками в зданиях, могут достигать (в зависимости от материала) 24 м, а при пролетах свыше 24 м обычно применяются другие конструкции: фермы, арки, рамы и др.

Балки изготавливают из стали, железобетона, древесины. Стальные балки выполняются из прокатных профилей или изготавливаются сварными. Железобетонные балки выполняются монолитными или сборными. Деревянные балки выполняются: из цельной древесины, клееными из досок, клееными с использованием строительной фанеры или составными.

В зависимости от назначения балки могут называться: прогоны, ригели, перемычки. Как балки работают многие плиты, ростверки и другие конструкции.

По статической схеме работы балки подразделяются на разрезные, неразрезные, консольные. Балку на двух опорах принято называть простой.

Балки работают на изгиб, который может быть прямым (простым) и сложным. Рассмотрим простейший случай прямого изгиба балки, когда внешние силы действуют в одной (вертикальной) плоскости и перпендикулярно к оси балки. Нагрузки могут быть распределенными или сосредоточенными (сила, момент). В строительной практике наиболее распространены равномерно распределенные нагрузки. Для простоты рассуждений рассмотрим балку прямоугольного сечения (рис. 2.79).

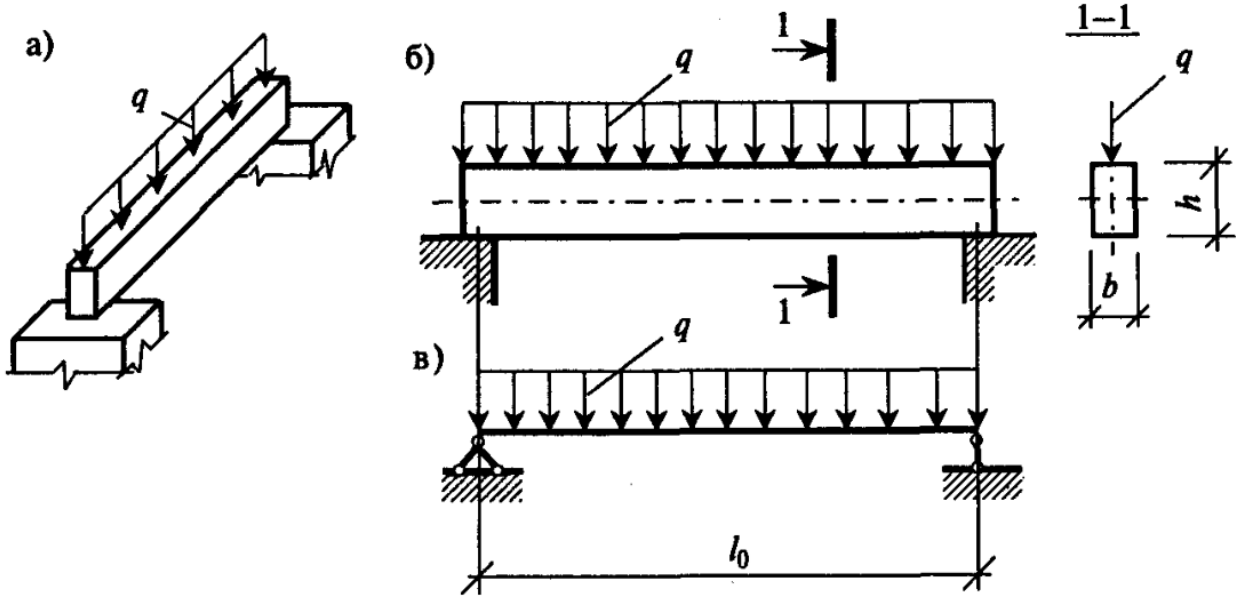


Рис. 2.79. Прямой поперечный изгиб балки от равномерно распределенной нагрузки: а) аксонометрическая схема балки; б) конструктивная схема балки; в) расчетная схема балки

Если не принимаются специальные меры, т.е. балка свободно опирается на опоры, то одна опора считается шарнирно-неподвижной, а другая — шарнирно-подвижной. Из курса «Сопротивление материалов» известно, что прямой изгиб (рис. 2.80) характеризуется:

а) с геометрической точки зрения искривлением оси балки, удлинением растянутых (нижних) и укорочением сжатых (верхних) волокон. При этом нейтральная ось (слой) при искривлении свою длину не изменяет;

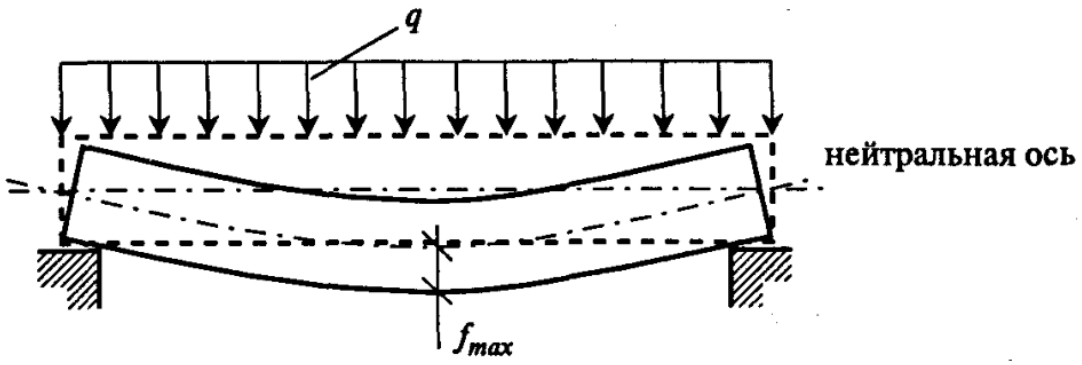


Рис. 2.80. Схема деформации балки

б) с точки зрения статики в любом сечении по длине балки возникают изгибающие моменты *Mx* и поперечные силы *Qx* (рис. 2.81).

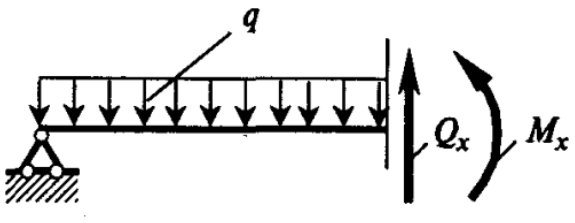


Рис. 2.81. Внутренние усилия в балке: изгибающий момент — Мх и поперечная сила — Qx

Внутренние усилия определяются по правилам строительной механики, в зависимости от расчетной схемы балки и характера нагрузки (сосредоточенные, распределенные, моментные или их сочетания), путем построения эпюр, т.е. графиков изменения длине балки. Для случая действия равномерно распределенной нагрузки на простую балку по всей ее длине эпюры Мх и Qx, как известно из сопротивления материалов, выглядят, как показано на рис. 2.82, б, в.

в) с точки зрения напряженного состояния поперечный изгиб характеризуется наличием нормальных, т.е. перпендикулярных к вертикальной плоскости сечения, нормальных напряжений σ и касательных напряжений τ, лежащих в плоскости сечения. Нормальные напряжения изменяются по линейному закону по высоте сечения, достигая наибольших растягивающих (максимальных) значений в крайних нижних волокнах (слоях) и наибольших сжимающих значений в крайних верхних волокнах. По абсолютному значению они равны.

Касательные напряжения (достигают наибольшего значения на уровне нейтрального слоя (оси х—х) и распределяются по криволинейному закону (параболе) — рис. 2.82, д, е. Из рис. 2.82, г, видно, что нормальные напряжения достигают наибольших значений в середине балки, уменьшаясь влево и вправо от нее, и равны нулю на опорах. Касательные напряжения наоборот, наибольших значений достигают на опорах и равны нулю в середине длины балки.

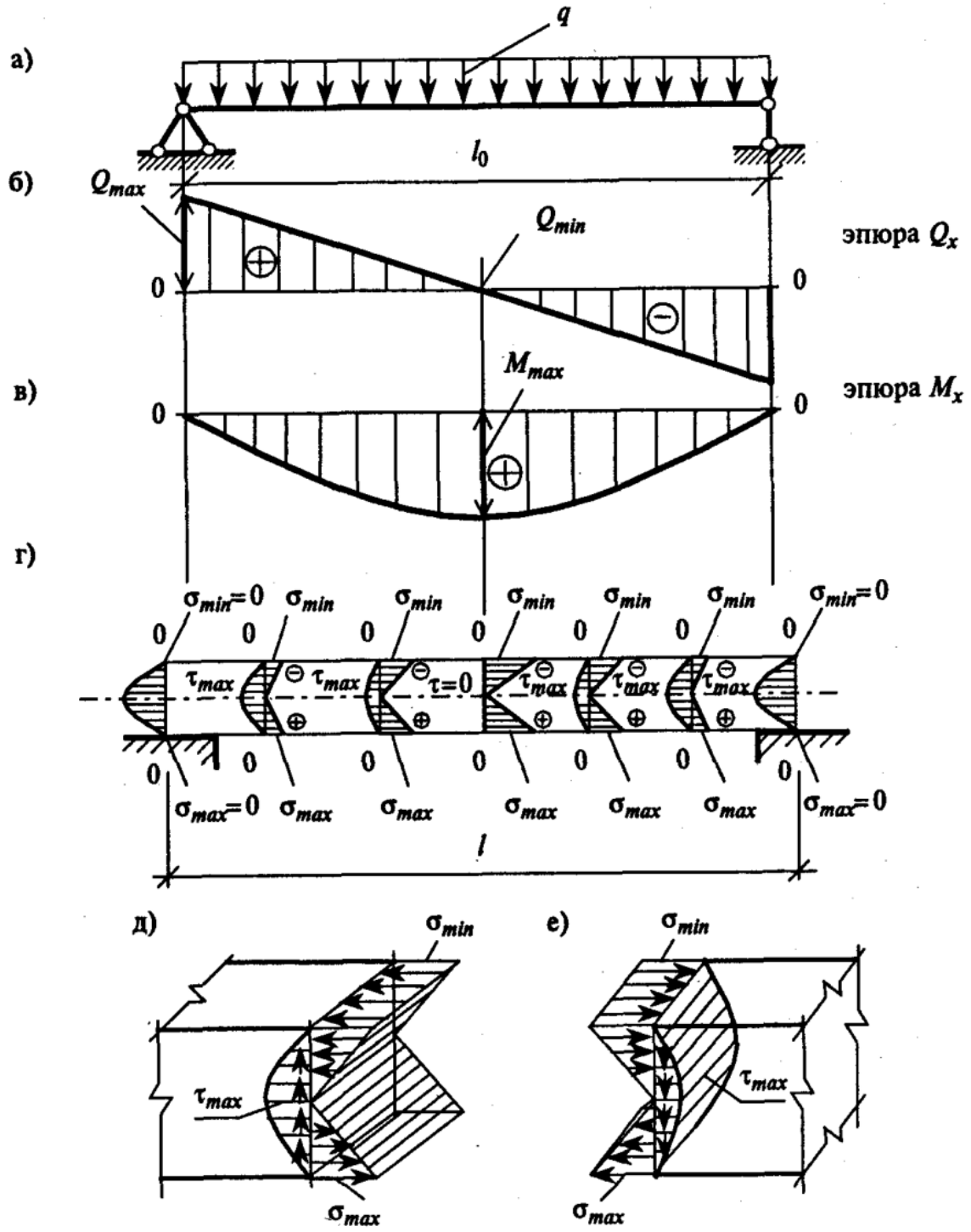


Рис. 2.82. Связь напряжений с внутренними усилиями Mx и Qx в простой балке при равномерно распределенной нагрузке: а) расчетная схема балки; б) эпюра Qx; в) эпюра Mx; г) изменение напряжений по длине и высоте балки; д) аксонометрическое изображение изменения напряжений по высоте балки (левая часть); е) то же правая часть

Описанный характер изменения напряжений по длине балки зависит от изменения изгибающих моментов *Mx* и поперечных сил *Qx*. Нормальные

напряжения ах напрямую зависят от изгибающего момента *Mx*, а касательные — от поперечной силы Qx. Для однородных и упругих материалов они могут быть найдены по формулам сопротивления материалов:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x}, . \qquad (2.9)$$

где *Mx* — изгибающий момент в рассматриваемом сечении балки;

Wx — момент сопротивления относительно оси х—х, определяется по формулам сопротивления материалов; для профилей стального проката принимается по сортаменту;

касательные напряжения в любом сечении балки:

$$\tau = \frac{Q_x S}{J_x b}, . \qquad (2.10)$$

где Q_x — поперечная сила в рассматриваемом сечении;

S — статический момент сечения, определяется по формулам или таблицам;

J_x — момент инерции сечения, определяется аналогично S;

b — ширина сечения балки.

Не останавливаясь на более подробных теоретических выводах, отметим, что, учитывая закон изменения изгибающих моментов *Mx* и нормальных напряжений σ , можно установить рациональное (экономичное) очертание балки. Так, при равномерно распределенной нагрузке наиболее рациональной будет балка переменного по длине сечения, которая повторяет очертания эпюры *Mx* т.е. параболу. Учитывая характер изменения по высоте сечения балки нормальных напряжений σ , можно сделать вывод, что если большая часть материала сосредоточена в крайних зонах сечения — верхней и нижней, а минимум материала — в средней зоне, то сечение получается наиболее рациональным; этому больше всего соответствует двутавровое сечение.

Из вышесказанного следует, что расчет простых балок состоит из проверки следующих двух условий:

1) нормальные напряжения σ в крайних слоях (волокнах) — нижнем и верхнем — не должны превышать расчетных сопротивлений материала на растяжение и сжатие.

Из рис. 2.82, г, видно, что для балки постоянного по длине сечения достаточно выполнить условия (1) для сечения, находящегося в середине балки, где σ достигают наибольшего значения на всей ее длине;

2) касательные напряжения, которые достигают наибольших значений на уровне нейтрального слоя, не должны превышать расчетных сопротивлений материала сдвигу.

Для прямоугольных сечений при равномерно распределенной нагрузке касательные напряжения невелики из-за значительной ширины балки, но для балок двутаврового сечения, особенно при действии на них сосредоточенных нагрузок, такой расчет необходим.

Из рис. 2.82, г, видно, что в поперечных сечениях, расположенных между опорами балки и ее серединой, по длине балки одновременно возникают нормальные и касательные напряжения. Их совместное действие может вызвать опасное напряженное состояние. Оно не опасно при равномерно распределенной нагрузке для прямоугольных сечений, выполненных из однородного материала, и прокатных стальных двутавров, в сортамент которых заложены такие размеры стенок, которые обеспечивают достаточную прочность. При сосредоточенных нагрузках в стальных и деревянных конструкциях, а для железобетонных конструкций и при действии равномерно распределенной нагрузки необходима проверка специальных условий прочности.

Рассмотрим особенности работы стальных балок под нагрузкой. Сталь, как уже отмечалось, является почти идеальным материалом, если иметь в виду ее упругость и однородность в сравнении с другими строительными материалами. При этом она обладает высокими прочностными свойствами.

Наиболее экономичной и потому широко распространенной формой поперечного сечения стальной балки является двутавровое сечение (прокатное,

сварное), которое также имеет распро- странение и в других материалах (деревянные клееные балки, железобетонные балки двутаврового сечения).

Свойства стали и применяемые формы поперечного сечения балок приводят к следующим особенностям их работы и расчета:

1) как и во всех балках, в стальных возникают нормальные , и касательные напряжения, из рис. 2.83 видно, что они в целом распределяются по высоте аналогично напряжениям в балке прямоугольного сечения (см. рис. 2.82). Расчет прочности по нормальным и касательным напряжениям остается одним из основных;

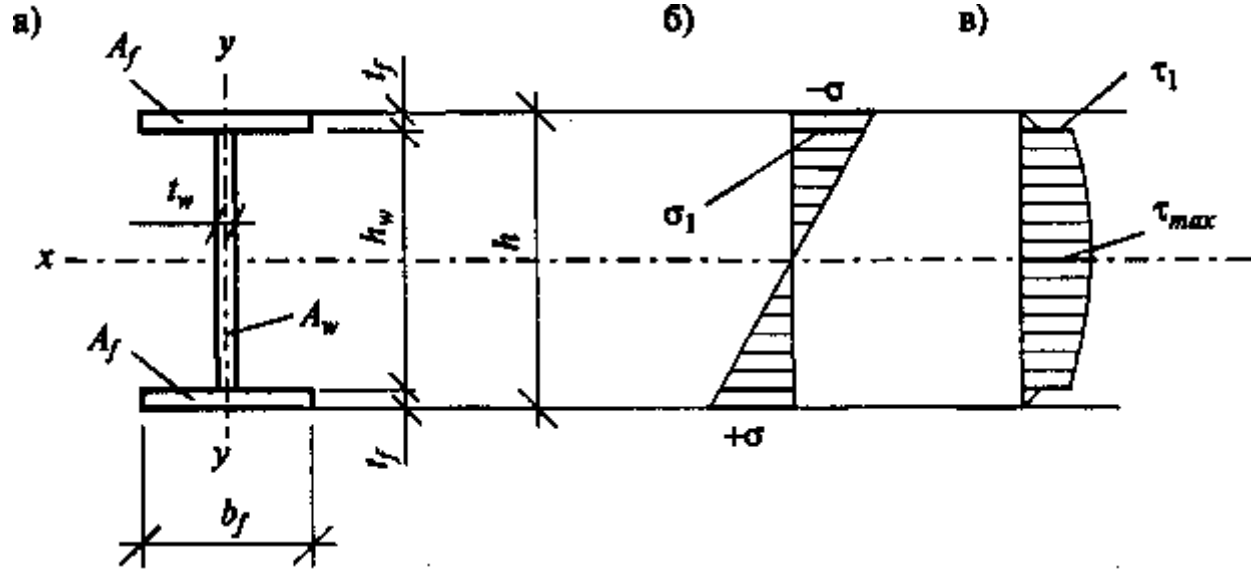


Рис. 2.83. Напряжения в стальной двутавровой балке: а) обозначения, принятые при расчетах составных сварных балок; б) эпюра нормальных напряжений; в) эпюра *касательных напряжений в сечении*

2) в балках возможна потеря общей устойчивости, т.е. балки под действием силы могут тереть первоначальную форму, выпучиваться и закручиваться в вертикальной плоскости (рис. 2.84);

3) при выполнении элементов сечения балки тонкими и высокими (или с длинными свисающими свесами полок) возможна потеря местной устойчивости, т.е. их искривление на относительно небольшом участке (рис. 2.85);

4) как и все балки, стальная балка, деформируясь, прогибается в плоскости действия нагрузки; прогибы неизбежны, но их величины, как уже отмечалось, ограничиваются нормами.

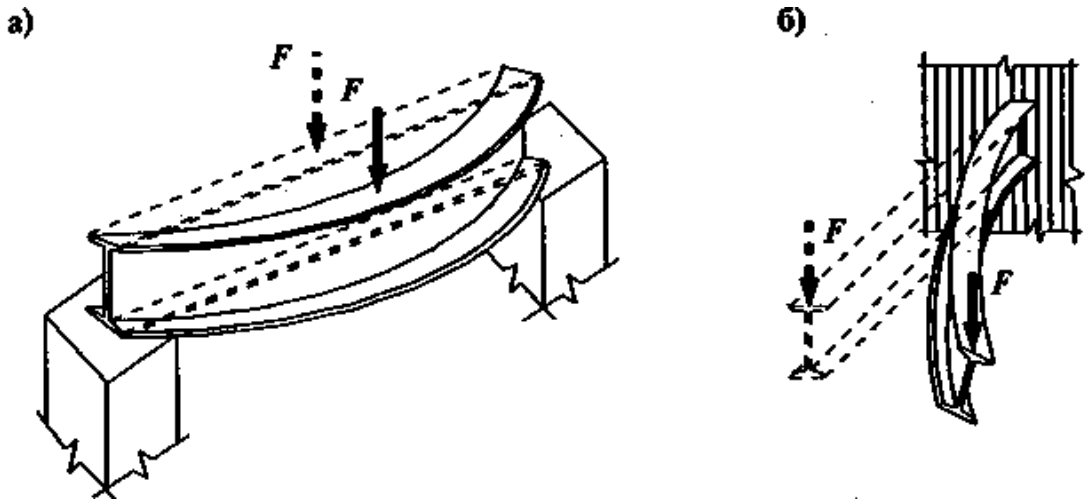


Рис. 2.84. Примеры потери общей устойчивости в балках: а) балка на двух опорах; б) консольная балка

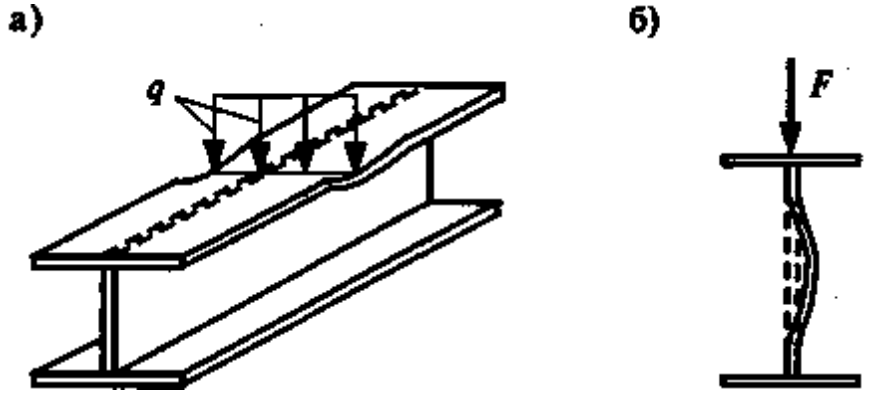


Рис. 2.85. Примеры потери местной устойчивости: а) полки; б) стенки

Порядок расчета прокатной балки

Прокатные балки проектируются из двутавров, реже швеллеров. При расчете возникают следующие типы задач: подбор сечения (тип 1), проверка прочности имеющейся балки (тип 2).

Подбор сечения прокатных балок (тип 1) можно выполнять в следующей последовательности:

Определяют тип балочной клетки, шаг балок, пролет балки; собирают нагрузки на один погонный метр балки с учетом нагрузки от ее собственного веса (нагрузка от веса балки принимается приблизительно); определяют расчетную схему балки и строят эпюры поперечных сил и моментов.

Принимают сталь и находят ее расчетное сопротивление R_y устанавливают коэффициент условия работы γ_c.

По максимальному моменту определяют требуемый момент сопротивления из уравнения (2.9):

$$W_x = \frac{M}{R_y \gamma_c}. \qquad (2.11)$$

По сортаменту прокатных профилей находят двутавр, имеющий момент сопротивления, который равен или несколько больше требуемого. Для подобранного двутавра выписывают фактические значения: момента сопротивления W_x, момента инерции, статического момента толщины стенки двутавра *t*.

Для контроля подобранного сечения производят проверку подобранного сечения двутавра по формуле

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \le R_y \gamma_c. \qquad (2.12)$$

Как уже отмечалось, двутавровые балки, выполненные из прокатных профилей, при действии на них равномерно распределенной нагрузки можно не рассчитывать по прочности на касательные напряжения, но в случае воздействия на них сосредоточенных сил следует проверять подобранное сечение по формуле (2.13)

$$\tau = \frac{QS}{Jt} \le R_s \gamma_c. \qquad (2.13)$$

где Q — максимальная поперечная сила;

$R_s = 0,58 R_y$.

Часто по балкам устраивается жесткий настил, который препятствует потере общей устойчивости, но в случае, если возможна потеря общей устойчивости, необходимо проводить соответствующий расчет по СП. При

воздействии на верхний пояс балки сосредоточенных нагрузок также следует проводить проверку местной устойчивости стенки.

Проводят расчет балки по деформациям (расчетные формулы для определения прогибов для различных схем загружения приведены в справочной литературе); для балки, изображенной на рис. 2.86.

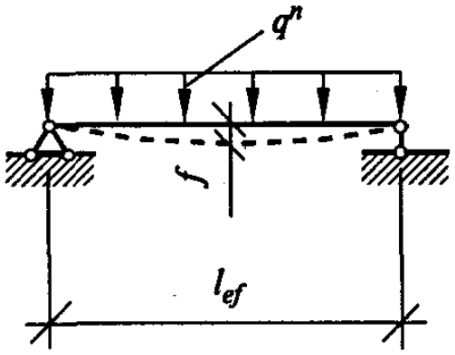


Рис. 2.86. Расчетная схема балки

$$f = \frac{5q_n l_{ef}^4}{384EJ_x} \le f_u . \qquad (2.14)$$

где E — модуль упругости стали;

J_x — момент инерции, взятый относительно оси изгиба балки; q_n — нормативная распределенная по длине балки (погонная) нагрузка. Прогибы балок ограничиваются предельными прогибами f_u.

Прогиб балок определяется от действия нормативных нагрузок, так как данный расчет относится ко второй группе предельных состояний. В случае если прогиб получился больше предельного, следует увеличивать сечение балки и заново производить проверку прогиба. Расчет балок из прокатных швеллеров производят аналогично расчету балок из прокатных двутавров.

Основания

Здания и сооружения передают нагрузки на основания, которые состоят из грунтов. Изучением свойств грунтов и созданием теории их расчета занимается дисциплина «Механика грунтов».

Грунты — это горные породы, почвы, техногенные образования, которые залегают в верхней части земной коры, являются объектом инженерно-

хозяйственной деятельности человека и могут быть использованы в качестве оснований зданий и сооружений, среды для размещения в них сооружений, материала самого сооружения.

Наиболее часто в качестве оснований используются несцементированные, сыпучие и глинистые грунты, реже, так как реже выходят на поверхность, скальные грунты. Классификация грунтов в строительстве принимается в соответствии с ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация».

Знание строительной классификации грунтов требуется для оценки их свойств как оснований под фундаменты зданий и сооружений. Грунты делятся на классы по общему характеру структурных связей. Различают: класс природных скальных грунтов, класс природных дисперсных грунтов, класс природных мерзлых грунтов, класс техногенных грунтов. Более подробно рассмотрим класс природных скальных грунтов и класс дисперсных грунтов.

Скальные грунты — грунты с жесткими структурными связями (кристаллизационными и цементационными). Скальные грунты могут состоять из изверженных, метаморфических и осадочных сцементированных горных пород. Наиболее распространенные виды скального грунта: граниты, песчаники, известняки и др.

Класс скальных грунтов подразделяется на группы (скальные и полускальные грунты). Условная граница между скальными и полускальными грунтами принимается по расчетному значению предела прочности на одноосное сжатие скальных грунтов *Rc*.

Дисперсные грунты — фунты, состоящие из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера, слабо связанных друг с другом. Эти фунты образуются в результате выветривания скальных фунтов с последующей транспортировкой продуктов выветривания водным или эоловым (воздушным) путем и их отложения.

Дисперсные фунты делятся на две фуппы: связные дисперсные грунты — это фунты с водно-коллоидными связями (глинистые Фунты, илы, сапропели,

заторфленные фунты, торфы); несвязанные дисперсные грунты (пески, крупнообломочные фунты). В крупнообломочных фунтах могут всфечаться окатанные частицы и неокатанные. Щебень представляет собой неокатанные обломки горных пород размером от 10 до 100 мм, окатанные обломки таких размеров называются галькой. Дресва — мелкие осфореб- ристые обломки породы размером от 2 до 10 мм, окатанные обломки таких размеров называются фавием.

Из вышеперечисленных фунтов состоят основания. Основанием называют часть массива фунтов, непосредственно воспринимающую нафузки от фундамента. Различают естественные и искусственные основания: естественные основания состоят из Фунтов природного сложения, а искусственные основания — из уплотненных, закрепленных или замененных фунтов. В случае если основания состоят из одного слоя фунта (пласта), они называются однородными, из нескольких пластов—неоднородными. Пласт фунта, непосредственно воспринимающий нафузки от фундамента, называется несущим, а нижележащие пласты —подстилающими.

Расчет оснований ведется по двум группам предельных состояний, при этом учитывается совместная работа оснований, фундаментов и надземных конструкций.

Фундаментом называют подземную часть здания или сооружения, которая предназначена д ля передачи нагрузок на основание. Нагрузка N, приходящаяся на верхний обрез фундамента, распределяется по подошве фундамента и вызывает давление в основании (рис. 2.87).

Для расчета фундаментов и оснований необходимо знать свойства грунтов, которые разделяются на физические и механические.

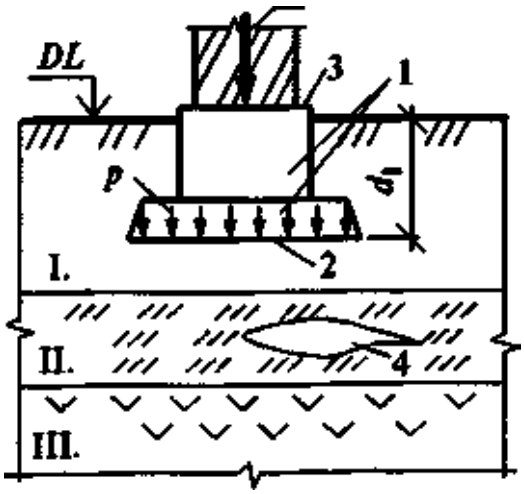


Рис. 2.87. Основные *понятия:* 1 — фундамент; 2 — подошва фундамента;. 3 — верхний обрез фундамента; 4 — линза (включение в пласт другого грунта); DL — отметка планировки; d, - глубина заложения фундамента; I—несущий пласт; I I, I I I — подстилающие пласты

Различают фундаменты неглубокого заложения, свайные фундаменты и фундаменты глубокого заложения (опускные колодцы, кессоны). Фундаменты неглубокого заложения выполняются в заранее вырытых траншеях или котлованах глубиной до 5 м (чаще всего глубина заложения таких фундаментов составляет 1—3 м). Можно выделить следующие типы фундаментов неглубокого заложения: ленточные фундаменты под стены или под ряды колонн; отдельные фундаменты под колонны или стены в комбинации с фундаментными балками; сплошные — выполненные в виде плиты под всем зданием или сооружением; массивные фундаменты под башни, мачты и т.п. (рис. 2.88).

По материалу фундаменты выполняются железобетонными (сборными или монолитными), бетонными, бутобетонными, бутовыми.

Глубина заложения фундамента *d,* (расстояние от отметки планировки до подошвы фундамента) обычно назначается с учетом:

геологических и гидрогеологических условий площадки строительства;

климатических особенностей района строительства (глубины промерзания);

конструктивных особенностей зданий и сооружений.

При назначении глубины заложения фундамента должны также учитываться особенности приложения и величины нагрузок, технология производства работ при возведении фундаментов, материалы фундаментов и другие факторы.

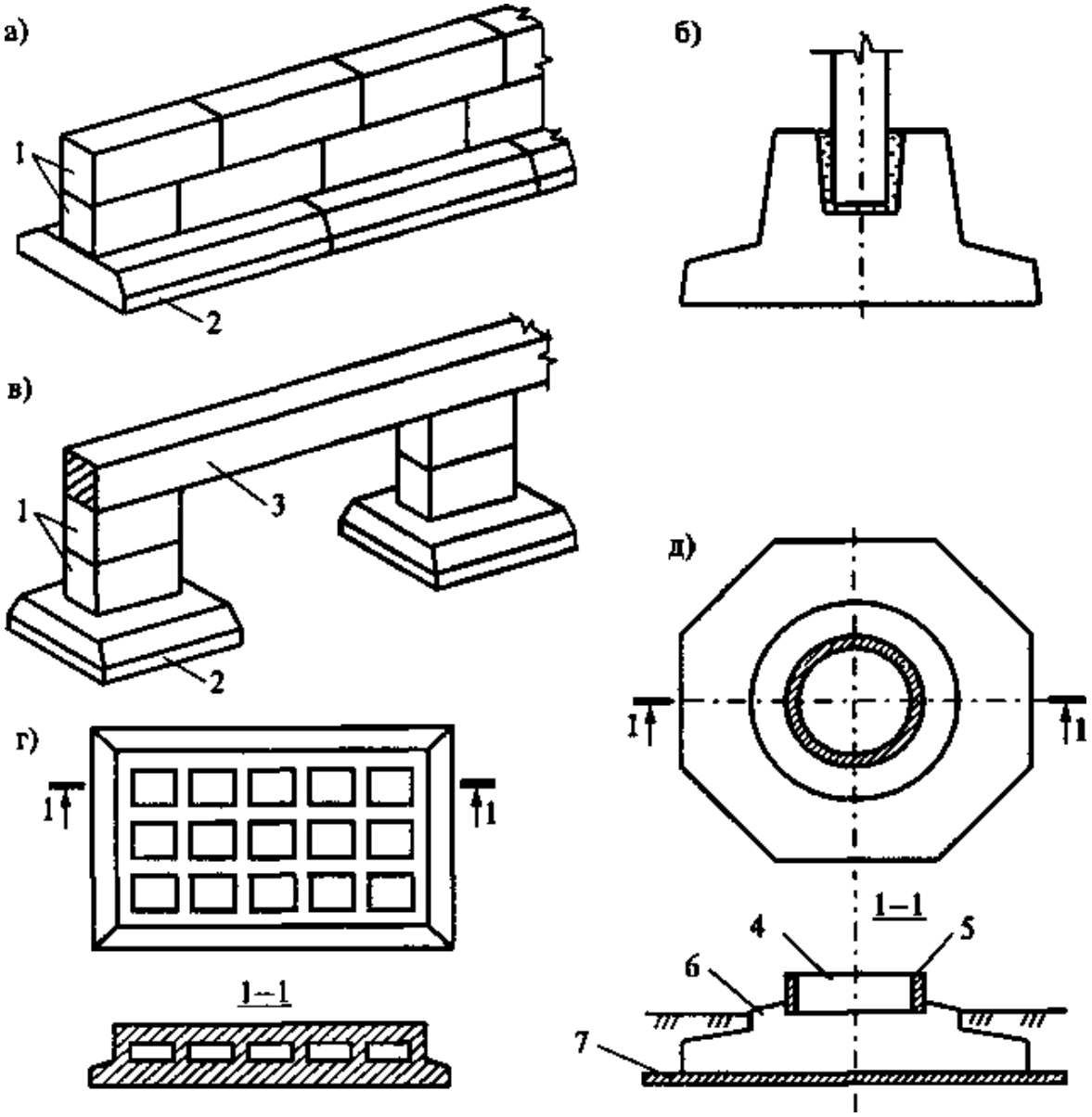


Рис. 2.88. Фундаменты мелкого заложения: а) ленточный; б) отдельный под колонну; в) отдельный под стену; г) в виде сплошной плиты; д) массивный под доменную печь; 1 — фундаментные блоки; 2 — фундаментная подушка; 3 — фундаментная балка (рандбалка); 4 — огнеупорный бетон; 5 — шамотный кирпич; 6 — железобетон; 7 — подготовка

От размеров подошвы фундамента зависит его осадка (деформация). Расчет по деформациям относится ко второй группе предельных состояний, и, соответственно, расчеты размеров подошвы фундамента следует вести по

нагрузкам, принятым для расчета второй группы предельных состояний (сервисная нагрузка). Сервисная нагрузка принимается равной нормативной нагрузке или определяется приближенно через расчетную нагрузку, деленную на 1,2 — средний коэффициент надежности по нагрузкам.

Нагрузка *Nser* собирается до верхнего обреза фундамента, поэтому при определении размеров подошвы фундамента необходимо учитывать и нагрузку от его собственного веса и веса грунта, находящегося на уступах фундамента, — *Nfi* так как они также оказывают дополнительное давление на грунт. Нагрузку *Nf* можно примерно определить как произведение объема, занятого фундаментом и грунтом, находящимся на его обрезах — $V=Ad_1$ на средний удельный вес бетона и грунта, равный γ_m=20 кН/м^3 (рис. 2.89); *Af*— площадь подошвы фундамента.

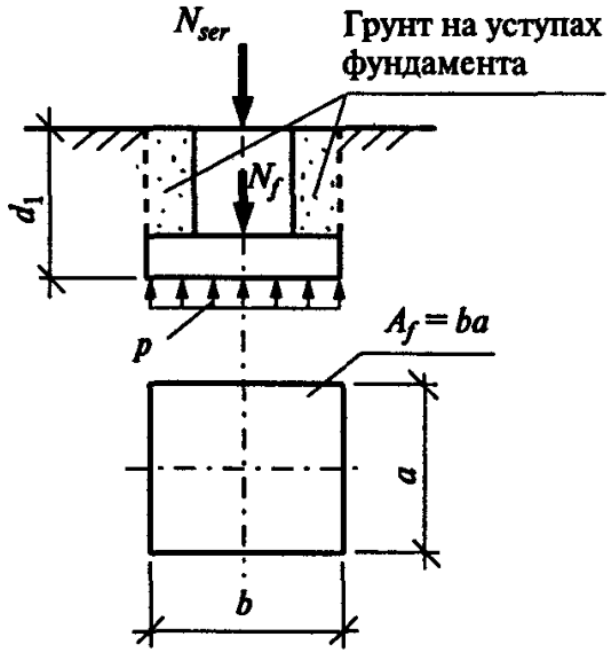


Рис. *2.89. К определению давления под подошвой фундамента*

Приравняв давление под подошвой фундамента расчетному сопротивлению грунта *p* = *R*, можно вывести формулу для определения требуемой площади подошвы фундамента

$$A_f = \frac{N_{ser}}{R - \gamma_m d_1}. \qquad (2.15)$$

В случае расчета ленточных фундаментов условно вырезают 1 метр длины фундамента (рис. 2.90), собирают на него нагрузку и находят ширину подушки b, пользуясь формулой (2.15) для определения площади подошвы отдельно стоящего фундамента

	$$b = \frac{N_{ser}}{R - \gamma_m d_1}.$$	(2.16)

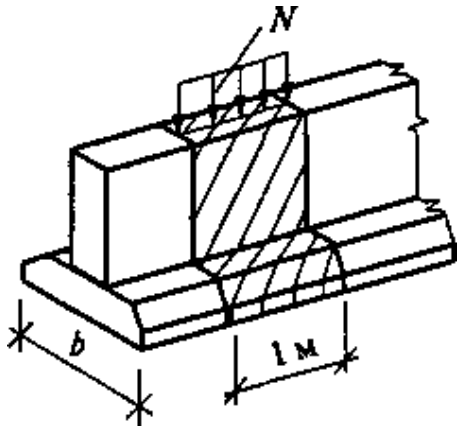
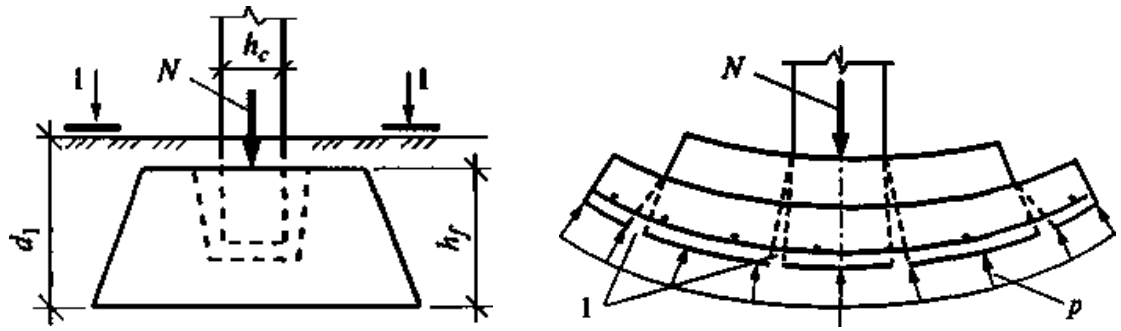


Рис. 2.90. Расчетный участок ленточного фундамента

Для проверки существующих или принятых по расчету ленточных фундаментов определяется давление по подошве фундамента аналогично расчету отдельно стоящего фундамента, но вместо площади фундамента подставляется ширина подушки,

Расчет прочности тела фундамента в отличие от расчета основания ведется по первой группе предельных состояний, поэтому используется расчетная нагрузка N. Под подошвой фундамента от действия нагрузки возникает отпор грунта (реакция) р, фундамент деформируется, происходит изгиб подошвы фундамента (рис. 2.91). При этом может происходить его разрушение за счет образования трещин по нормальным сечениям, т.е. подошва фундамента работает как плита. Арматура, поставленная в нижней части фундамента (арматурные сетки), воспринимает растягивающие напряжения.



2.91. Характер деформации фундамента: 1 — трещины

Расчетом необходимо проверить сечение по краю колонны и те места, где происходит изменение высоты фундамента, которые являются наиболее опасными (сечения 1—1, 2—2, рис. 2.92).

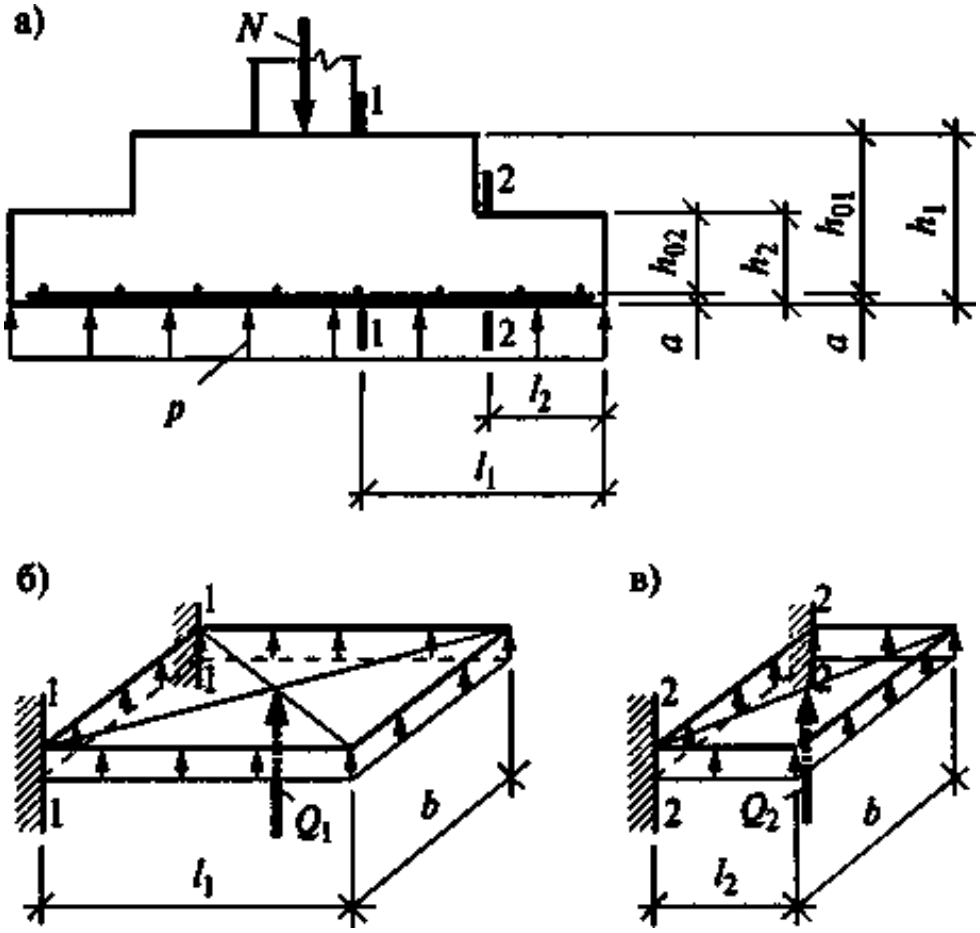


Рис. 2.92. К расчету арматуры фундамента: а) расчетные сечения фундамента; б) часть подошвы фундамента, отсеченная сечением 1-1; в) то же сечением 2-2

Из сказанного понятно, что арматура подошвы фундамента рассчитывается как арматура изгибаемых элементов, воспринимающая

растягивающие усилия, возникающие в растянутой зоне бетона. Для определения изгибающего момента в сечении 1—1 рассматриваем отсеченную сечением часть фундамента как консоль, равномерно загруженную снизу реакцией грунта р. Равнодействующая реакции грунта на отсеченной части *Q* приложена в центре тяжести консоли, для сечений 1—1,2—2 соответственно.

Разрушение фундамента может также происходить от продавли- вания колонной фундамента. Опытным путем установлено, что разрушение фундамента при продавливают происходит по усеченной пирамиде (пирамида продавливания). Нагрузка в теле железобетонного фундамента в ряде случаев распределяется под углом 45° (рис. 2.93). Так как реакция грунта р действует по всей поверхности подошвы фундамента, а нагрузка *N* распределяется в теле фундамента по пирамиде продавливания, то образуется неуравновешенная часть нагрузки — продавливающая сила *F*.

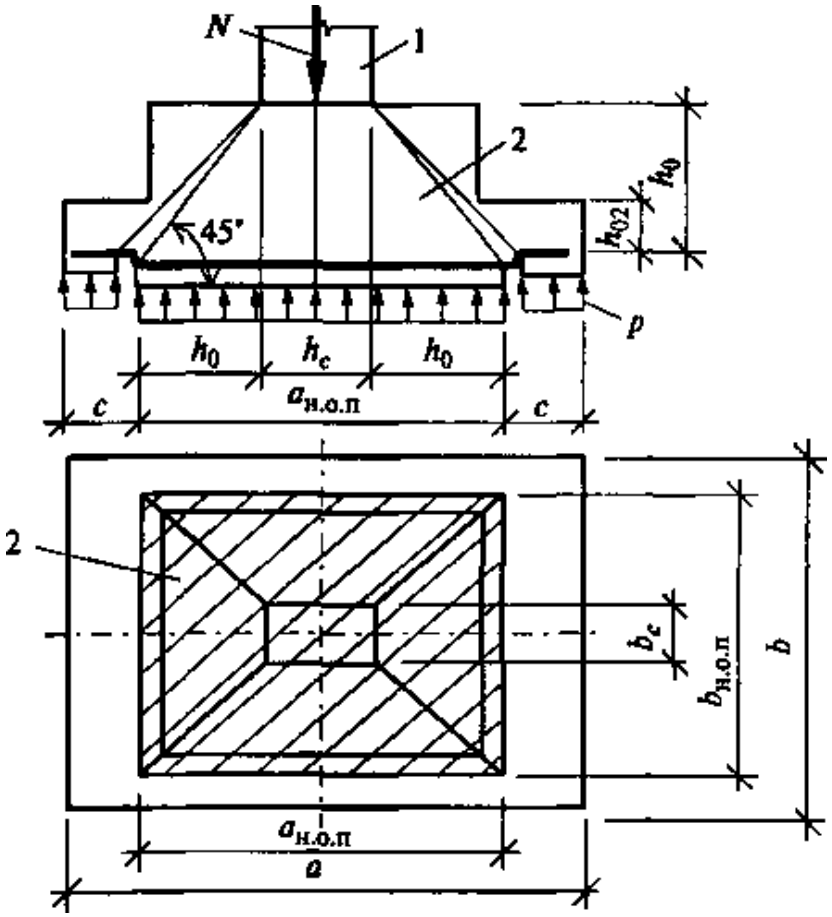


Рис. 2.93. Продавливание фундамента:

1 — колонна; 2 — пирамида продавливания

На внецентренно нагруженные фундаменты кроме силы ^действует изгибающий момент М. Реакция грунта под подошвой фундамента в результате действия изгибающего момента распределяется неравномерно. Так, в сечении 1—1 действует реакция, изменяющаяся от значений p1, до p2 (рис. 2.94). Установив среднее давление (напряжение) под подошвой отсеченной сечением 1-1 части фундамента, можно определить требуемую площадь арматуры подошвы так же, как в центрально-нагруженном фундаменте.

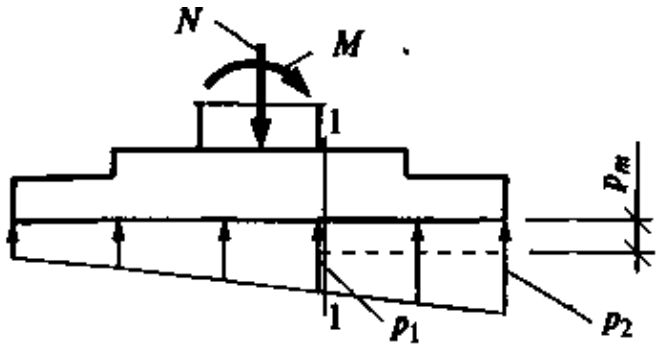


Рис. 2.94. Внецентренно сжатый фундамент

Расчет прочности ленточных фундаментов заключается в определении арматуры в подушке фундамента и проверке достаточности высоты подушки на действие поперечной силы. В случае если в ленточном фундаменте не требуется установки подушки, то расчет прочности по материалу не проводится, а просто назначается класс прочности бетона фундамента. Характер разрушения ленточного фундамента показан на рис. 2.95.

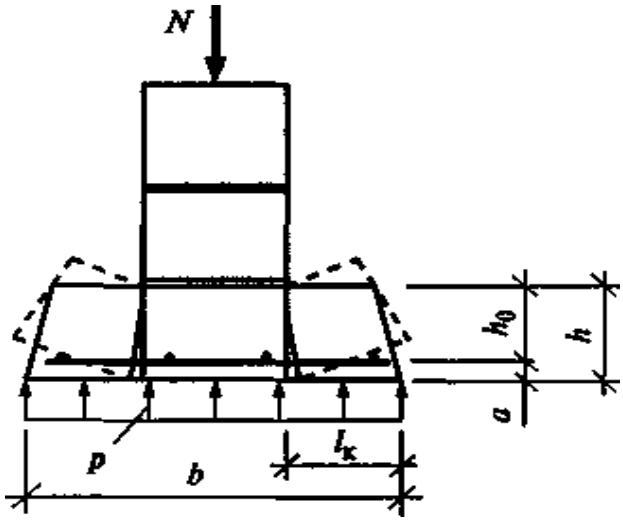


Рис. 2.95. Разрушение плиты ленточного фундамента

Несущие конструкции в зданиях и сооружениях могут по-разному соединяться между собой. В простейших сооружениях стойки (колонны) и свободно опирающиеся на них балки (ригели, фермы) работают под нагрузкой практически независимо друг от друга, представляя собой стоечно-балочную систему, в которой каждая конструкция рассчитывается отдельно. Здания производственного и гражданского назначения и многие сооружения часто проектируются таким образом, что колонны и ригели, шарнирно или жестко соединяясь между собой, работают совместно, образуя рамную конструкцию. В рамах изменение усилий в одном элементе обязательно ведет к изменению усилий и в других элементах, причем установить такую зависимость бывает достаточно сложно. В рамах совместная работа ригеля со стойками обеспечивает значительное снижение изгибающих моментов в ригеле й повышает поперечную жесткость и устойчивость сооружения.

2.4 Основные этапы проектирования несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Основные этапы проектирования отдельной несущей конструкции:

- инженерный замысел;
- составление расчетной схемы или вариантов расчетных схем;
- определение внутренних усилий, напряжений, деформаций, перемещений конструкции;
- проверка граничных неравенств для предельных состояний;
- выбор рациональных проектных параметров;
- конструирование;
- проверочный расчет (при необходимости) [12, 13];

Основные этапы проектирования конструктивных систем зданий и сооружений:

- постановка задачи;
- получение и оценка информации о существующих подобных объектах;
- разработка и анализ возможных технических решений;
- отбор решений, отвечающих требованиям задачи;
- выбор окончательного варианта;
- разработка проектной документаций с тщательной проверкой принятых решений;
- оценка авторами собственного проекта.

Постановка задачи. Исходная позиции, от которой начинается экспансия идей. Как правило, выражает требования заказчика (инвестора) что он хотел бы получить в итоге работы. Эта стадия определяет объемы инженерных изысканий, необходимой информации для предпроектных и проектных работ, обязательность научного сопровождения и контактов с производственниками и строителями - будущими партнерами.

Предпроектная стадия. Информационные службы по заявке авторов обязаны предоставить по возможности полную ретроспективу уже построенных зданий - аналогов. Рассмотрение этих материалов позволит приступить к разработке «Технического задания», «Технических условий на проектирование» и «Бизнес-плана», В этих документах выявляется необходимость привлечения геофизических методов для того, чтобы не вслепую составлять задания на геологические изыскания; оцениваются особые (если они есть) условия строительства; устанавливаются требования к исходным данным проектирования и ориентировочные (по аналогам) затраты, сопоставимые с предполагаемым финансированием, и возможные выгоды от реализованного проекта.

Разработка и анализ возможных вариантов. Наиболее важная особенность проектирования уникальных сооружений - генерирование идей, основанных на профессиональных знаниях, опыте и способности главных действующих лиц - руководителей проекта нестандартно мыслить. Этот процесс не может быть

компьютеризован, так как компьютер не предназначается для такой работы. Творчество – пока привилегия человека. Компьютеру следует отвести правильную роль – роль технического инструмента. С хорошим программным обеспечением, он окажет затем огромную помощь проектировщику. При проектировании уникальных сооружений, выдвигаемые идеи должны быть технически и экономически обоснованы. И в этой изначальной работе уже намечается будущее окончательное решение и потому она должна строиться на учете требований надежности, технологичности, экономической эффективности, экологических и социальных факторов.

Концептуальный раздел проекта – (начальное эскизирование) – характерен выводами из переработанной информации, появлением различных идей, воплощаемых в разнообразные технические решения. Концепция проекта – знание, базирующиеся на индивидуальности автора, откорректированное работой с другими специалистами: архитекторами, технологами, производственниками и строителями и т. п. Проектирование уникальных сооружений настолько комплексная задача, что, бесспорно, не может быть решена в одиночку. Во многом успешное её решение зависит от способности участников проекта работать сообща. Их участие на ранних стадиях проекта эквивалентно интуитивной стратегии проверки и «фильтрованию» решений, которые могут исключить существенную часть погрешностей.

Отбор решений, отвечающих требованиям изначально поставленной задачи. Выбор окончательного варианта. Для инженера-конструктора задача отбора может быть упрощена нахождением в наработанном материале рациональных решений. То есть, таких, когда при соблюдении всех превосходящих условий (статических, динамических, технологических и др.) затрачивается минимально возможное количество материала, труда, энергии, денег. Но конструктор в коллективе не один и не всегда рациональность определяет архитектуру (сооружения Токийской Олимпиады, Сиднейский оперный театр тому подтверждение). Выбор окончательного решения не так

однозначен, как хотелось бы инженерам. Как правило, это трудоемкая работа всех участников Проекта. На этой стадии ценны ограничения для решений, ведущих в тупик, но еще более значима генеральная идея, отвечающая задачам, сформулированным в техническом задании. А когда уже найден окончательный вариант будущего сооружения, можно приступить к расчетам конструкций и разработке чертежей.

Разработка проектной документации с тщательной проверкой принятых решений. Разработка проектов уникальных сооружений требует многих специальных знаний из статики и динамики сооружений. Нагрузки и воздействия, устойчивость системы в целом и отдельных структурных элементов, физическая и геометрическая нелинейность, кратковременная идлительная ползучесть, надежность и запасы прочности материалов, параметрическая чувствительность конструктивной системы к внутренним структурным изменениям в зависимости от степени статической неопределимости — все перечисленное должно быть в поле зрения инженера — конструктора.

Кроме того, четкая организация работы в проектных и строительных организациях, научно-техническое обоснование разработки и реализации проекта, решение финансовых и организационных вопросов, постановка контроля и приемки всех этапов проектирования, возведения и эксплуатации уникального сооружения - предметы, по которым экзаменуется главный инженер проекта. Не исключаются случаи слияния этих персонажей проектного дела в одном лице — это только повышает ответственность это-то специалиста.

Стадия «Проект» для уникальных сооружений включает разработку основных конструктивных решений, монтажных схем, узлов и деталей, предварительных технических спецификаций. Перечисленные проектные операции должны быть обоснованы подробными расчетами, в том числе компьютерными, на основные сочетания нагрузок.

Состав, порядок разработки, согласование и утверждение «Рабочей

документации» установлены соответствующими СНиП и СП; там же выявлены требования к чертежам на стадии КМ, КЖ или КД, включающие общие данные, сведения о нагрузках и воздействиях, нагрузки на фундаменты, схемы расположения элементов конструкций, чертежи элементов и узлов конструкций, спецификации материалов и изделий.

Принятые проектные решения должны удовлетворять выполнению условий по прочности, устойчивости и деформативное элементов системы и конструкции в целом, нормативным требованиям конструирования, технологическим требованиям по изготовлению, транспортировке и монтажу конструкций.

Оценка авторами собственного проекта. Раздел, который никогда не выполнялся и не выполняется в отечественной практике. Но сравнить итоговые технико-экономические показатели только что выполненного проекта с соответствующими данными объектов-аналогов, которые изучались в самом начале проектирования – разве это не интересно, разве это не еще одна проверка, позволяющая в случае кардинального расхождения цифр задуматься – не допущена ли где-то ошибка или, напротив, сделано нечто такое, что выводит объект на новый более высокий технико-экономический уровень.

Заключительный сравнительный технико-экономический анализ будет завершением проектной документации, подтверждающим надежность инновационных решений и положений бизнес-плана, то есть исходных идей.

При проектировании уникальных сооружений необходимо учитывать также аварийные ситуации. Однако, при буквальном соблюдении ГОСТа 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» реальное проектирование становится затруднительным, в виду неопределенности части требований п. 1.10 нормативного документа. Так, если пожарные воздействия более или менее полно определены нормативными документами, то ситуация с взрывом имеет весьма субъективное толкование. Заметим, что первая редакция ГОСТ 27751-88 составлялся в СССР в 1984-87 г.г., когда рассматривались аварийные воздействия только промышленных взрывов. В редакции 2014 года

этот термин (взрыв) некоторыми экспертами трактуется более широко, поскольку включает террористические акты.

Аварийная расчетная ситуация – эта работа несущих конструкций в исключительных условиях (например, пожар, промышленный взрыв, авария оборудования, при малой вероятности проявления и небольшой продолжительности), которая приводит в большинстве случаев к тяжелым последствиям, если не принимаются специальные меры.

Возможные повреждения конструкций от аварий должны предотвращаться или ограничиваться за счет выбора и проведения одного или нескольких перечисленных ниже мероприятий:

- предупреждение, исключение или снижение опасности, которой может подвергаться конструкция или объект: выбор конструктивного решения, которое имеет малую чувствительность к аварийным воздействиям;
- выбор конструктивного решения, которое при аварийном локальном повреждении или выходе из строя отдельного элемента или примыкающих к нему частей, не приводит к потере несущей способности всего кружения;
- применение конструктивных систем, потеря несущей способности вторых сопровождается предупредительным проявлением внешних признаков.

Перечисленные требования должны выполняться за счёт выбора стройматериалов, квалифицированно выполнения проектных работ, выбора метода контроля на всех стадиях проектирования, возведения и эксплуатации сооружения. Отметим, что нормы РФ пока недостаточно регламентируют необходимость проверки несущих конструкций на живучесть. В ФЗ 384 и в РОСТ 27751-2014 это требование обозначено, но СП раскрывающее содержание этого требования не разработано. Эта ситуация непосредственно связана с необходимостью учёта в расчётах отказа какого-либо элемента конструкции. Естественно, возникают вопросы: какие элементы следует при расчётах исключить, в каком количестве, в какой последовательности, какие расчётные сочетания нагрузок принимать для этого случая? Следует ли при этом учитывать

причину отказа, вид отказа и возможные его последствия? При этом необходимо иметь в виду, что каждому сооружению присуща некоторая вероятность разрушения. Попытка приблизить эту вероятность к нулю сопровождается стремлением стоимости сооружения к бесконечности. Повышенный уровень надежности уникального сооружения и, обеспечивающий его перечень дополнительных мероприятий, должен быть обязательно оговорен в «Техническом задании на проектирование», утверждаемом заказчиком.

Очевидно, что в одном нормативном документе нельзя отразить все требования к разным конструктивным системам. Обеспечить существование уникального большепролетного или высотного сооружения после отказа любого конструкторского элемента невозможно (например, опорный контур висячих или выпуклых оболочек, несущие пилоны или колонны высотного здания, подвески вантовых систем и т.п.). Очевидно, что живучесть таких сложных систем должна достигаться, в первую очередь, необходимыми запасами несущей способности основных элементов конструкций, включая те, ключевые элементы которые обеспечивают общую устойчивость сооружения, исключением прогрессирующего обрушения системы, вследствие отказа отдельных элементов конструкции, узлов и деталей; а также комплексом антитеррористических организационных мероприятий, как это делается, например в авиационном транспорте и при охране мостов.

Экспертиза проектов. Отметим, что в практике проектирования стандартных объектов государственная экспертиза как правило выполняется только на стадии «проект». Для уникальных сооружений справедлива обязательная независимая экспертиза законченной рабочей документации перед её сдачей в производство. Цель такой экспертизы – снизить вероятность фатальных ошибок.

Еще одним способом проверки проектных решений является экспериментальное проектирование. Эксперимент – будущее отрасли. Экспериментальное строительство в Москве, имеющее более чем 50-летнюю

историю – необходимое звено внедрения научных идей в проектно-строительную практику. Значение этой важной сферы деятельности особенно возрастает, когда возникает необходимость проверить перспективность того или иного строительного материала, предлагаемого промышленностью стройматериалов, той или иной конструктивной идеи, не имевшей применения в строительстве, или инженерного оборудования, сулящего большие выгоды при его использовании. Эксперимент в строительстве не возможен без властной поддержки, которая должна выражаться как в финансовом : покрытии издержек проектных, производственных и строительных организаций, так и в создании правового поля, на территории которого люди и организации, взявшиеся за эксперимент, чувствовали бы себя уверенно.

За последние 15 лет, протекционистская политика московского правительства позволила сделать очень многое. Этот период можно считать наиболее счастливым для московских экспериментаторов в строительстве. Главным в боле чем ста объектах эксперимента стала модернизация всех серий жилых домов для всех домостроительных комбинатов. А она была связана не только с созданием новых проектов, но и с реконструкцией заводов железобетонных изделий. Типовые дома «оделись» в новые теплые «одежды», улучшилась внутренняя планировка, внешний вид, расширилась номенклатура квартир, дома оснастились новым инженерным оборудованием. После долгого забвения московские строители стали заниматься монолитным домостроением, и совершенно впервые в Москве были применены технологии, связанные с получением тепловой энергии от нетрадиционных возобновляемых источников.

Эксперимент охватил применение каркаса ИМС (с преднапряженными перекрытиями) в 16-22-этажных жилых домах, козырек над трибунами Большой спортивной арены, реконструкцию кровельного покрытия Олимпийского крытого стадиона. Проектирование и строительство большинства этих объектов финансировались из городского бюджета, меньшая часть из них - за счет средств инвесторов, заинтересованных в повышении потребительских свойств жилья,

сокращении сроков строительства, распространении передовых технологий.

Рабочее проектирование в эксперименте должно проходить как акт совместного творчества заказчика (представителя власти), разработчика проекта, производственника и представителя эксплуатирующей службы, будущего владельца результатов эксперимента.

Страхование рисков эксперимента – особая тема. Надзор за ходом эксперимента со стороны страховой компании – независимого органа, несущего своими финансовыми активами ответственность за течение работ, соответствующее утвержденному проекту – один из важнейших элементов эксперимента – область еще почти неразведанного и неиспробованного у нас. Но думать на эту заданную тему надо.

2.5 Особенности реализации конструктивных решений на практике

Строительное производство состоит из строительных процессов, протекающих на строительной площадке и имеющих конечной целью возведение, восстановление или ремонт различных зданий, сооружений или их частей. Строительные процессы бывают *основными, вспомогательными* и *транспортными*, например: кладка кирпичной стены – основной процесс, устройство подмостей – вспомогательный, подъем на этаж кирпича и раствора – транспортный. Вспомогательный и транспортный процессы способствуют успешному осуществлению основного.

В любом строительном процессе (каменная кладка, штукатурные, малярные и другие работы) участвуют: *рабочие*, *предмет труда* (материалы, конструкции и др.), *орудия труда* (строительные машины, инструменты и др.). Во многих строительных процессах рабочие применяют *вспомогательные устройства* и *приспособления*, например, навесные люльки, лестницы, кондукторы и пр.

Технологически однородный и организационно неделимый элемент строительного процесса называется *рабочей операцией*. Для нее характерны неизменяемость состава рабочих-исполнителей, предметов и орудий труда.

Каждая рабочая операция состоит из нескольких, тесно связанных между собой, *рабочих приемов*, которые состоят из отдельных движений. Рабочая операция может выполняться одним рабочим или же группой согласованно действующих рабочих. В первом случае операция является *индивидуальной*, во втором – *групповой* (*звеньевой или бригадной*).

По сложности производства строительные процессы разделяются на рабочие (простые) и комплексные (сложные).

Рабочим процессом называется совокупность технологически связанных рабочих операций, выполняемых одним составом исполнителей, например, монтаж стеновых панелей, укладка плит покрытия и т.д.

Комплексным процессом называется совокупность одновременно осуществляемых процессов, находящихся между собой в непосредственной организационной зависимости и связанных единством конечной продукции (рис. 2.96). В исполнении комплексного процесса участвуют рабочие самых разных специальностей.

Строительные процессы, выполняемые вручную с использованием ручного инструмента и простейших приспособлений, называют *ручными*; а выполняемые с помощью электрических ручных машин (электропилы, электрорубанка и пр.) – *полумеханизированными*. Строительно-монтажные процессы, выполняемые с помощью машин и механизмов, где функция рабочего сводятся лишь к управлению данной машиной, называют *механизированными*. Если все технологические операции процесса (основные и вспомогательные) выполняются при помощи комплекта машин, то такой процесс называют *комплексно механизированным*.

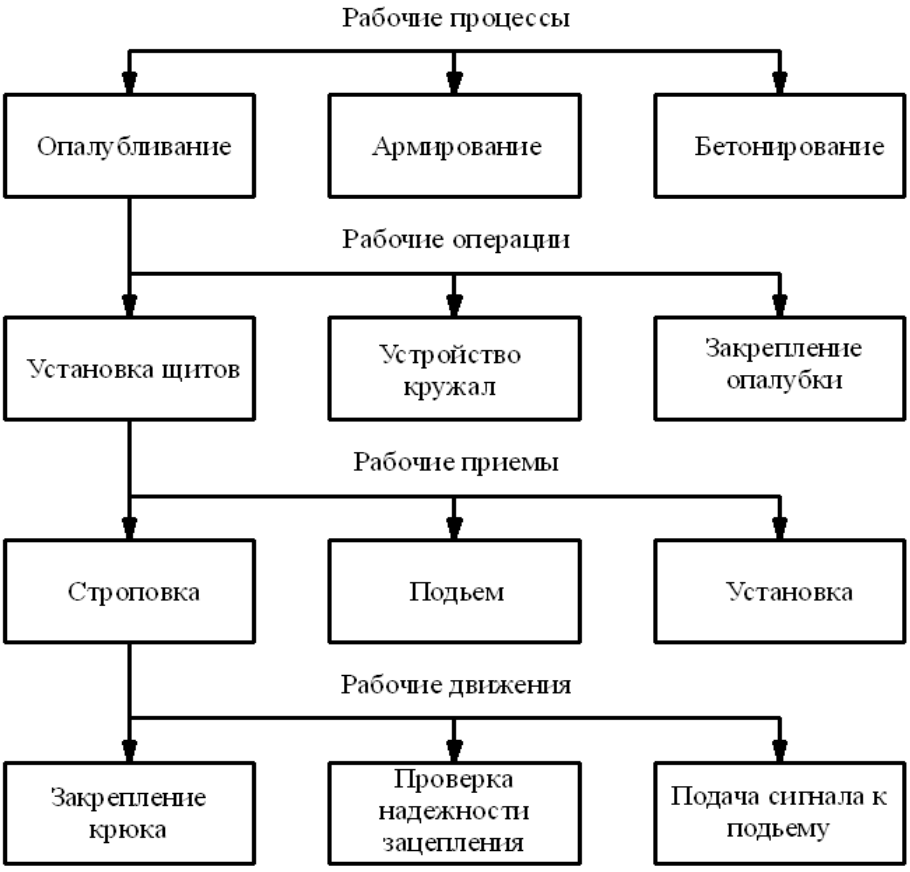


Рис. 2.96. Структурная схема комплексного строительного процесса возведения железобетонных фундаментов

Дальнейшее развитие механизации приводит к автоматизации – высшей степени организации производственного процесса, освобождающей человека от непосредственного управления процессом.

Автоматизированным называют процесс, в котором ручной труд человека по управлению машинами (процессом, операцией) выполняют специальные устройства, обеспечивающие заданные производительность и качество продукции без участия человека.

В зависимости от характера производства различают *непрерывные* и *прерывные* процессы. В непрерывных процессах производственные операции протекают незамедлительно одна за другой. Их продолжительность определяется лишь организационными соображениями. Прерывные процессы сопровождаются перерывами, связанными со свойствами используемых материалов или полуфабрикатов (растворов, бетонной смеси и др.) и особенностями технологии (выдерживанием бетона, сушкой штукатурки, гидроизоляции и др.). Прерывные процессы удлиняют срок работ, поэтому их иногда заменяют непрерывными (мокрую штукатурку – облицовкой, монолитные конструкции – сборными и т.д.).

По значению в производстве процессы делят на *ведущие* и *совмещаемые*. Ведущие процессы определяют технологическую цепь производства; совмещаемые процессы могут выполняться параллельно с ведущими. Совмещение строительных процессов позволяет значительно сократить продолжительность строительства.

Из строительных процессов (простых, комплексных и их сочетаний) складываются *строительно-монтажные работы* (СМР), результатом выполнения которых является строительная продукция (здания, сооружения и т.п.).

Строительные работы подразделяются на несколько видов по признаку применяемых материалов или конструктивных элементов, являющихся

результатом этих работ, например, монтажные, земляные, бетонные, кровельные, изоляционные работы и т.д.

Под монтажными работами подразумевается комплекс технологических операций по установке в проектное положение и соединению в одно целое отдельных изготовленных заранее элементов строительных конструкций, узлов и деталей, санитарно-технического и другого оборудования. Например, установка металлических, железобетонных или деревянных ферм, балок; монтаж систем водоснабжения, электрических устройств или узлов технологического оборудования.

Различают общестроительные, специальные и заготовительные работы. Предшествуют им подготовительные работы.

Общестроительные работы включают в себя комплекс работ, в результате которых получается незаконченная строительная продукция в виде так называемой коробки здания или сооружения. В состав этих работ входят устройство котлованов, возведение фундаментов, стен, кровель и т. п.

Специальные работы выполняют после завершения общестроительных работ или параллельно с ними. К ним относятся монтаж систем водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции, электропроводки и т. д., а также монтаж технологического оборудования в производственных зданиях, котельных и др.

Заготовительные работы предназначены для изготовления строительных изделий и полуфабрикатов (арматуры, сборных деталей и конструкций, бетонной смеси, раствора) или повышения степени их готовности, а также для укрупнения элементов конструкций. Эти работы обычно выполняют на специализированных предприятиях (заводах железобетонных изделий (ЗЖБИ), центральных бетонорастворных узлах (БРУ) и др.), но они могут осуществляться и в условиях строительной площадки (приобъектные БРУ, арматурные цехи и др.).

До начала всех работ необходимо выполнить инженерную подготовку строительной площадки. Работы подготовительного периода состоят из

внешнеплощадочных и внутриплощадочных работ. К *внешнеплощадочным* работам относятся: создание (при необходимости) материально-технической базы (карьеры, заводы, бетонорастворные узлы, автотранспортные хозяйства, центральное складское хозяйство и т.п.); обеспечение объекта временными зданиями и сооружениями; подводка к строительной площадке дорог и коммуникаций.

К *внутриплощадочным* работам относятся: расчистка и осушение территории, снос строений; создание опорной геодезической сети; устройство внутрипостроечных дорог, коммуникаций, временных зданий и сооружений, складов и т. п. На этом этапе производится приемка геодезической сети, организовывается инструментальное хозяйство, перебазируются строительные машины, создается запас строительных материалов и изделий.

Под *монтажом* понимается сборка и установка строительных конструкций из предварительно изготовленных элементов. Например, при строительстве здания с кирпичными стенами монтируют сборные фундаментные блоки; при строительстве каркасных зданий – элементы каркаса (колонны и ригели), плиты перекрытий и покрытия, лестничные марши и площадки и т.д. Такую сборку и установку выполняют с применением различных грузоподъемных механизмов (кранов). Если сборка осуществляется вручную, то ее обычно называют *укладкой* или настилкой.

В настоящее время монтажные процессы – одни из основных строительных процессов. Как и все строительные процессы, монтажный состоит из основных, подготовительных и транспортных работ (рис. 2.97).

При выполнении монтажного процесса большое значение имеют технологичность конструкций и схема монтажа. Под технологичностью используемых монтажных элементов подразумевается:

– минимальное количество типоразмеров монтируемых элементов;

– степень точности геометрических размеров и положения закладных деталей;

– удобство строповки, подъема, установки и выверки всех элементов;

– простота и удобство заделки всех стыков и заливки швов и т.п.

Рис. 2.97. Схема технологического процесса монтажа строительных конструкций

Организационно монтаж может быть осуществлен по двум схемам: *со склада* или *с транспортных средств («с колес»)*. В первом случае сборные элементы разгружаются на приобъектный склад, откуда берутся монтажным краном и устанавливаются в проектное положение. Во втором случае монтаж и разгрузка осуществляются как один цикл: с транспортного средства на место установки без перегрузки на приобъектный склад. Это позволяет ускорить выполнение монтажных работ, сократить затраты труда монтажников, эффективнее использовать краны, сократить территорию монтажной площадки

и т.д. Но при этом возникает задержка на стройплощадке транспортных средств.

В зависимости от степени укрупнения монтируемых элементов различают *поэлементный* и *крупноблочный* методы монтажа (рис. 2.98).

Основной метод монтажа – *поэлементный* (рис. 2.98, а). Это возведение зданий или сооружений из конструкций, изготовленных целиком или собранных из отдельных деталей до подъема. Таким методом устанавливают колонны, балки, фермы, стеновые панели. Поэлементно отдельными деталями монтируют конструкции лишь в тех случаях, когда нельзя поднять их целиком.

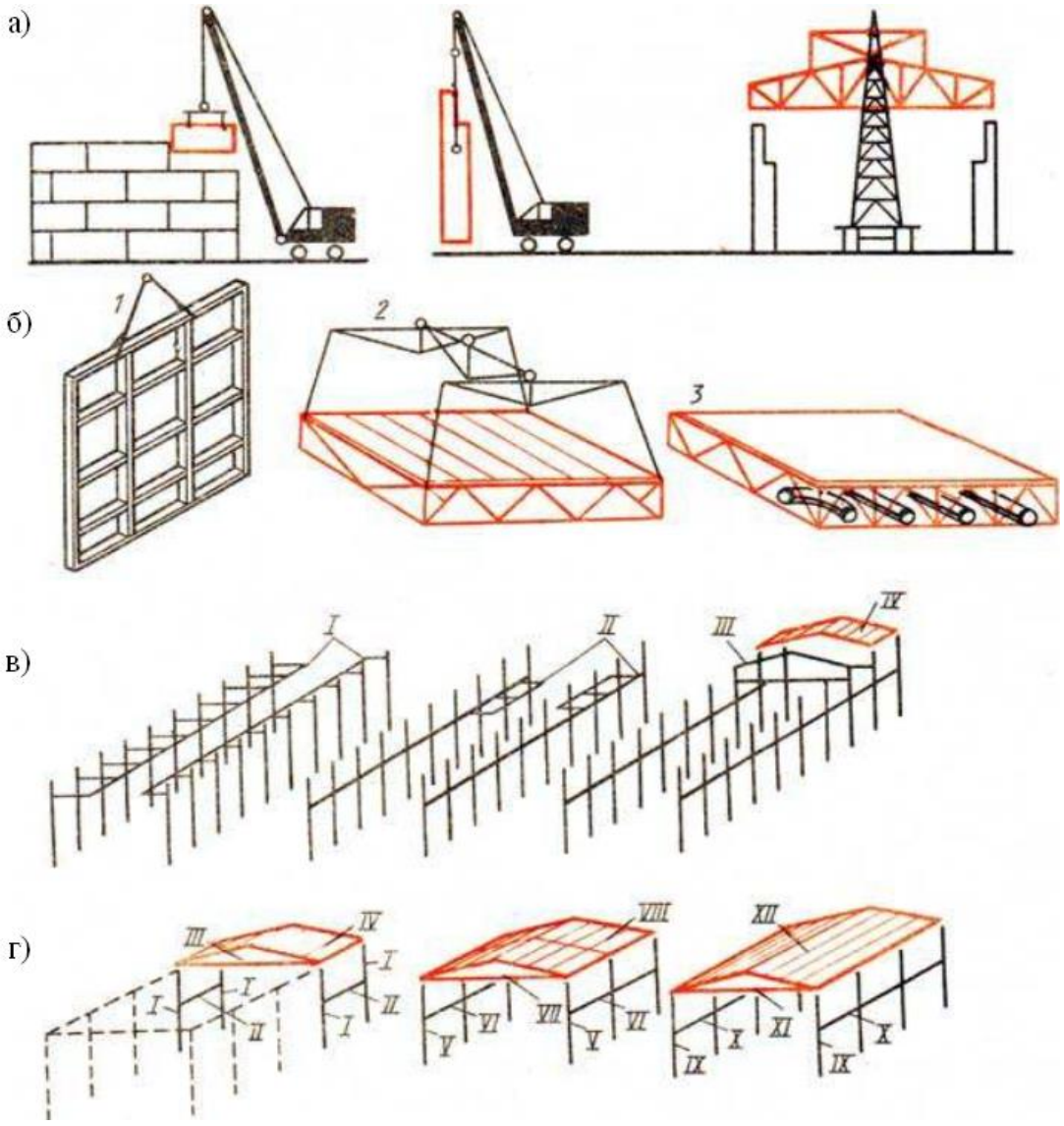


Рис. 2.98. Схемы методов монтажа строительных конструкций а) поэлементный; б) крупноблочный; в) раздельный (дифференцированный); г) комплексный; I – XII – последовательность монтажа

В промышленном строительстве широко применяют метод монтажа блоками – *крупноблочный* (рис. 2.98, б), когда за один подъем устанавливают несколько конструкций, например, две фермы вместе с уложенными на них плитами кровельного покрытия. Степень укрупнения конструкций в блоки зависит от грузоподъемности монтажных машин и объема блочного монтажа.

В зависимости от последовательности установки конструкций различают методы монтажа: *раздельный* (или *дифференцированный*) и *комплексный*.

При раздельном методе (рис. 2.98, в) сначала в пределах здания или его части устанавливают конструкции одного вида, затем другого. Например, сначала колонны I, затем подкрановые балки II, стропильные фермы III или балки покрытия, конструкции кровли IV и стен. При раздельном методе хотя и задерживается сдача смонтированных конструкций под смежные работы, однако упрощается организация работ и можно полнее использовать возможности кранов.

При возведении одноэтажных зданий применяют смешанный метод монтажа, который является разновидностью *раздельного* метода. Суть смешанного метода состоит в том, что монтаж колонн выделяется в самостоятельный поток, а после установки их монтируют вторым потоком (комплексно) остальные конструкции – фермы, плиты покрытий. Благодаря такому разделению работ на две очереди можно широко применять самоходные стреловые краны, которые при малой длине стрелы и меньшей высоте подъема имеют большую грузоподъемность, а при большой длине стрелы – меньшую грузоподъемность, но большую высоту подъема.

При комплексном методе (рис. 2.98, г) монтаж ведут ячейками, т.е. сначала собирают одну ячейку здания с установкой в проектное положение всех ее элементов (колонн I, балок II, ферм III покрытия). Затем в такой же последовательности монтируют следующую ячейку и т.д. Этот метод позволяет в смонтированной части здания раньше начать другие работы и сократить продолжительность строительства. Однако при этом методе сложнее выверять

и закреплять конструкции и требуется монтажный кран, способный поднимать конструкции ячейки на нужную высоту.

В зависимости от направления монтажа различают *продольный метод* (вдоль пролета) и реже – *поперечный метод* монтажа (поперек пролета). Самоходные стреловые краны (кроме башенных) при монтаже колонн, подкрановых балок и подстропильных ферм, как правило, перемещаются вдоль ряда устанавливаемых конструкций, а при подъеме стропильных ферм и плит покрытий – по оси пролета.

Выбор метода монтажа зависит от объемно-планиро-вочных и конструктивных решений зданий и сооружений, а также их размеров. Вопрос этот решают при разработке проекта производства монтажных работ с учетом имеющихся монтажных средств и экономической эффективности в конкретных условиях.

Рассмотрим основные, подготовительные и транспортные работы при монтаже строительных конструкций.

Доставка конструкций на строительную площадку может осуществляться всеми видами транспорта: наземным – автомобильным, железнодорожным, тракторным; водным или воздушным. Выбор того или иного транспорта зависит от удаленности места строительства, расположения заводов изготовителей, массы и габаритов конструкций, погодных условий.

Основной вид транспорта при перевозке сборных железобетонных элементов – автомобильный. Объекты длиной до 6 м перевозят на бортовых автомобилях грузоподъемностью 5...12 т; длиной до 12 м – на полуприцепах грузоподъемностью 7,5...25 т; длиной до 20 м – на автомобилях с прицепом грузоподъемнос–тью 9...18 т. Объемные блоки перевозят на трейлерах грузоподъемностью до 40 т; стеновые панели, фермы, балки, плиты – на специальных машинах (панеле-, фермо-, плито-возы) грузоподъемностью до 35 т. (рис. 2.99).

Рис. 2.99. Фермовоз

Горизонтально перевозят элементы, укладываемые в сооружение и работающие в горизонтальном положении: балки, ригели, прогоны, плиты и панели перекрытий, балконные и кровельные плиты, высокие стеновые блоки; а также длинномерные сборные конструкции – колонны и сваи.

Вертикально и наклонно транспортируют стропильные и подстропильные фермы, стеновые панели, панели перегородок. Объемные элементы – блок-комнаты, блок-квартиры, санитарно технические кабины перевозят в проектном положении.

Металлические конструкции часто доставляют по железной дороге на большие расстояния в виде отдельных составных узлов. Деревянные конструкции из-за их малой жесткости, как правило, транспортируются в разобранном виде – пакетами.

Сборные элементы разгружают с использованием складского или основного монтажного крана. При большом объеме разгрузочных работ такие операции предпочтительнее осуществлять складскими кранами (авто- или пневмоколесными), не снимая монтажный кран с основных работ.

Сборные элементы обычно хранят на открытых складах – это открытые освещенные площадки, спланированные с учетом стока воды и посыпанные щебнем. Склады делят на *центральные* – у путей прибытия грузов, и

приобъектные. На приобъектном складе необходимо раскладывать сборные элементы в зоне действия монтажного крана с учетом последовательности монтажа. Более тяжелые конструкции располагают ближе к монтажному крану, а более легкие – дальше.

С целью сокращения площади склада конструкции обычно хранят в штабелях. Между штабелями необходимо устраивать проходы не менее 0,7 м. Поперечные проходы устраивают через 2 ряда, продольные – через 25 м. Оптимальные размеры штабелей: для колонн – 4 ряда, для ригелей и прогонов – 3 ряда, для плит покрытий и перекрытий – до 10... 12 рядов, но максимальная высота штабеля не должна превышать 2,5 м.

Стеновые панели и крупноразмерные перегородки устанавливают вертикально или наклонно в металлических пирамидах или деревянных кассетах. Подкрановые балки – параллельно ряду колонн на расстоянии от них 40...50 см.

Складирование элементов необходимо организовать так, чтобы иметь доступ к любой конструкции для возможности определения ее маркировки и подготовки к монтажу. На рисунке 2.100 показаны примеры складирования некоторых грузов.

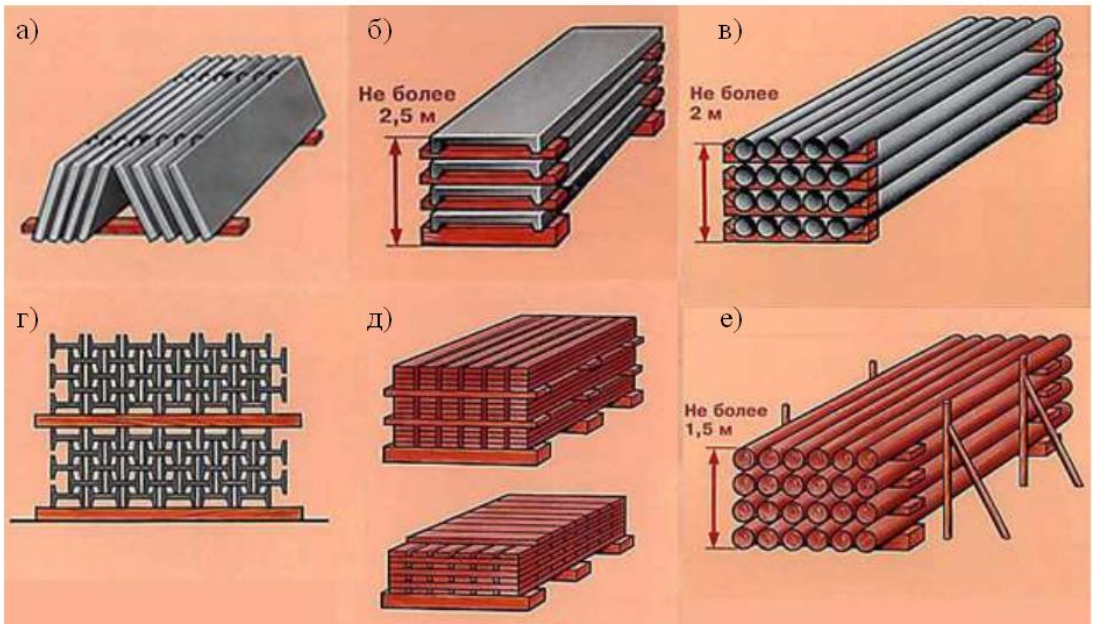


Рис. 2.100. Схемы складирования грузов а) стеновых панелей, б) плит перекрытий; в) труб; г) двутавровых балок; д) пиломатериалов; е) бревен

Приемка сборных конструкций осуществляется по паспортам, сертификатам и комплектовочным ведомостям заводов-поставщиков. При приемке проверяются: количество изделий, соответствие документам и наличие марки отдела технического контроля (ОТК) завода; наличие монтажных и осевых рисок; отсутствие повреждений, расположение закладных деталей, качество поверхностей, допускаемые отклонения размеров.

Укрупнительная сборка необходима в тех случаях, когда из-за габаритных размеров или массы элементов их невозможно доставлять на строительную площадку в готовом, собранном виде. Например, фермы пролетом 24 м, выполняют из 2-х частей по 12 м и на стройплощадке производят их укрупнительную сборку. Так же поступают с высокими колоннами, металлическими подкрановыми балками и др.

Временное усиление осуществляют для восприятия монтажных усилий. Например, пояса металлических ферм при большой не раскрепленной длине, могут оказаться недостаточно устойчивыми и жесткими при подъеме, поэтому их усиливают пластинами или трубами.

Наиболее часто усиливают колонны большой высоты, нижние части двухветвевых колонн, стальные и деревянные фермы, арки и рамы больших пролетов, элементы сборных железобетонных оболочек, армоцементных сводов, стальные цилиндрические оболочки, элементы листовых конструкций. Для этого используют различные приспособления: распорки, растяжки и т.д.

Для обеспечения безопасных условий труда монтажников на высоте сборные конструкции обустраивают подмостями, лестницами, при работе на большой высоте применяют люльки и т.п. (рис. 2.101).

При подготовке конструкций к монтажу проверяют марки каждого элемента, наличие рисок, устанавливают фактическую массу конструкции с усилением и обустройством, проверяют отсутствие трещин, сколов, искривлений, осматривают исправность анкерных болтов и петель, проверяют проходимость захватных приспособлений в петли; с помощью металлического

метра или рулетки проверяют размеры конструкций и деталей, наносят недостающие риски. На бетонные поверхности риски наносят мягким черным карандашом, на металлические закладные детали – зубилом и молотком.

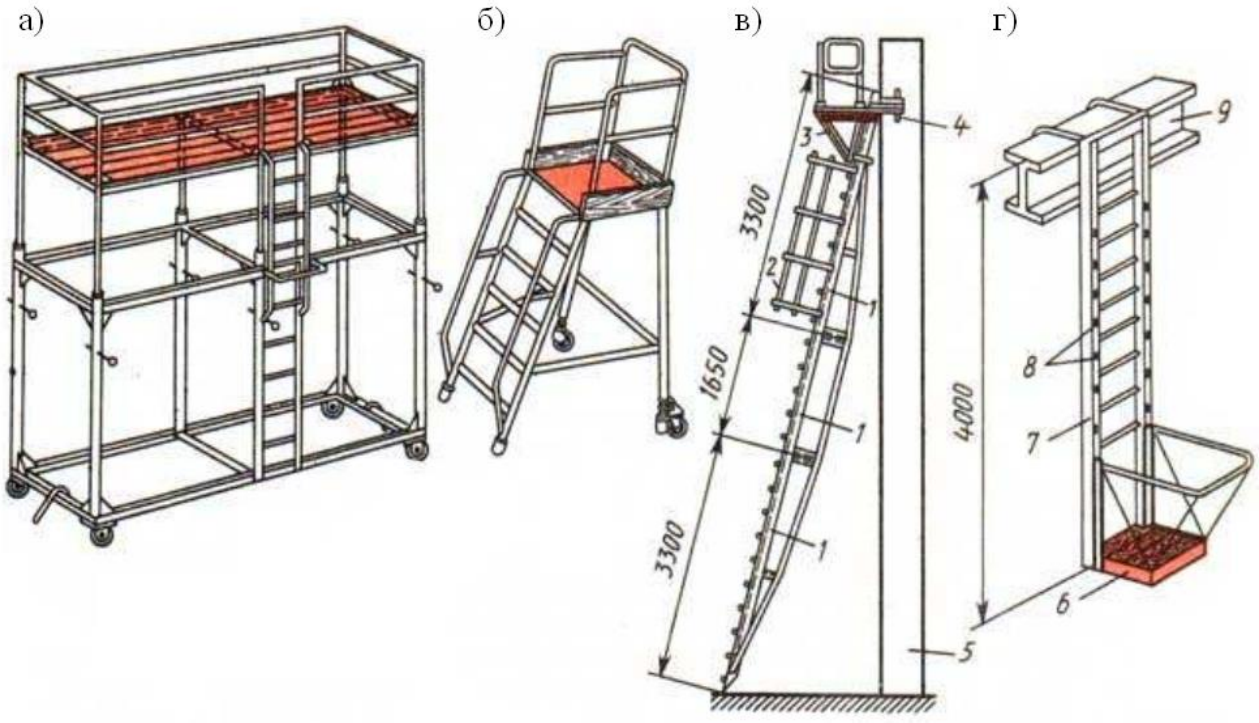


Рис. 2.101. Средства подмащивания а) передвижные подмости, б) площадка-стремянка, в) приставная лестница с площадкой, г) навесная люлька с лестницей

Строповкой называют прикрепление конструкций и грузов к крюку крана. Освобождение конструкции от крюка крана – называют *расстроповкой*. Для строповки применяют различные грузозахватные устройства: канатные стропы, траверсы, захваты и т.д.

Строп служит для подвешивания грузов или других грузозахватных устройств к крюку крана. *Траверса* представляет собой металлическую балку, раму или ферму с подвешенными стропами для захвата монтируемых элементов. Траверсы используются при монтаже наиболее тяжелых и массивных конструкций, например, ферм. *Захватные устройства* – это зацепные крюки или карабины на концах стропов, опорные захваты из рам или щек, которыми подхватывают монтируемые элементы за выступающие части, или анкерные захваты, удерживающие конструкцию с помощью продетого в

них штыря. Для монтажа железобетонных колонн применяют различные захваты. На рисунке 2.102 показаны примеры строповки различных грузов.

Захватные приспособления следует выбирать так, чтобы одними приспособлениями можно было поднимать различные виды сборных элементов, поскольку частая смена приспособлений снижает производительность труда, приводит к простою крана и монтажников.

Несмотря на то, что подъем и подача элементов являются крановыми операциями, монтажники обеспечивают наземный контроль, разворот элементов с помощью оттяжек, подачу сигналов крановщику и т.п.

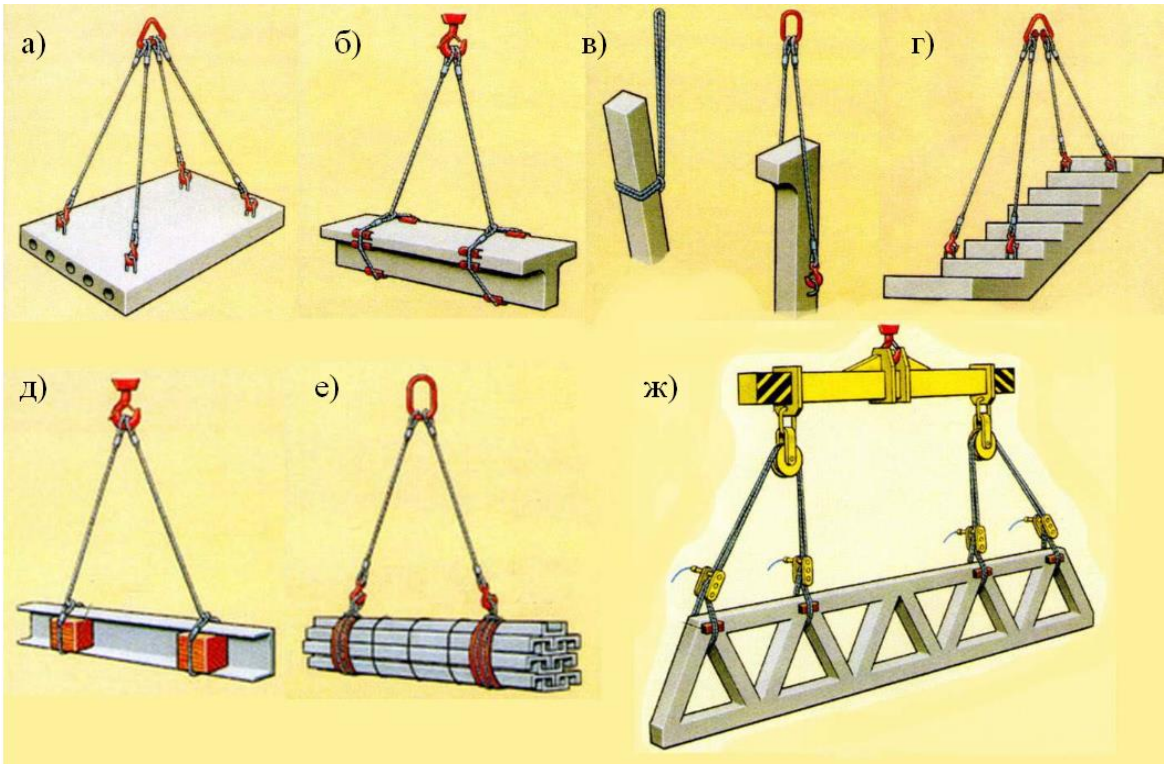


Рис. 2.102. Схемы строповки грузов а) плит перекрытий; б) ЖБ балок; в) колонн; г) лестничных маршей; д) стальных балок; е) пакета металлопроката; ж) ферм

Балки, фермы, плиты, колонны, стеновые блоки и панели поднимают в проектном положении, лестничные марши – в приподнятом. Большинство элементов приходится поворачивать при подъеме. Подъем выполняют в несколько этапов: подъем с остановкой на высоте 0,2...0,5 м от земли, чтобы убедиться в надежности строповки; собственно подъем. На высоте 0,5...1 м над

местом установки подъем прекращается, элемент разворачивают и медленно осаживают на место.

При монтаже сборных конструкций могут быть применены различные виды грузоподъемных механизмов. Однако чаще используют *башенные* и *самоходные* стреловые краны, благодаря их мобильности, маневренности и большой грузоподъемности. Стреловые краны могут оснащаться оборудованием в виде вставок для увеличения длины стрелы, а также гуськами, позволяющими увеличить вылет крюка. Это придает им универсальность, так как позволяет монтировать здания различной высоты, обычно до 4 этажей, поднимать элементы различной массы при различных вылетах крюка. При монтаже зданий высотой более 4 этажей обычно используют башенные краны.

Временная выверка и закрепление конструкций. Из условий безопасности запрещено производить расстроповку элемента до его надежного закрепления; закрепить элемент можно только после его выверки. Выверку выполняют с применением геодезических инструментов (теодолита, нивелира, лазерного прибора и т.п.).

Все средства временного крепления подразделяются на индивидуальные и групповые. Средства первой группы применяют для закрепления одиночных статически неустойчивых монтажных элементов и конструкций: клинья, расчалки, подкосы, фиксаторы, кондукторы и т.п. (рис. 2.103).

Групповые средства крепления предусматривают закрепление нескольких неустойчивых монтажных элементов и конструкций (групповые кондукторы и специальные приспособления, которые обеспечивают закрепление нескольких конструкций или одной на нескольких опорах).

В зависимости от вида монтируемых конструкций, их оснастки, стыков и условий обеспечения устойчивости выверку производят визуально с помощью отвесов, стальных рулеток, линеек, калибров и т.п. или инструментально. Инструментальную выверку выполняют при установке специальных монтажных приспособлений (кондукторов, индикаторов и т.п.); это наиболее

распространенный вид проверки положения смонтированных конструкций в плане, высотном и вертикальном положениях. Для этого применяют теодолиты, нивелиры, лот-приборы, лазерные приборы и устройства. В отдельных случаях выверку не производят или выполняют с помощью автоматизированных устройств.

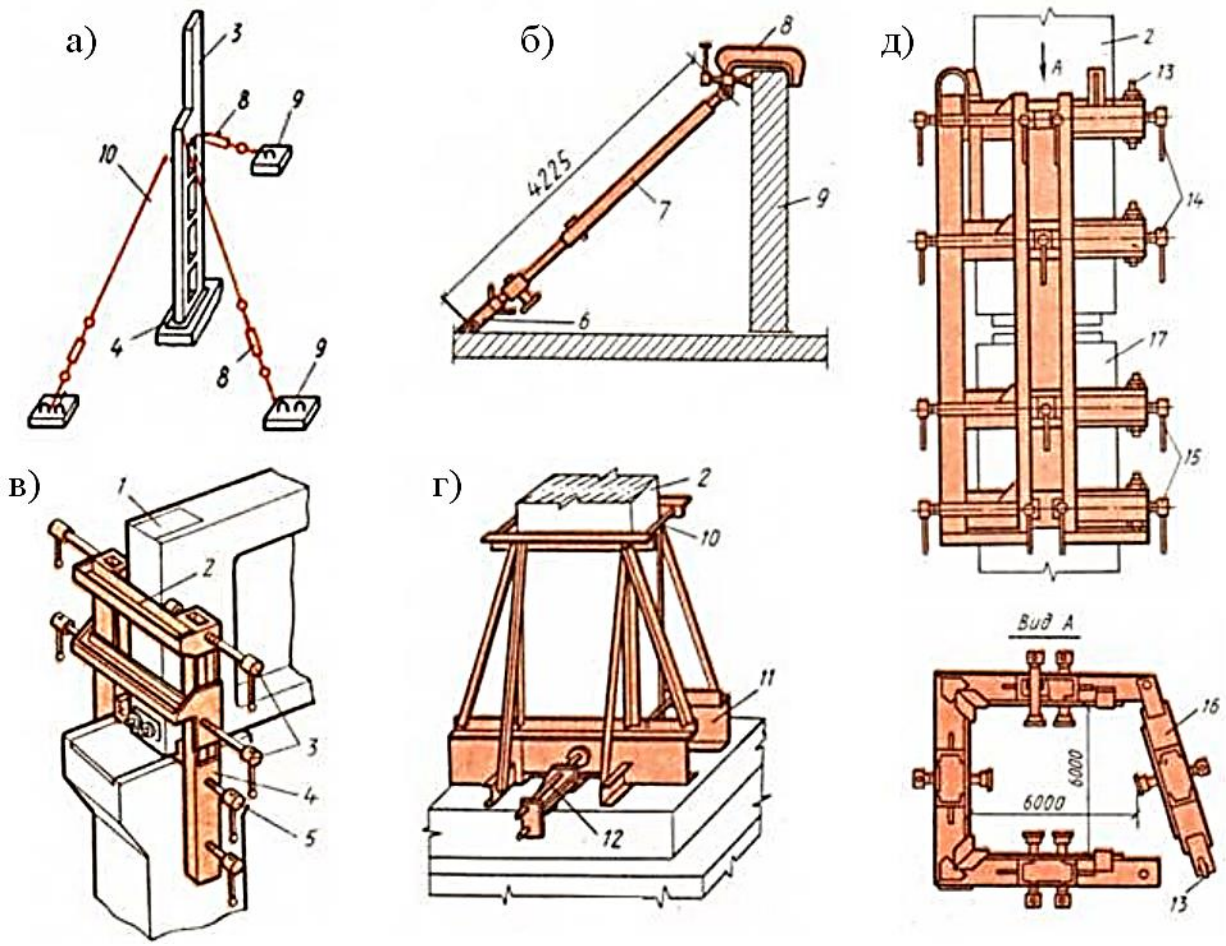


Рис. 2.103. Приспособления для временного закрепления и выверки строительных конструкций а) крепление колонны расчалками; б) крепление стеновой панели струбцинным подкосом; в) кондуктор для временного закрепления и выверки балок покрытия на колоннах; г) кондуктор для установки колонны в стакан фундамента; д) кондуктор для установки колонн на оголовки нижестоящих колонн

Безвыверочная установка распространена при монтаже металлических конструкций (в отдельных случаях железобетонных конструкций). Основным ее условием является применение конструкций с повышенным классом точности размеров в монтажных стыках. Это позволяет устанавливать,

например, стальные колонны, опоры и другие элементы каркаса с фрезерованными опорными торцами в проектное положение, исключая выверку по высоте и вертикали.

В зависимости от конструктивного решения заделка стыков включает в себя защиту закладных деталей от коррозии, герметизацию (для наружных стеновых панелей), замоноличивание раствором или бетонной смесью. Трудоемкость заделки стыков может достигать 75% общей трудоемкости монтажных работ.

Наиболее трудоемким процессом при заделке стыков является замоноличивание. Бетонную смесь или раствор укладывают в стык под давлением с помощью специального оборудования (растворо- и бетононасосы, пневмонагнетатели, цемент-пушки и др.) или свободно. В последнем случае смесь уплотняют вибраторами или штыкованием. На рисунке 2.104 приведен пример замоноличивания стыка колонны.

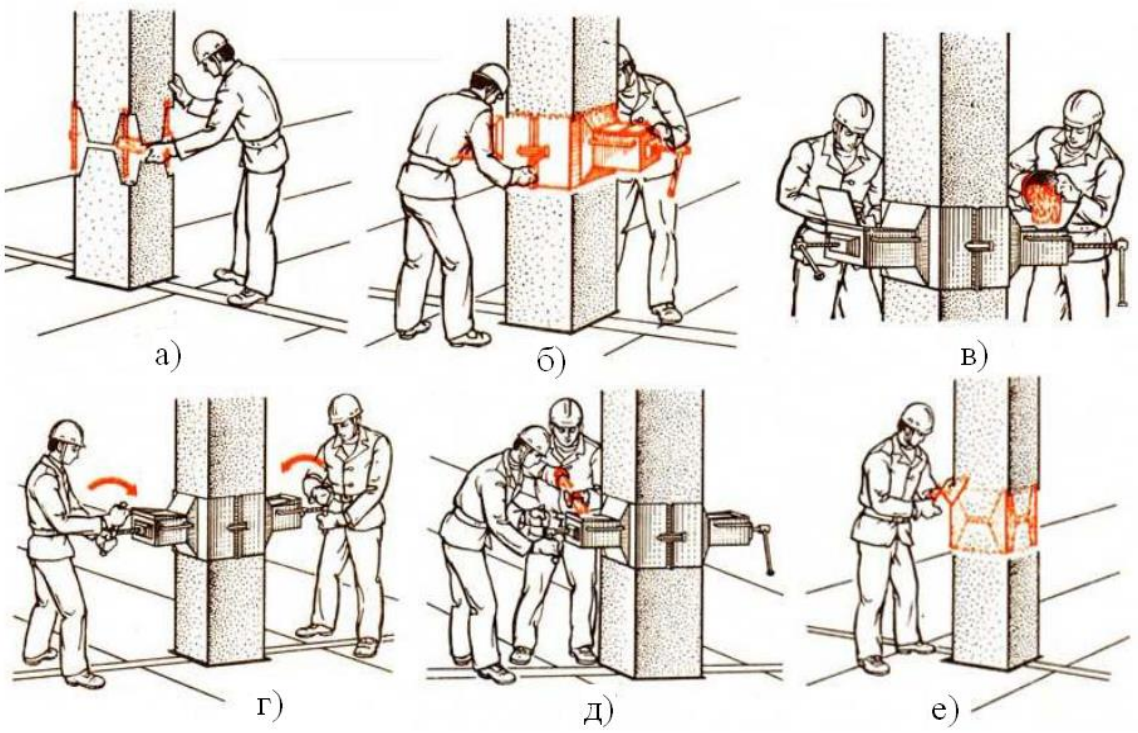


Рис. 2.104. Замоноличивание стыка колонны а) очистка стыка; б) установка пресс-опапубки; в) загрузка бетонной смеси; г) запрессовка смеси; д) виброуплотнение; е) зачистка стыка

3. ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ПРОМЫШЛЕННОМ И ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

3.1 Классификация задач, решаемых инженерами в области строительства. Роль строительства в развитии экономики страны.

Результатом строительной деятельности является та градостроительная среда, в которой живет и функционирует человек, в которой он формирует и реализует свой интеллектуальный потенциал. Эта среда в значительной степени определяет привлекательность региона, страны для человека и бизнеса, а, следовательно, и конкурентоспособность территории на глобальных рынках интеллектуального и инвестиционного капитала [11]. Основные задачи, решаемые инженерами в области строительства показаны на рис. 3.1.

Рис. 3.1. Схема основной деятельности строительного комплекса

Строительная отрасль является одной из базовых отраслей материального производства в сложной система современной экономики. В процессе строительства создаются не только материальные блага, непосредственно удовлетворяющие потребности индивидов и общества в целом (например: жилье, удовлетворяющее жилищные потребности человека; школы и больницы, удо-

влетворяющие потребности населения в образовании и здравоохранении; дороги, обеспечивающие потребности в мобильности и др.), но и формируется материальный базис функционирования всех остальных отраслей экономики - создаются производственные здания и сооружения, здания общественного и культурного назначения. Эти объекты составляют материальную основу любого производства - его основные фонды.

Роль строительной отрасли в национальной экономике определяется также тем, что строительная продукция является основой экономического роста страны и регионов. Экономический рост - это главная цель экономической политики любого государства. Условием экономического роста является расширенное воспроизводство, которое невозможно без дополнительных инвестиций и строительства новых производственных мощностей и объектов. Ежегодно строительным комплексом обеспечивается строительство и ввод в эксплуатацию двухсот-трехсот тысяч новых зданий различного назначения. Так, например, в 2018 г. было введено в эксплуатацию более 300 тысяч зданий производственного и непроизводственного назначения, общая стоимость введенных основных фондов превысила 13 трлн руб. Строительная отрасль обеспечивает экономику страны автомобильными и железнодорожными магистралями, линиями электропередачи, водопроводами и теплосетями, нефте- и газопроводами и другими сооружениями.

Практически, ни одна отрасль национальной экономики не может функционировать без продукции строительного производства.

Развитие строительства - важнейшая предпосылка непрерывного роста и совершенствования всех отраслей народного хозяйства, укрепление обороноспособности страны, повышение производительности общественного труда на основе технического прогресса, развития науки и культуры, подъема материального благосостояния и уровня жизни населения.

Строительство обслуживается более чем 70 отраслями экономики, при этом используется около 50 % продукции промышленности строительных материалов, 18 % металлопроката, 40 % пиломатериалов, более 10 % продукции машиностроения.

Среднегодовая численность, занятых в строительстве, составляет более пяти миллионов человек, что, примерно, 8,5 % от общей занятости населения РФ.

Экономика страны представляет сложную систему, состоящую из ряда комплексов: топливно-энергетического (ТЭК), аграрно-промышленного (АПК), лесохимического (ЛХК), машиностроительного (МСК), транспортного (ТК), строительного (СК), энергетического (ЭК) и др.

Строительный комплекс — это организованная система кооперирующихся предприятий и производств, объединенных устойчивыми производственно-технологическими, экономическими и хозяйственными связями.

Системообразующим фактором строительного комплекса является единая цель всех его подсистем - создание готовой строительной продукции. Подсистемами строительного комплекса являются различные предприятия и организации, участвующие в процессе создания новых объектов и производственных мощностей. Их можно разделить на несколько групп:

- *строительные организации, выполняющие различные виды строительных и монтажных работ;*
- *предприятия по производству строительных материалов, изделий и конструкций;*
- *архитектурно-проектные и проектно-изыскательские организации;*
- *научно-исследовательские и внедренческие организации;*
- *предприятия по эксплуатации и техническому обслуживанию зданий и сооружений.*

Строительный комплекс относится к числу ключевых отраслей экономики России и во многом определяет решение социальных, экономических и технических задач ее развития. Как отрасль материального производства, строительство имеет ряд особенностей, отличающих его от других отраслей:

Строительный объект - искусственный объект недвижимости, размещается на земельном участке.

Нет двух одинаковых строительных объектов, проектная документация создается каждый раз заново.

Для создания, реконструкции строительного объекта необходимо получить разрешение органа местного самоуправления или иного уполномоченного органа.

Строительные объекты крупные и сложные, возводятся в течение ряда лет, требуют большого количества разнообразных ресурсов.

В процессе строительства взаимодействуют десятки компаний. заключаются многочисленные договоры подряда, поставок и оказания услуг.

Конкуренция в строительстве проявляется на стадии проведения *торгов,* то есть до начала возведения объекта; на этом же этапе определяется стоимость объекта.

Климат и местные условия имеют в строительстве важную роль. Производство строительных работ в зимних условиях затруднено и требует дополнительных затрат.

В процессе строительства стоимость объекта может изменяться по объективным и субъективным причинам; оплата работ производится обычно поэтапно.

Подрядный рынок обычно имеет региональные рамки, тогда как поставки строительных материалов и конструкций могут иметь обширную географию.

Указанные особенности определенным образом дифференцируются в зависимости от видов строительства (рис. 3.2).

Рис. 3.2. Основные объекты строительства

Строительство – это наиболее сложная в управлении отрасль экономической системы. Посредством продуктов строительной отрасли решаются социальные, экономические и технические задачи развития экономики в целом. Строительный комплекс в еще большей степени, чем прочие элементы экономики, подвержен влиянию внешнего воздействия глобальных экономических процессов. Поэтому строительство нуждается в строгом и объективном контроле, а также в систематической и комплексной поддержке со стороны государства. Связь и соподчиненность между структурными элементами строительного комплекса поддерживается на уровне заинтересованности в создании конечного востребованного продукта (рис. 3.3).

Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере строительства, архитектуры, градостроительства, жилищной политики,

жилищно-коммунального хозяйства, теплоснабжения в сфере обеспечения энергетической эффективности зданий, строений и сооружений, долевого строительства многоквартирных домов и (или) иных объектов недвижимости, ценообразования и сметного нормирования в сфере градостроительной деятельности, градостроительного зонирования, функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в сфере строительства, функции по предоставлению субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации, разработке и согласованию федеральных целевых программ и ведомственных целевых программ, а также функции государственного заказчика федеральных целевых программ.

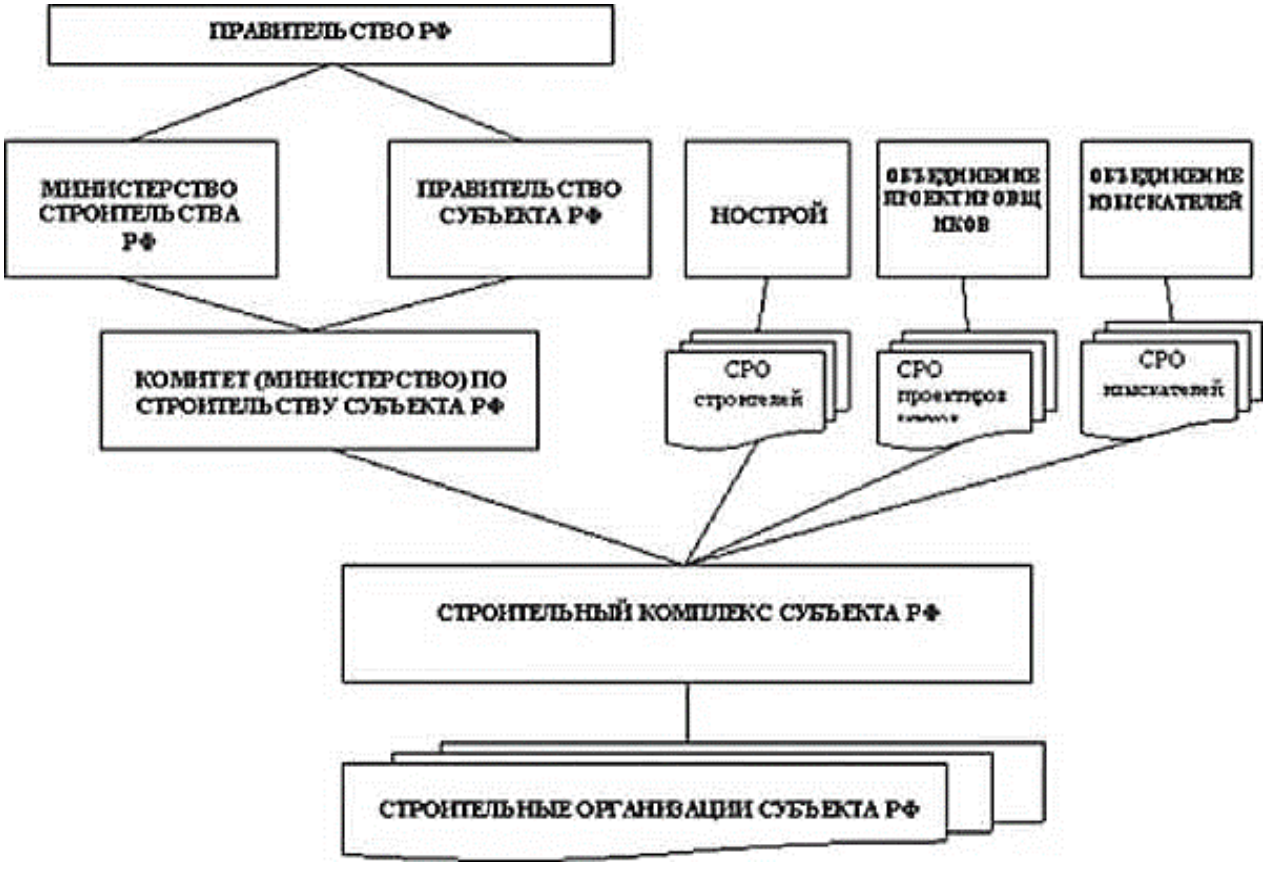


Рис. 3.3. Схема соподчиненности в строительном комплексе

Комитет (министерство) по строительству субъекта РФ занимается планировкой и застройкой городов, поселков и сельских населенных мест. Он полностью отвечает за правильную планировку и застройку городов, поселков, в

том числе железнодорожных и сельских населенных мест жилыми домами и общественными зданиями в соответствии с требованиями архитектуры, эксплуатации зданий и сооружений, с учетом природно-климатических условий районов строительства. Выполняет следующие функции:

разрабатывает и выдает застройщикам архитектурно-планировочные задания на проектирование всех видов строительства в городах, поселках и сельских районах;

контролирует отвод участков для всех видов строительства в городах и сельских районах;

наблюдает за организацией авторского надзора в соответствии с Положением об авторском надзоре проектных организаций за жилищногражданским строительством;

руководит геодезическими службами городов и районов, выдает разрешения на производство геодезических работ, инженерно-геологических и других видов изысканий;

организует охрану, ремонт и восстановление геодезических знаков;

выдает разрешения на производство подготовительных и основных строительно-монтажных работ при строительстве и реконструкции жилых, культурно-бытовых и коммунальных зданий и сооружений, обеспеченных утвержденной технической документацией.

Национальные объединения строителей (ДОСТРОЙ) представляют собой негосударственные общероссийские некоммерческие организации, объединяющие региональные СРО (саморегулируемых организаций). Организация Национальных объединений СРО строителей в РФ подчиняется правилам Градостроительного кодекса о создании национальных объединений трех видов - по части инженерных изысканий, в подготовке проектных документов и в строительной сфере.

Региональные объединения СРО создаются в России с целью обеспечения представительства саморегулируемых организаций, защиты общественных интересов и соблюдения интересов отдельных строительных фирм. Образовавшаяся саморегулируемая организация автоматически становится участником НОСТРОЙ соответствующего вида, сразу, как только сведения о ней будут внесены в государственный реестр.

Строительный комплекс субъекта включает строительно-монтажные, изыскательские, проектные, специальные (по видам работ) организации. Решает задачи развития отрасли для повышения уровня благосостояния населения, увеличения доступного жилья, роста эффективности производства и производительных сил, увеличения объемов строительной продукции и обеспечения безопасности зданий и сооружений на территории области.

Строительно-монтажные организации являются ядром строительного комплекса, выполняют различные вида строительных и монтажных работ при возведении зданий и сооружений и обеспечивают создание готовой строительной продукции. Примерная структура строительно-монтажного управления (СМУ) и строительного участка (СУ) приведена на рис. 5. Как правило, мастер - это первая ступень производственной карьеры выпускника бакалавриата по направлению «Строительство».

Все строительные организации можно классифицировать по ряду признаков:

а) по виду выполняемых работ:

общестроительные, выполняющие основные виды строительных работ по возведению зданий и сооружений;

специализированные, выполняющие отдельные виды работ;

ремонтно-строительные, выполняющие работы по ремонту зданий и сооружений;

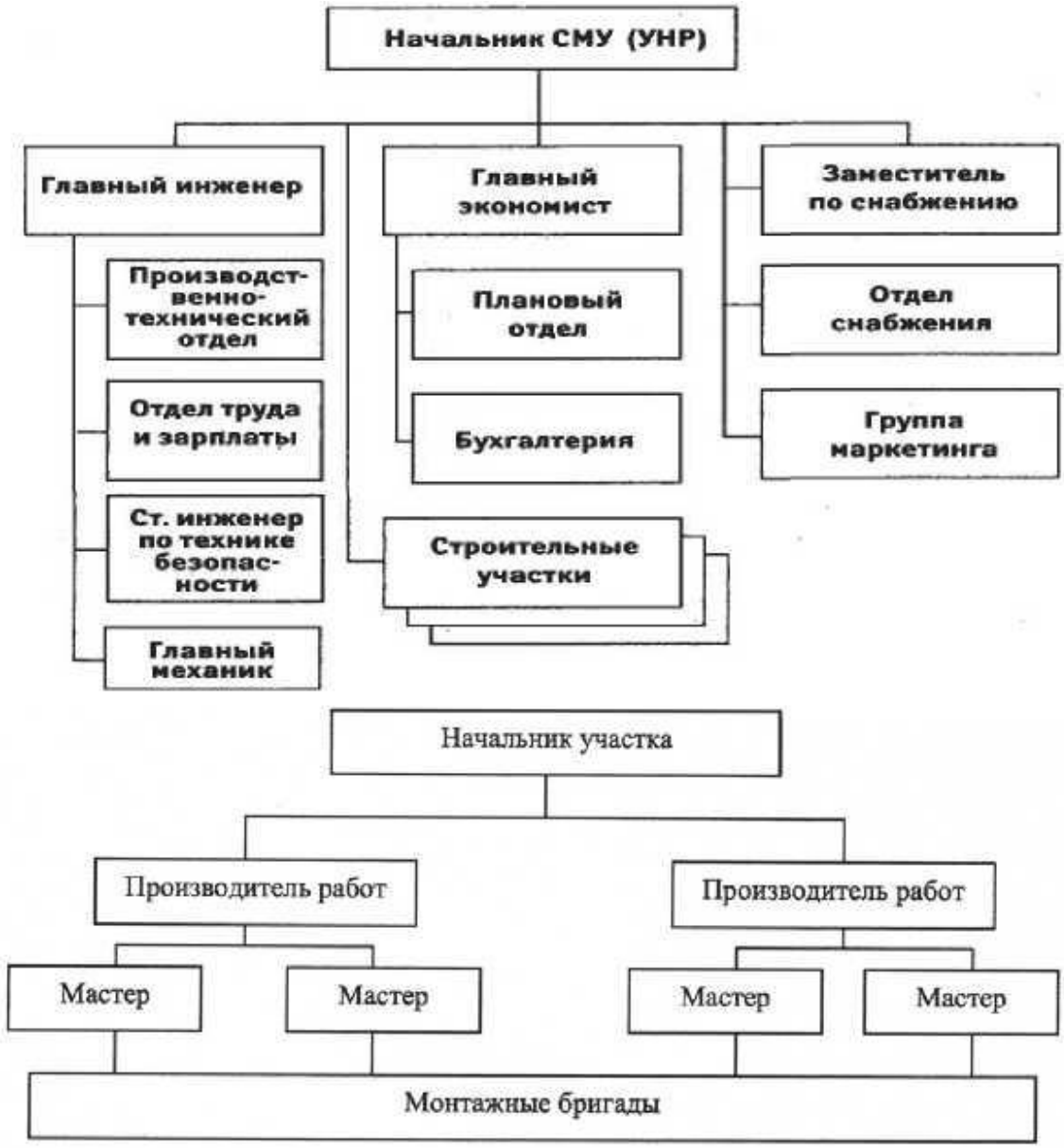


Рис. 3.4. Примерная структура строительно-монтажного управления (СМУ) и строительного участка (СУ)

б) по видам возводимых объектов или видов строительства:

жилищное строительство;

промышленное строительство;

дорожное строительство;

гидротехническое строительство;

сельскохозяйственное строительство.

в) по размерам организации: крупные, средние, мелкие.

Основной объем работ выполняется крупными строительными компаниями, представляющими собой вертикально интегрированные производственные структуры. Крупные компании с диверсифицированным производством являются более устойчивыми в нестабильных экономических условиях и имеют значительные конкурентные преимущества на строительном рынке, поскольку обладают более мощным производственным потенциалом, имеют возможности внедрять новые технологии, имеют доступ к значительным и достаточным финансовым ресурсам.

Более 90 % строительных организаций относятся к средним и малым предприятиям - с численностью работающих менее 100 человек. Это позволяет малым предприятиям конкурировать с крупными компаниями по выполнению специализированных, отдельных видов строительных работ. Они более адаптивны к изменению рыночной ситуации, быстрее реагируют на изменение объемов и структуры спроса.

С точки зрения экономики, строительство - это процесс использования рабочей силы и оборудования в сочетании с природными ресурсами и материалами для изготовления необходимых рынку товаров и услуг. В этом случае товаром являются построенные здания и сооружения либо их элементы, а услугами - проведение ремонтных работ.

Для производства любой продукции нужны денежные средства. Денежные средства строительного предприятия, вложенные в запасы материалов, изделий, конструкций, в продукцию (здания), находящуюся в процессе производства (строительства), называются оборотными средствами. Оборотные средства полностью затрачиваются в каждом производственном цикле, превращаясь в строительную продукцию, и восстанавливаются при ее реализации.

Конечный результат работы предприятия определяется как разница между выручкой, полученной от реализации продукции, и всеми затратами на ее производство и реализацию. Поэтому предприятия стремятся снизить свои затраты на производство продукции и выгодно ее продать. Добиться этого можно

различными способами. Например, можно усилить эксплуатацию рабочих, т. е. меньше им платить и заставлять больше работать, но такой путь малопродуктивен. Если же предприятие добивается снижения затрат за счет использования высокопроизводительной техники, четкой, слаженной организации труда, снижения издержек производства, то, в конечном счете, от этого выигрывают и работники предприятия, и предприниматели. Понимание этих особенностей определяет взаимодействие основных субъектов управления инвестиционным процессом при организации строительства (рис. 3.5): инвесторы - лица, осуществляющие капитальные вложения с использованием собственных и (или) привлеченных средств;

застройщики - физические или юридические лица, обеспечивающие на принадлежащих им земельных участках строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства, а также выполнение инженерных изысканий и подготовку проектной документации;

Рис. 3.5. Взаимодействие основных субъектов управления инвестиционным процессом при организации строительства

заказчики - уполномоченные инвесторами, физические и юридические лица, которые осуществляют реализацию инвестиционных проектов;

проектировщики - физические и юридические лица, выполняющие взаимоувязанный комплекс работ по созданию проектно-сметной документации для строительства или реконструкции предприятий, зданий, сооружений и их комплексов.

подрядчики - физические и юридические лица, которые выполняют работы по договору подряда и (или) государственному или муниципальному контракту;

государство, в лице органов государственной власти и местного самоуправления, является специфическим субъектом строительной деятельности. Оно определяет градостроительную и жилищную политику, осуществляет правовое (в т. ч. техническое) регулирование, а также государственный строительный надзор.

3.2 Основные термины и определения, используемые в промышленном и гражданском строительстве.

Приведем основные термины и определения из норматива федерального уровня 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [8], а также из ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований».

ГОСТ 27751-2014:

1. Общие термины

1.1 агрессивная среда: Среда эксплуатации объекта, вызывающая уменьшение сечений и деградацию свойств материалов во времени.

1.2 деградация свойств материалов во времени: Постепенное понижение уровня эксплуатационных характеристик материалов, процесс их изменения в сторону ухудшения относительно проектных значений.

1.3 долговечность: Способность строительного объекта сохранять прочностные, физические и другие свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его нормальную эксплуатацию в течение расчетного срока службы.

1.4 здание: Результат строительной деятельности, предназначенный для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных.

Примечание - Здание является частным случаем строительного сооружения.

1.5 надежность строительного объекта: Способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации.

1.6 нормативный документ: Документ, доступный широкому кругу потребителей и устанавливающий правила, общие принципы и характеристики, касающиеся определенных видов деятельности в области строительства и их результатов.

1.7 нормальная эксплуатация: Эксплуатация строительного объекта в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая соответствующее техническое обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию.

1.8 основание: Часть массива грунта, взаимодействующая с конструкцией сооружения, воспринимающая воздействия, передаваемые через фундамент и подземные части сооружения и передающие на сооружение техногенные и природные воздействия от внешних источников.

1.9 отказ: Состояние строительного объекта, при котором не выполняются одно или несколько условий предельных состояний.

1.10 помещение: Пространство внутри здания, имеющее определенное функциональное назначение и ограниченное строительными конструкциями.

1.11 расчетный срок службы: Установленный в строительных нормах или в задании на проектирование период использования строительного объекта по назначению до капитального ремонта и (или) реконструкции с предусмотренным техническим обслуживанием. Расчетный срок службы отсчитывается от начала эксплуатации объекта или возобновления его эксплуатации после капитального ремонта или реконструкции.

1.12 срок службы: Продолжительность нормальной эксплуатации строительного объекта с предусмотренным техническим обслуживанием и ремонтными работами (включая капитальный ремонт) до состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

1.13 строительная конструкция: Часть сооружения, выполняющая определенные функции несущих или ограждающих конструкций или являющаяся декоративным элементом.

1.14 строительное изделие: Изделие, предназначенное для применения в качестве элемента строительных конструкций сооружений.

1.15 строительное сооружение: Результат строительной деятельности, предназначенный для осуществления определенных потребительских функций.

Примечание - В тексте стандарта вместо термина строительное сооружение используется термин сооружение, который может относиться к зданиям, мостам, резервуарам или любым другим результатам строительной деятельности.

1.16 строительный материал: Материал, предназначенный для изготовления строительных объектов.

1.17 строительный объект: Строительное сооружение, здание, помещение, строительная конструкция, строительное изделие или основание.

1.18 техническое обслуживание и текущий ремонт: Комплекс мероприятий, осуществляемых в период расчетного срока службы строительного объекта, обеспечивающих его нормальную эксплуатацию.

1.19 эксплуатация несущих конструкций объекта: Комплекс мероприятий по поддержанию необходимой степени надежности конструкций в течение расчетного срока службы объекта в соответствии с требованиями нормативных и проектных документов.

1.20 технический мониторинг: Систематическое наблюдение за состоянием конструкций в целях контроля их качества, оценки соответствия проектным решениям и нормативным требованиям, прогноза фактической несущей способности и прогнозирования на этой основе остаточного ресурса сооружения.

2 Термины расчетных положений

2.1 воздействия: Изменение температуры, влияние на строительный объект окружающей среды, действие ветра, осадка оснований, смещение опор, деградация свойств материалов во времени и другие эффекты, вызывающие изменение напряженно-деформированного состояния строительных конструкций.

Примечание - При проведении расчетов воздействия допускается задавать как эквивалентные нагрузки.

2.2 конструктивная система: Совокупность взаимосвязанных строительных конструкций и основания.

2.3 нагрузки: Внешние механические силы (вес конструкций, оборудования, людей, снегоотложения и др.), действующие на строительные объекты.

2.4 несущая способность: Максимальный эффект воздействия, реализуемый в строительном объекте без превышения предельных состояний.

2.5 нормативные характеристики физических свойств материалов: Значения физико-механических характеристик материалов, устанавливаемые в нормативных документах или технических условиях и контролируемые при их изготовлении, при строительстве и эксплуатации строительного объекта.

2.6 обеспеченность: Вероятность благоприятной реализации значения переменной случайной величины. Например, для нагрузок "обеспеченность" - вероятность непревышения заданного значения; для характеристик материалов "обеспеченность" - вероятность значений, меньших или равных заданным.

2.7 переменные параметры: Используемые при расчете строительных объектов физические величины (воздействия, характеристики материалов и грунтов), значения которых изменяются в течение расчетного срока эксплуатации или имеют случайную природу.

2.8 предельное состояние строительного объекта: Состояние строительного объекта, при превышении характерных параметров которого эксплуатация строительного объекта недопустима, затруднена или нецелесообразна.

2.9 прогрессирующее (лавинообразное) обрушение: Последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие начального локального повреждения.

2.10 расчетная схема (модель): Модель конструктивной системы, используемая при проведении расчетов.

2.11 расчетные критерии предельных состояний: Соотношения, определяющие условия реализации предельных состояний.

2.12 расчетные ситуации: Учитываемый при расчете сооружений комплекс наиболее неблагоприятных условий, которые могут возникнуть при его возведении и эксплуатации.

2.13 коэффициенты надежности: Коэффициенты, учитывающие возможные неблагоприятные отклонения значений нагрузок, характеристик материалов и расчетной схемы строительного объекта от реальных условий его эксплуатации, а также уровень ответственности строительных объектов. Вводится 4 типа коэффициентов надежности: коэффициенты надежности по нагрузке, коэффициенты надежности по материалу, коэффициенты условий работы , коэффициенты надежности по ответственности сооружений.

2.14 результат (эффект) воздействия: Реакция (внутренние усилия, напряжения, перемещения, деформации) строительных конструкций на внешние воздействия.

384-ФЗ:

1) **аварийное освещение** - освещение на путях эвакуации, имеющее электропитание от автономных источников, функционирующих при пожаре, аварии и других чрезвычайных ситуациях, включаемое автоматически при срабатывании соответствующей сигнализации или вручную, если сигнализации нет или она не сработала;

2) **авария -** опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной 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;

3) **авторский надзор -** контроль лица, осуществившего подготовку проектной документации, за соблюдением в процессе строительства требований проектной документации;

4) **воздействие** - явление, вызывающее изменение напряженно-деформированного состояния строительных конструкций и (или) основания здания или сооружения;

5) **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;

6) **здание** - результат строительства, представляющий собой объемную строительную систему, имеющую надземную и (или) подземную части, включающую в себя помещения, сети инженерно-технического обеспечения и системы инженерно-технического обеспечения и предназначенную для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных;

7) **инженерная защита** - комплекс сооружений, направленных на защиту людей, здания или сооружения, территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация здания или сооружения, от воздействия опасных природных процессов и явлений и (или) техногенного воздействия, угроз террористического характера, а также на предупреждение и (или) уменьшение последствий воздействия опасных природных процессов и явлений и (или) техногенного воздействия, угроз террористического характера;

8) **механическая безопасность** - состояние строительных конструкций и основания здания или сооружения, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений вследствие разрушения или потери устойчивости здания, сооружения или их части;

9) **микроклимат помещения** - климатические условия внутренней среды помещения, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха;

10) **нагрузка** - механическая сила, прилагаемая к строительным конструкциям и (или) основанию здания или сооружения и определяющая их напряженно-деформированное состояние;

11) **нормальные условия эксплуатации** - учтенное при проектировании состояние здания или сооружения, при котором отсутствуют какие-либо факторы, препятствующие осуществлению функциональных или технологических процессов;

12**) опасные природные процессы и явления** - землетрясения, сели, оползни, лавины, подтопление территории, ураганы, смерчи, эрозия почвы и иные подобные процессы и явления, оказывающие негативные или разрушительные воздействия на здания и сооружения;

13) **основание здания или сооружения** (далее также - основание) - массив грунта, воспринимающий нагрузки и воздействия от здания или сооружения и передающий на здание или сооружение воздействия от природных и техногенных процессов, происходящих в массиве грунта;

14) **помещение** - часть объема здания или сооружения, имеющая определенное назначение и ограниченная строительными конструкциями;

15) **помещение с постоянным пребыванием людей** - помещение, в котором предусмотрено пребывание людей непрерывно в течение более двух часов;

16) **предельное состояние строительных 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;

17) **противоаварийная защита систем инженерно-технического обеспечения** - комплекс устройств, обеспечивающих защиту, предупреждение и (или) уменьшение опасных последствий аварийных ситуаций при эксплуатации систем инженерно-технического обеспечения и увеличение ресурса работы (срока службы) указанных систем;

18) **расчетная ситуация** - учитываемый в расчете комплекс возможных условий, определяющих расчетные требования к строительным конструкциям, системам инженерно-технического обеспечения и частям указанных конструкций и систем;

19) **реологическое свойство материалов** - проявление необратимых остаточных деформаций и текучести или ползучести под влиянием нагрузки и (или) воздействия;

20) **сеть инженерно-технического обеспечения** - совокупность трубопроводов, коммуникаций и других сооружений, предназначенных для инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений;

21) **система инженерно-технического обеспечения** - одна из систем здания или сооружения, предназначенная для выполнения функций водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, газоснабжения, электроснабжения, связи, информатизации, диспетчеризации, мусороудаления, вертикального транспорта (лифты, эскалаторы) или функций обеспечения безопасности;

22) **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 территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация здания или сооружения;

23) **сооружение** - результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и (или) подземную части, 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;

24) **строительная конструкция** - часть здания или сооружения, выполняющая определенные несущие, ограждающие и (или) эстетические функции;

25**) техногенные воздействия** - опасные воздействия, являющиеся следствием аварий в зданиях, сооружениях или на транспорте, пожаров, взрывов или высвобождения различных видов энергии, а также воздействия, являющиеся следствием строительной деятельности на прилегающей территории;

26) **уровень ответственности** - характеристика здания или сооружения, определяемая в соответствии с объемом экономических, социальных и экологических последствий его разрушения;

27) **усталостные явления в материале** - изменение механических и физических свойств материала под длительным действием циклически изменяющихся во времени напряжений и деформаций;

28) **характеристики безопасности здания или сооружения** - количественные и качественные показатели свойств строительных конструкций, основания, материалов, элементов сетей инженерно-технического обеспечения и систем инженерно-технического обеспечения, посредством соблюдения которых обеспечивается соответствие здания или сооружения требованиям безопасности.

Термины и определения из некоторых других нормативных документов:

Авария - опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной 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.

Аварийное состояние – категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения и (или) характеризующаяся кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта.

Безопасность эксплуатации здания (сооружения) – комплексное свойство объекта противостоять его переходу в аварийное состояние, определяемое – проектным решением и степенью его реального воплощения при строительстве; текущим остаточным ресурсом и техническим состоянием объекта; степенью изменения объекта (старение материала, перестройки, перепланировки, пристройки, реконструкции, капитальный ремонт и т.п.) и окружающей среды как природного, так и техногенного характера; совокупностью антитеррористических мероприятий и степенью их реализации; нормативами по эксплуатации и степенью их реального осуществления.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения.

Биосфера – (от др.-греч. βιος — жизнь и σφαῖρα — сфера, шар) — оболочка Земли, заселённая живыми организмами, находящаяся под их воздействием и занятая продуктами их жизнедеятельности; «плёнка жизни»; глобальная экосистема Земли.

Воздействия – изменение температуры, влияние на строительный объект окружающей среды, действие ветра, осадка оснований, смещение опор, деградация свойств материалов во времени и другие эффекты, вызывающие изменение напряженно-деформированного состояния строительных конструкций. При проведении расчетов воздействия допускается задавать как эквивалентные нагрузки.

Деградация свойств материалов во времени – постепенное понижение

уровня эксплуатационных характеристик материалов, процесс их изменения в сторону ухудшения относительно проектных значений.

Динамические параметры зданий (сооружений) – параметры зданий и сооружений, характеризующие их динамические свойства, проявляющиеся при динамических нагрузках, и включающие в себя периоды и декременты собственных колебаний основного тона и обертонов, передаточные функции объектов, их частей и элементов и др.

Долговечность – *Определение 1.* Способность строительного объекта сохранять прочностные, физические и другие свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его нормальную эксплуатацию в течение расчетного срока службы. *Определение 2* – Свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния.

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.

Жизненный цикл (life cycle) - последовательные и взаимосвязанные стадии продукции, от приобретения или производства из природных ресурсов или сырья до окончательного размещения в окружающей среде, эксплуатации и утилизации.

Здание – *Определение 1.* Результат строительной деятельности, предназначенный для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных. Здание является частным случаем строительного сооружения.

Определение 2. Результат строительства, представляющий собой объемную строительную систему, имеющую надземную и (или) подземную части, включающую в себя помещения, сети инженерно-технического обеспечения и

системы инженерно-технического обеспечения и предназначенную для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных.

Конструктивная система – совокупность взаимосвязанных строительных конструкций и основания.

Коэффициенты надежности – коэффициенты, учитывающие возможные неблагоприятные отклонения значений нагрузок, характеристик материалов и расчетной схемы строительного объекта от реальных условий его эксплуатации, а также уровень ответственности строительных объектов. Вводится 4 типа коэффициентов надежности – коэффициенты надежности по нагрузке , коэффициенты надежности по материалу , коэффициенты условий работы, коэффициенты надежности по ответственности сооружений.

Механическая безопасность – состояние строительных конструкций и основания здания или сооружения, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений вследствие разрушения или потери устойчивости здания, сооружения или их части.

Микроклимат помещения – климатические условия внутренней среды помещения, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Моральный износ здания – постепенное (во времени) отклонение основных эксплуатационных показателей от современного уровня технических требований эксплуатации зданий и сооружений.

Нагрузки – внешние механические силы (вес конструкций, оборудования, людей, снегоотложения и др.), действующие на строительные объекты.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения,

технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Несущая способность – максимальный эффект воздействия, реализуемый в строительном объекте без превышения предельных состояний.

Нормальные условия эксплуатации – учтенное при проектировании состояние здания или сооружения, при котором отсутствуют какие-либо факторы, препятствующие осуществлению функциональных или технологических процессов.

Нормативные характеристики физических свойств материалов – Значения физико-механических характеристик материалов, устанавливаемые в нормативных документах или технических условиях и контролируемые при их изготовлении, при строительстве и эксплуатации строительного объекта.

Нормальная эксплуатация – эксплуатация строительного объекта в соответствии с условиями, предусмотренными в строительных нормах или задании на проектирование, включая соответствующее техническое обслуживание, капитальный ремонт и реконструкцию.

Нормативное техническое состояние – категория технического состояния, при котором количественные и качественные значения параметров всех критериев оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений, включая состояние грунтов основания, соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения.

Основание – часть массива грунта, взаимодействующая с конструкцией сооружения, воспринимающая воздействия, передаваемые через фундамент и подземные части сооружения и передающие на сооружение техногенные и природные воздействия от внешних источников.

Отказ – состояние строительного объекта, при котором не выполняются одно или несколько условий предельных состояний.

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

передающий на здание или сооружение воздействия от природных и техногенных процессов, происходящих в массиве грунта.

Поверочный расчет – расчет существующей конструкции и (или) грунтов основания по действующим нормам проектирования с введением в расчет полученных в результате обследования или по проектной и исполнительной документации – геометрических параметров конструкций, фактической прочности строительных материалов и грунтов основания, действующих нагрузок, уточненной расчетной схемы с учетом имеющихся дефектов и повреждений.

Предельное состояние строительных 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.

Переменные параметры – Используемые при расчете строительных объектов физические величины (воздействия, характеристики материалов и грунтов), значения которых изменяются в течение расчетного срока эксплуатации или имеют случайную природу.

Прогрессирующее (лавинообразное) обрушение – последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие начального локального повреждения.

Расчетная схема (модель) – модель конструктивной системы, используемая при проведении расчетов.

Расчетные критерии предельных состояний – соотношения, определяющие условия реализации предельных состояний.

Расчетные ситуации – учитываемый при расчете сооружений комплекс наиболее неблагоприятных условий, которые могут возникнуть при его возведении и эксплуатации.

Результат (эффект) воздействия – реакция (внутренние усилия, напряжения, перемещения, деформации) строительных конструкций на внешние воздействия.

Реологическое свойство материалов – проявление необратимых остаточных деформаций и текучести или ползучести под влиянием нагрузки и (или) воздействия.

Сооружение – результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и (или) подземную части, 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.

Срок службы – продолжительность нормальной эксплуатации строительного объекта с предусмотренным техническим обслуживанием и ремонтными работами (включая капитальный ремонт) до состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

Строительная конструкция – часть сооружения, выполняющая определенные функции несущих или ограждающих конструкций, или являющаяся декоративным элементом.

Строительное изделие – изделие, предназначенное для применения в качестве элемента строительных конструкций сооружений.

Строительный материал – материал, предназначенный для изготовления строительных объектов.

Строительный объект – строительное сооружение, здание, помещение, строительная конструкция, строительное изделие или основание.

Текущие динамические параметры зданий (сооружений) – Динамические параметры зданий и сооружений на момент их обследования или проводимого этапа мониторинга.

Техногенные воздействия – опасные воздействия, являющиеся следствием

аварий в зданиях, сооружениях или на транспорте, пожаров, взрывов или высвобождения различных видов энергии, а также воздействия, являющиеся следствием строительной деятельности на прилегающей территории.

Тренд — основная тенденция изменения чего-либо. Тренды могут быть описаны различными уравнениями — линейными, логарифмическими, степенными и так далее.

Уникальное здание (сооружение) – объект капитального строительства, в проектной документации которого предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик – высота более 100 м, пролеты более 100 м, наличие консоли более 20 м, заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки более чем на 15 м, с пролетом более 50 м или со строительным объемом более 100 тыс. м и с одновременным пребыванием более 500 человек.

Уровень ответственности – характеристика здания или сооружения, определяемая в соответствии с объемом экономических, социальных и экологических последствий его разрушения.

Усиление – комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение несущей способности и эксплуатационных свойств строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая грунты основания, по сравнению с фактическим состоянием или проектными показателями.

Физический износ здания – ухудшение технических и связанных с ними эксплуатационных показателей здания, вызванное объективными причинами.

Эксплуатация несущих конструкций объекта – комплекс мероприятий по поддержанию необходимой степени надежности конструкций в течение расчетного срока службы объекта в соответствии с требованиями нормативных и проектных документов.

3.3 Основы проектирования зданий промышленного и гражданского назначения. Программные комплексы, используемые для расчетов.

Проектирование (от лат. projectus - брошенный вперед, взгляд в будущее) – процесс создания проекта, т.е. прототипа, прообраза предполагаемого и возможного объекта. Проект может быть выполнен в виде макета, модели или рабочих чертежей.

Архитектурно-строительное проектирование заключается в разработке технической документации, предназначенной для осуществления строительства какого-либо объекта (или ряда объектов), создания новых видов и образцов строительных конструкций на предприятиях строительной индустрии и т.д. [6]. В процессе проектирования выполняют технические и экономические расчеты, разрабатывают схемы, графики, макеты, рабочие чертежи, составляют пояснительные записки, спецификации, сметы, калькуляции.

Проектирование - важнейшее звено, связывающее научные разработки с практикой строительства. В проектах находят непосредственное отражение результаты научных исследований, новые конструктивные решения, передовой опыт возведения зданий и сооружений. От качества проектирования в немалой степени зависят темпы технического прогресса в любой отрасли производственной деятельности человека, в том числе и в строительстве. Важным принципом проектирования является принятие определенных расчетных моделей.

Рассмотрим принципы моделирования строительных конструкций, зданий и сооружений. Сложные инженерные сооружения состоят из множества разнородных элементов, различающихся материалом, формой, соотношением размеров, характером загружения и т.п. Основным их особенностям, классификации, описанию применяемых физических и математических и расчетных моделей посвящена настоящая глава.

Следует иметь в виду, что инженеру-проектировщику в любом случае

приходится иметь дело не с реальной конструкцией, а с ее моделью, в противном случае процесс проектирования сделался бы практически нереализуемым. В современной инженерной практике моделирование является многоэтапным процессом, который связан с решением многих физических и математических проблем, в том числе:

- моделирование материала и его свойств;
- моделирование связи между компонентами напряженно-деформированного состояния конструкции;
- моделирование формы конструкции;
- моделирование связей между отдельными, часто разнородными элементами конструкции;
- моделирование связей между конструкцией и основанием,
- моделирование внешних силовых воздействии на конструкцию.

В процессе создания науки о напряженно-деформированном состоянии материальных тел многократно делались попытки учесть их реальную структуру. Так, выдающиеся французские ученые О. Коши и Л. Навье, основоположники теории упругости, вначале пытались рассматривать твердое тело как совокупность материальных точек (молекул), удерживаемых на определенных расстояниях друг от друга силами взаимодействия, при этом предполагалось, что силы взаимодействия двух молекул направлены по прямой и линейно зависят от расстояния между ними. Однако на основе представления о молекулярной структуре вещества ввиду исключительно большого числа элементарных материальных частиц и ничтожно малых расстояний между ними (по сравнению с размерами тела), проследить за перемещениями каждой конкретной частицы оказалось невозможным; в качестве единственно приемлемой была принята гипотеза о распределении вещества тела непрерывно по всему его объему. Такая абстрактная модель, называемая статистической, позволила перекинуть мост между дискретной средой, каковой в реальности является твердое тело, и понятием непрерывного геометрического пространства,

являвшегося в то время основой математического анализа. Именно такой подход позволил выразить перемещения точек твердого тела непрерывными функциями координат и ввести статистическое понятие напряжения как осредненной силы взаимодействия между частицами, расположенными по одну сторону от произвольной площадки, мысленно выделенной внутри тела, и частицами, расположенными по другую ее сторону. В итоге Коши, Навье и Пуассон получили основные дифференциальные уравнения и соотношения теории упругости.

Кроме указанной гипотезы о непрерывной сплошной среде в теории упругости введены также гипотезы о линейной зависимости между напряжениями, деформациями, перемещениями и их производными, однородности (упругие свойства материала одинаковы во всех его точках) и изотропности (упругие свойства одинаковы во всех направлениях) твердого тела, что позволило теоретически сформулировать и практически использовать целый ряд важнейших физических и механических характеристик материала.

При проектировании инженерных сооружений, как правило, не удается ввести в расчет их реальную форму, а приходится довольствоваться ее упрощенным, идеализированным представлением, что позволяет применить имеющиеся в распоряжении проектировщика физические модели и математические методы. Моделирование формы и построение расчетной схемы сооружения - один из самых ответственных этапов процесса проектирования строительных объектов.

Таким образом, инженеру в любом случае следует быть готовым к тому, что результаты расчета сооружения, полученные с помощью самых современных математических методов и сверхмощных компьютеров, лишь приближенно выражают его действительное напряженно-деформированное состояние. Важно лишь, чтобы возникшие при этом погрешности не могли явиться одной из причин недопустимого отклонения основных характеристик готового сооружения от предъявляемых к нему эксплуатационных требований по

прочности, деформативности, долговечности и пр.

Еще одной проблемой в современном проектировании инженерных сооружений является невозможность выполнения всего комплекса операций по их расчету и конструированию на одном количественном уровне допускаемых погрешностей. Так, например, перемещения и напряжения в сечениях идеализированной расчетной схемы металлического моста можно определить с любой наперед заданной точностью, в то же время погрешности моделирования узлов соединения элементов реальной конструкции или определения характеристик грунта в основании опор моста могут составить десятки процентов. Принятая в нормативных документах различных государств система коэффициентов запаса в определенной мере предохраняет проектировщика от неприятных неожиданностей; важное значение, особенно в неординарных ситуациях, приобретает тщательно продуманный эксперимент, а также интуиция и опыт специалиста, искусство эффективного анализа и синтеза достижений мировой строительной практики.

Идеализированными в большинстве случаев являются также расчетные схемы достаточно сложных конструкций опорных элементов и связей между отдельными частями сооружений. Наиболее широко применяются модели подвижного и неподвижного шарнирных соединений, а также жесткого защемления.

Безусловной абстракцией является также понятие «сосредоточенная сила», т.е. сила, действующая на участке поверхности тела нулевой площади или во внутренней области, объем которой равен нулю. В ряде задач такая абстракция приводит к усложнению расчетной схемы, так как приходится принимать во внимание так называемые особенности напряженно- деформированного состояния тела, связанные с необходимостью учета бесконечно больших напряжений.

Расчетная модель совокупность принимаемых для расчета условий, таких как выбор расчетной схемы, принятие упрощающих предпосылок, составление

исходных уравнений состояния и т.д. Расчетные модели конструкций и оснований должны отражать действительные условия работы здания, сооружения, отвечающие рассматриваемой расчетной ситуации. При этом следует учитывать факторы, определяющие напряженное и деформированное состояния, особенности взаимодействия элементов конструкций между собой и с основанием, пространственную работу конструкций, геометрическую и физическую нелинейности, пластические и реологические свойства материалов и грунтов, наличие трещин в железобетонных конструкциях, возможные отклонения геометрических размеров от их номинальных значений.

Расчетная схема интересует инженера не сама по себе, а в качестве промежуточной модели для определения напряженно-деформированного состояния конструкции, для оценки инженером таких показателей конструкции, как ее способность быть возведенной, надежно эксплуатируемой, экономичной и т. д. В этой связи в процессе получения результирующей информации расчет условно можно разбить на четыре этапа. Первый этап – переход от реальной конструкции (РК) к физической модели (ФМ). Второй этап – переход от физической модели к механической или математической ее модели (ММ). Третий этап – переход от непрерывной механико-математической модели к дискретной модели или расчетной схеме (РС), приспособленной к возможностям конкретного инструмента вычислений. Четвертый этап – описание этой расчетной схемы доступными средствами избранного программного обеспечения, проведение самого расчета, получение численных результатов расчета (ЧР). И, наконец, последний этап связан с интерпретацией и анализом результатов расчета и получением итоговой информации (ИИ). Итак,

$$РК \Rightarrow ФМ \Rightarrow РМ\ (ММ + РС) \Rightarrow ЧР \Rightarrow ИИ.$$

На каждом из этих этапов роль или степень участия инженера-расчетчика и роль используемого программного обеспечения различны, равно как и различна

их ответственность.

Общие проблемы моделирования неоднократно служили темой исследований, и их авторы выдвигали разнообразные правила построения расчетных моделей. Так, в свое время Н. М. Герсеванов выдвинул три принципа создания расчетных моделей сооружений:

- методы расчета должны исходить из форм разрушений и деформаций, подтвержденных опытом строительной практики;
- расчетная гипотеза, которая может быть достаточно условной, должна ставить конструкцию в менее благоприятные условия, чем те, в которых находится действительная конструкция;
- набор расчетных гипотез должен обеспечивать не только прочность и устойчивость, но и экономичность конструкции.

По мнению некоторых авторитетных ученых, эти принципы, однако, не являются полными, и их следует дополнить следующим образом:

- целесообразно иметь не одну модель, а систему аппроксимирующих моделей работы сооружения, каждая из которых имеет свои границы применения;
- аппроксимирующая модель работы сооружения должна не только правильно и полно отражать работу реального объекта, но и быть настолько простой, чтобы расчет не становился чрезмерно громоздким.

Ничуть не оспаривая эти положения, хотелось бы дополнить их некоторыми соображениями, которые необходимо учитывать, как при создании, так и при использовании расчетных схем сооружений. Так, особую роль играют общие модели конструкций и их элементов – стержень, пластина, оболочка и т. п., с помощью которых конструируются полные расчетные схемы одних сооружений и части расчетных схем других, более сложных, объектов.

Такие модели являются базовыми, они должны изучаться со всей доступной нам степенью строгости и служить в дальнейшем основой для рассмотрения других расчетных моделей. Тогда использование указанных моделей становится

привлекательным в силу их изученности, а инженер во многом предугадывает результат анализа (по крайней мере его качественные особенности),

По-видимому, наиболее правильной стратегией является выполнение тщательного анализа некоторых типичных моделей на уровне сложности доступном современной вычислительной технике, и сопоставление результатов шкот расчета с упрощенным. Такого рода вычислительное экспериментирование позволяет определить (для некоторого класса задач), является ли заметным расхождение между расчетом и экспериментом.

Порой формальная разбивка конструкции в дискретной расчетной схеме на «лапшу» из тысяч конечных элементов приводит лишь к кажущейся эффективности и повышению точности в решении задачи, тогда как на самом деле точность может даже существенно понизиться в связи с неизбежным наращиванием погрешностей вычислений при увеличении по порядку количества неизвестных в дискретной схеме.

Построение расчетной схемы – всегда определенный компромисс. Чтобы с помощью этой схемы можно было получить результаты, имеющие смысл и прикладное значение, она должна быть достаточно детальной и сложной. В то же время она должна быть достаточно простой, чтобы можно было получить решение при ограничениях, налагаемых на результат такими факторами, как сроки, доступное программное обеспечение, квалификация исполнителей, возможности анализа и осмысления получаемых результатов, а также адекватной по точности исходной непрерывной модели.

Вообще, всегда следует помнить, что расчетная схема суть некоторая абстракция, созданная для определенных целей, и поэтому отношение к ней не должно превращаться в обожествление: «Чем глубже проблему тем вероятнее, что она будет решена каким-то комичным, парадоксальным способом, без звериной серьезности» (Даниил Гранин. Зубр // Новый мир.- 1987. - №1).

Расчетчик обычно использует не одну, а несколько в некотором смысле близких расчетных схем и, если результаты анализа такого рода набора схем

близки друг к другу, то уверенность в их правильности резко возрастает. В этом случае апостериорная проверка, по сути, анализирует устойчивость результата по отношению к вариациям расчетной модели, Если при таких вариациях обнаружены локальные несоответствия, и они убедительно объясняются особенностями применяемой схемы, то уверенное использование остальных результатов становится вполне оправданным. Сами упомянутые локальные зоны подлежат специальному анализу, быть может, с использованием других расчетных моделей.

Подавляющее число достижений теории сооружений связано с тем, что удавалось выделить объекты с относительно небольшим числом определяющих параметров, взаимодействие отдельных частей которых было относительно слабым.

Один из основоположников кибернетики У. Эшби утверждал: «Я убежден, что в будущем теоретик систем должен стать экспертом по упрощению. Нам остается только присоединиться к этому высказыванию. Экспертом по упрощению расчетных моделей может стать только высококвалифицированный специалист. К числу наиболее мощных приемов упрощения принадлежит использование некоторых кинематических гипотез, с помощью которых поведение больших групп «независимых» переменных представляется через относительно небольшое число определяющих параметров. Типичным примером (он настолько традиционен, что его применение даже не фиксируется) является использование гипотезы плоских сечений в теории стержней Бернулли-Эйлера.

Аналогичны гипотезы об отсутствии деформаций в плоскости перекрытий многоэтажного здания, когда они представляются абсолютно жесткими диафрагмами, а здание в целом рассчитывается на горизонтальные нагрузки как система соединенных упругими вертикальными связями горизонтальных дисков, движущихся только в горизонтальной плоскости. Все эти приемы агрегирования переменных и использования некоторых обобщенных координат

важны не столько для уменьшения размерности задачи (хотя и это учитывается), сколько для сжатия информации с целью большего удобства ее осмысления.

Кроме того, такие приемы важны в тех случаях, когда данные о внешних воздействиях не детализированы в такой степени, чтобы их можно было корректно «привязать» к детальной расчетной схеме, например при так называемых запроектных воздействиях.

Перечень программного обеспечения для субъектов градостроительной деятельности в соответствии с данными единого реестра российского программного обеспечения для ЭВМ приведен на сайте министерства строительства РФ.

Приведем краткий перечень ПО, используемого во многих проектных, изыскательских и подрядных организациях для осуществления профессиональной деятельности (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Назначение	Название	Пояснение
Программы для архитектурно-строительного проектирования и выпуска строительной документации	Autodesk Building Design Suite	Программный комплекс, объединяющий технологию информационного моделирования зданий (BIM) и средства САПР для эффективного проектирования, визуализации и инженерных расчетов
	Autodesk Revit, Renga	Специализированное решение для архи-тектурно-строительного проектирования и управления документооборотом с применением технологии информационного моделирования зданий (BIM)
	Autodesk Factory Design Suite	Программный комплекс для проектирования промышленных предприятий
	AutoCAD Architecture	Специализированное решение для архи-тектурно-строительного проектирования зданий и сооружений на платформе AutoCAD. Обладает собственными средствами построения трехмерных моделей и получения всей необходимой выходной документации

Продолжение таблицы 3.1

Назначение	Название	Пояснение
Системы для проверки архитектурно-строительных проектов и планирования строительных работ	Autodesk® Navisworks®	Комплексное решение для проверки архитектурно-строительных проектов, позволяющее полностью контролировать результаты
Проектирование строительных конструкций	Tekla Structures	Программный комплекс для проектирования и деталировки металлоконструкций, сборных железобетонных конструкций и монолитных железобетонных изделий
САПР общего назначения	AutoCAD	Традиционные, проверенные временем инструменты инженерной графики, трехмерного моделирования и визуализации. Платформа AutoCAD обеспечивает впечатляющее повышение производительности труда в любой области деятельности, связанной с точным графическим представлением результатов.
	AutoCAD LT	Универсальная система для черчения и создания проектной документации
САПР общего назначения	Autodesk 3ds Max Design	Программа трехмерного моделирования, анимации и визуализации в которой реализованы передовая технология моделирования и расчета освещения, богатые возможности визуализации и высокий уровень совместимости с продуктами на базе Revit® и AutoCAD®
	StdManagerCS	CncTeMa централизованного управления настройками рабочей среды AutoCAD в соответствии со стандартами предприятий по работе в среде AutoCAD для различных специальностей

Продолжение таблицы 3.1

Назначение	Название	Пояснение
Архитектурно строительные приложения для AutoCAD	ПАРКС	Приложение для AutoCAD, предназначенное для выполнения чертежей архитектурно-строительной части проекта и выпуска строительной документации (раздел АР и КЖ), в соответствии с отечественными нормами и стандартами
	СПДС GraphiCS	приложение к AutoCAD, Autodesk Architectural Desktop, AutoCAD Architecture, предназначенное для оформления рабочих чертежей в строгом соответствии с требованиями СПДС
Программы для расчета строительных конструкций	SCAD Office, NX Nastran	Программный комплекс нового поколения, позволяющий провести расчет и проектирование стальных и железобетонных конструкций
	SCAD (StructureCAD)	Программа предназначена для расчета и проектирования строительных конструкций методом конечных элементов. Программа имеет одностороннюю связь с Autodesk Revit® Structure. Соответствует отечественным нормам и стандартам
	Комета	Программа предназначена для расчета и проектирования узлов стальных конструкций зданий и сооружений в промышленном и гражданском строительстве
	Кристалл	Программа предназначена для выполнения проверок элементов и соединений стальных конструкций на соответствие требованиям СП «Стальные конструкции».
	Арбат	Программа предназначена для подбора и проверки существующей арматуры в элементах железобетонных конструкций (неразрезные балки и колонны), а также для вычисления прогибов в железобетонных балках согласно требованиям СП «Бетонные и железобетонные конструкции»

Продолжение таблицы 3.1

Назначение	Название	Пояснение
Программы для расчета строительных конструкций	Камин	Программа предназначена для расчета элементов каменных и армокаменных конструкций в соответствии со СНиП
	Монолит	Программа предназначена для проектирования железобетонных монолитных ребристых перекрытий, образованных системой плит и балок, опирающихся на колонны и(или) стены
	Конструктор сечений	Программа предназначена для формирования произвольных составных сечений из стальных прокатных профилей и листов, а также расчета их геометрических характеристик, необходимых для выполнения расчета конструкций
	КоКон	Электронный справочник по коэффициентам концентрации напряжений
	ЛИРА-САПР 2013 R4	Многофункциональный программный комплекс ЛИРА-САПР реализует технологию информационного моделирования зданий (BIM) и ориентирован для проектирования и расчета строительных и машиностроительных конструкций различного назначения
Программы для геотехнических расчетов	Plaxis 2D	Программа для комплексных расчётов напряжённо-деформированного состояния и устойчивости геотехнических объектов различного назначения
	2D Dynamics	Программа предназначена для расчетов напряженно-деформированного состояния системы основание - фундамент - сооружение при динамических нагрузках (гармонических, импульсных, сейсмических) в условиях плоской и осесимметричной задач

Окончание таблицы 3.1

	2D PlaxFlow	Программа для фильтрационных расчетов насыщенных и ненасыщенных водой грунтовых массивов в условиях плоской задачи методом конечных элементов
	PLAXIS 3D	Программа для комплексных расчётов напряжённо-деформированного состояния и устойчивости геотехнических объектов различного назначения методом конечных элементов в условиях пространственной задачи
Программы для геотехнических расчетов	3D Dynamics	Программа предназначена для расчетов напряженно-деформированного состояния системы основание - фундамент - сооружение при динамических нагрузках (гармонических, импульсных, сейсмических) в условиях пространственной задачи
	3D PlaxFlow	Программа для фильтрационных расчетов насыщенных и ненасыщенных водой грунтовых массивов в условиях пространственной задачи методом конечных элементов
Проектирование объектов инфраструктуры	Autodesk Civil 3D	Программа нового поколения базируется на платформе AutoCAD и предназначена для решения задач землеустроителей, проектировщиков генплана и линейных сооружений
	GeoniCS	Приложение к AutoCAD, предназначенное для проектирования генеральных планов
	Гектор: Проектировщик-строитель» Версия ЭКСПЕРТ	Инструмент для разработки проектов организации строительства (ПОС), проектов производства работ (ППР), технологических карт (ТК)
Программы для экономических расчетов	СМЕТА – БАГИРА, GRAND-SMETA	Профессиональная строительная программа для составления и расчета сметной документации

3.4 Проектная и изыскательская деятельность организаций в сфере промышленного и гражданского строительства, роль научного сопровождения проектируемых объектов.

Проектная деятельность регламентируется **Постановлением Правительства Российской Федерации** от 16 февраля 2008 года № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [10].

I. Общие положения

1. Настоящее Положение устанавливает состав разделов проектной документации и требования к содержанию этих разделов:

а) при подготовке проектной документации на различные виды объектов капитального строительства;

б) при подготовке проектной документации в отношении отдельных этапов строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства (далее — строительство).

2. В целях настоящего Положения объекты капитального строительства в зависимости от функционального назначения и характерных признаков подразделяются на следующие виды:

а) объекты производственного назначения (здания, строения, сооружения производственного назначения, в том числе объекты обороны и безопасности), за исключением линейных объектов;

б) объекты непроизводственного назначения (здания, строения, сооружения жилищного фонда, социально-культурного и коммунально-бытового назначения, а также иные объекты капитального строительства непроизводственного назначения);

в) линейные объекты (трубопроводы, автомобильные и железные дороги, линии электропередачи и др.).

3. Проектная документация состоит из текстовой и графической частей.

Текстовая часть содержит сведения в отношении объекта капитального строительства, описание принятых технических и иных решений, пояснения, ссылки на нормативные и (или) технические документы, используемые при подготовке проектной документации и результаты расчетов, обосновывающие принятые решения.

Графическая часть отображает принятые технические и иные решения и выполняется в виде чертежей, схем, планов и других документов в графической форме.

Подготовка проектной документации должна осуществляться в соответствии с законодательством Российской Федерации о государственной тайне.

4. В целях реализации в процессе строительства архитектурных, технических и технологических решений, содержащихся в проектной документации на объект капитального строительства, разрабатывается рабочая документация, состоящая из документов в текстовой форме, рабочих чертежей, спецификации оборудования и изделий.

5. В случае если для разработки проектной документации на объект капитального строительства недостаточно

требований по надежности и безопасности, установленных нормативными техническими документами, или такие

требования не установлены, разработке документации должны предшествовать разработка и утверждение в

установленном порядке специальных технических условий.

Порядок разработки и согласования специальных технических условий устанавливается Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации по согласованию с федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими функции по нормативно-правовому регулированию в соответствующих сферах деятельности.

6. Правила выполнения и оформления текстовых и графических материалов, входящих в состав проектной и рабочей документации, устанавливаются Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.

7. Необходимость разработки требований к содержанию разделов проектной документации, наличие которых согласно настоящему Положению не является обязательным, определяется по согласованию между проектной организацией и заказчиком такой документации.

Разделы 6, 11, 5 и 9 проектной документации, требования к содержанию которых устанавливаются соответственно пунктами 23, 27-1 — 31, 38 и 42 настоящего Положения, разрабатываются в полном объеме для объектов капитального строительства, финансируемых полностью или частично за счет средств соответствующих бюджетов. Во всех остальных случаях необходимость и объем разработки указанных разделов определяются заказчиком и указываются в задании на проектирование.

8. Необходимость разработки проектной документации на объект капитального строительства применительно к отдельным этапам строительства устанавливается заказчиком и указывается в задании на проектирование. Возможность подготовки проектной документации в отношении отдельных этапов строительства должна быть обоснована расчетами, подтверждающими технологическую возможность реализации принятых проектных решений при осуществлении строительства по этапам.

Проектная документация в отношении отдельного этапа строительства разрабатывается в объеме, необходимом для осуществления этого этапа строительства. Указанная документация должна отвечать требованиям к составу и содержанию разделов проектной документации, установленным настоящим Положением для объектов капитального строительства. ….

9. Проектная документация на объекты капитального строительства производственного и непроизводственного назначения состоит из 12 разделов,

требования к содержанию которых установлены пунктами 10 — 32 настоящего Положения.

10. Раздел 1 "Пояснительная записка" должен содержать:

12. Раздел 2 "Схема планировочной организации земельного участка" должен содержать:

13. Раздел 3 "Архитектурные решения" должен содержать:

14. Раздел 4 "Конструктивные и объемно-планировочные решения" должен содержать:

15. Раздел 5 "Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений" должен состоять из следующих подразделов:

а) подраздел "Система электроснабжения";

б) подраздел "Система водоснабжения";

в) подраздел "Система водоотведения";

г) подраздел "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети";

д) подраздел "Сети связи";

е) подраздел "Система газоснабжения";

ж) подраздел "Технологические решения".

23. Раздел 6 "Проект организации строительства" должен содержать:

24. Раздел 7 "Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства» выполняется при необходимости сноса (демонтажа) объекта или части объекта капитального строительства и должен содержать:

25. Раздел 8 "Перечень мероприятий по охране окружающей среды" должен содержать:

26. Раздел 9 "Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности" должен содержать:

27. Раздел 10 "Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов" должен содержать:

28. Раздел 11 "Смета на строительство объектов капитального строительства" должен содержать текстовую часть в составе пояснительной записки к сметной документации и сметную документацию.

32. Раздел 12 "Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами" должен содержать документацию, необходимость разработки которой при осуществлении проектирования и строительства объекта капитального строительства предусмотрена законодательными актами Российской Федерации, в том числе:

а) декларацию промышленной безопасности опасных производственных объектов, разрабатываемую на стадии проектирования;

б) декларацию безопасности гидротехнических сооружений, разрабатываемую на стадии проектирования;

б-1) перечень мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера для объектов использования атомной энергии (в том числе ядерных установок, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ), опасных производственных объектов, определяемых таковыми в соответствии с законодательством Российской Федерации, особо опасных, технически сложных, уникальных объектов, объектов обороны и безопасности;

в) иную документацию, установленную законодательными актами Российской Федерации.

Инженерные изыскания [9] для подготовки документов территориального планирования, документации по планировке территории и выбора площадки (трассы) строительства должны обеспечивать получение сведений о природных условиях территории, необходимых и достаточных для принятия решений о функциональном назначении территорий, в целях обеспечения их устойчивого развития, сохранения окружающей среды, создания

условий для привлечения инвестиций, выделения элементов планировочной структуры, установления границ земельных участков и зон планируемого размещения объектов федерального, регионального, муниципального значения, защиты территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и составления прогноза изменения природных условий.

Для подготовки документов территориального планирования состав и объемы инженерных изысканий устанавливаются в программе с учетом уровня документов территориального планирования (Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований), видов объектов капитального строительства, степени изученности природных условий территории.

Результаты инженерных изысканий, кроме сведений о природных условиях территории, должны содержать карты территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Для подготовки документации по планировке территории инженерные изыскания выполняются для получения:

- материалов о природных условиях территории, в отношении которой осуществляется подготовка такой документации, и факторах техногенного воздействия на окружающую среду, прогнозов их изменения для обеспечения рационального и безопасного использования указанной территории;

- материалов, необходимых для установления границ зон планируемого размещения объектов капитального строительства, уточнения их предельных параметров, установления границ земельных участков;

- материалов, необходимых для обоснования проведения мероприятий по организации поверхностного стока вод, частичному или полному осушению территории и других подобных мероприятий (далее - инженерная подготовка), инженерной защите и благоустройству территории.

Результаты инженерных изысканий для подготовки документации по планировке территории должны содержать сведения о природных условиях территории и факторах техногенного воздействия, о границах проявления и развития опасных природных процессов, прогноз изменений природных условий, рекомендации для принятия решений по мероприятиям инженерной защиты.

Инженерные изыскания для архитектурно-строительного проектирования при подготовке проектной документации объектов капитального строительства выполняются для получения необходимых материалов и данных о природных условиях выбранной площадки (трассы) и составления прогноза изменения природных условий, с учетом влияния техногенных факторов, а также обеспечения дальнейшей детализации и уточнения природных условий, в том числе в пределах сферы взаимодействия зданий и сооружений с окружающей средой.

Инженерные изыскания для подготовки проектной документации объектов капитального строительства выполняются в два этапа при:

- недостаточной изученности природных условий территории и факторов техногенного воздействия;

- отсутствии материалов и данных для принятия проектных решений по окончательному выбору местоположения зданий и сооружений (переходов трассы через естественные и искусственные преграды), выбору типов фундаментов;

- отсутствии материалов и данных для принятия проектных решений по инженерной защите объектов капитального строительства и охране окружающей среды.

На первом этапе выполнения инженерных изысканий для подготовки проектной документации должны быть получены материалы и данные о природных условиях территории выбранной площадки (трассы) и факторах техногенного воздействия для:

- обоснования компоновки зданий и сооружений, принятия конструктивных и объемно-планировочных решений в отношении этих зданий и сооружений;

- составления ситуационного плана и/или схемы генерального плана проектируемого объекта;

- составления качественного прогноза развития опасных природных процессов и явлений и их воздействия на проектируемые здания и сооружения;

- принятия решений при разработке мероприятий и проектировании сооружений инженерной защиты;

- принятия решений при разработке мероприятий по охране природной среды.

На втором этапе выполнения инженерных изысканий для подготовки проектной документации уточняются характеристики природных условий в пределах сферы взаимодействия зданий и сооружений с окружающей средой с учетом принятых конструктивных решений.

Результаты второго этапа выполнения инженерных изысканий должны обеспечивать получение необходимых материалов для:

- уточнения расчетных характеристик природных условий, полученных при инженерных изысканиях на первом этапе, и повышения их достоверности;

- расчета оснований, фундаментов и конструкций зданий и сооружений;

- составления количественного прогноза развития опасных природных процессов и явлений и их воздействия на проектируемые здания и сооружения;

- детализации проектных решений по инженерной защите, охране окружающей среды, рациональному природопользованию;

- обоснования методов производства земляных работ;

- разработки проекта организации строительства.

Материалы инженерных изысканий должны содержать информацию, позволяющую оценить необходимость проведения локального мониторинга

компонентов окружающей среды и, при необходимости, разработать проект локального мониторинга.

Инженерные изыскания при строительстве зданий и сооружений должны обеспечивать: получение материалов, необходимых для подтверждения и/или уточнения данных о природных условиях, заложенных в проектной документации; геодезическое сопровождение и геотехнический контроль строительства объекта; контроль за развитием опасных природных процессов и явлений для предотвращения их негативного воздействия на объект, а также оценку влияния техногенного воздействия возводимого объекта на окружающую среду, здания и сооружения, находящиеся в зоне влияния строительства.

Инженерные изыскания при реконструкции зданий и сооружений должны обеспечивать: получение материалов и данных о соответствии характеристик природных условий, использованных при разработке проектной документации, фактическим природным условиям и их изменении в результате взаимодействия со зданием или сооружением; получение уточненных расчетных характеристик компонентов природной среды, необходимых для разработки проектной документации на осуществление реконструкции объекта строительства; оценку эффективности работы систем инженерной защиты зданий и сооружений.

При активизации развития опасных природных процессов и явлений на прилегающих территориях, вследствие строительства (эксплуатации) зданий и сооружений, результаты инженерных изысканий должны обеспечивать исходными данными разработку проектной документации по соответствующим компенсационно-восстановительным мероприятиям.

Выполнение инженерных изысканий при сносе (демонтаже) зданий и сооружений или их частей определяется заказчиком в зависимости от метода сноса (демонтажа), природных и техногенных воздействий на объект, характера окружающей застройки, а также, при необходимости, оценки возможных негативных воздействий на окружающую среду, возникающих в результате сноса (демонтажа).

Результаты инженерных изысканий предоставляются заказчику в виде технического отчета, включающего результаты по всем видам выполненных инженерных изысканий, или в виде технических отчетов по отдельным видам инженерных изысканий на весь объект изысканий или на его часть.

При выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации объектов капитального строительства в два этапа технический отчет должен содержать результаты инженерных изысканий, полученных на первом и втором этапах.

Технический отчет оформляется в соответствии с ГОСТ 21.301 и состоит из текстовой и графической частей. Текстовые приложения являются продолжением текстовой части технического отчета.

Инженерно-геодезические изыскания выполняются для получения достоверных и достаточных топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности (в том числе дна водотоков, водоемов), существующих и строящихся зданиях и сооружениях (наземных, подземных и надземных), элементах планировки, проявлениях опасных природных процессов и факторов техногенного воздействия (в цифровой, графической, фотографической и иных формах), необходимых для осуществления градостроительной деятельности.

В состав инженерно-геодезических изысканий входят следующие виды работ, оказывающие влияние на безопасность объектов капитального строительства:

- создание опорных геодезических сетей;

- геодезические наблюдения за деформациями и осадками зданий и сооружений, движениями земной поверхности и опасными природными процессами;

- создание и обновление инженерно-топографических планов в масштабах 1:5000-1:200, в том числе в цифровой форме, съемка подземных коммуникаций и сооружений;

- трассирование линейных объектов;

- инженерно-гидрографические работы;

- специальные геодезические и топографические работы при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

При необходимости в составе инженерно-геодезических изысканий выполняются следующие работы:

- сбор материалов инженерных изысканий прошлых лет и других фондовых (архивных) материалов и данных (топографических, геодезических, картографических, аэрофотосъемочных, дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)), оценка возможности их использования;

- интерпретация ранее полученных материалов инженерных изысканий (пересчет координат из одной системы координат в другую; оцифровка графических материалов; создание инженерных цифровых моделей ситуации и рельефа);

- рекогносцировочное обследование территории (участка, трассы) инженерных изысканий;

- создание съемочной геодезической сети;

- геодезическое обеспечение выполнения других видов инженерных изысканий (планово-высотная привязка инженерно-геологических выработок, инженерно-геофизических и гидрометеорологических точек наблюдений).

Инженерно-геодезические изыскания для архитектурно-строительного проектирования при подготовке проектной документации объектов капитального строительства

Инженерно-геодезические изыскания для подготовки проектной документации объектов капитального строительства (если это требуется заданием или обосновано в согласованной заказчиком программе) выполняются в два этапа.

На первом этапе инженерно-геодезических изысканий должны быть получены топографо-геодезические материалы и данные для обоснования

размещения и компоновки проектируемых объектов капитального строительства, принятия конструктивных и объемно-планировочных решений, составления генерального плана проектируемого объекта, разработки мероприятий по инженерной защите сооружений, охране окружающей среды.

На втором этапе инженерно-геодезические изыскания должны обеспечивать топографо-геодезическими материалами и данными другие виды инженерных изысканий, выполняемых с целью детализации и уточнения природных условий участков строительства, а также получение материалов и данных, необходимых для разработки окончательных объемно-планировочных решений, проекта организации строительства, детализации проектных решений по инженерной защите и охране окружающей среды.

Инженерно-геологические изыскания выполняются с целью комплексного изучения инженерно-геологических условий территории (площадки, участка, трассы) для получения необходимых и достаточных материалов при подготовке документов территориального планирования и планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции зданий и сооружений.

При инженерно-геологических изысканиях территории (площадки, участка, трассы) изучению подлежат:

- геоморфологические условия;
- геологическое строение;
- гидрогеологические условия;
- состав, состояние и свойства грунтов;
- геологические и инженерно-геологические процессы;
- сейсмические и сейсмотектонические условия;
- техногенные воздействия.

В состав инженерно-геологических изысканий входят следующие основные виды работ и комплексных исследований:

- сбор, изучение и систематизация материалов изысканий и исследований прошлых лет, оценка возможности их использования при выполнении полевых и камеральных работ;

- дешифрирование аэрокосмических материалов и аэрофотоснимков;

- рекогносцировочное обследование;

- инженерно-геологическая съемка;

- проходка и опробование инженерно-геологических выработок, их документирование;

- инженерно-геофизические исследования;

- полевые испытания грунтов;

Инженерно-геологические изыскания для подготовки документов территориального планирования, документации по планировке территории и выбора площадок (трасс) строительства.

В составе инженерно-геологических изысканий для подготовки документов территориального планирования выполняются:

- сбор и обработка материалов и данных прошлых лет;

- дешифрирование аэрокосмических материалов и аэрофотоснимков;

- рекогносцировочное обследование при недостаточности имеющихся материалов;

- анализ сейсмичности и сейсмотектонических условий (сбор и анализ сведений о сейсмичности (каталогов и описаний землетрясений) и о сейсмотектонических условиях территории).

Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий для подготовки документов территориального планирования должен дополнительно содержать:

характеристику инженерно-геологических условий территории для принятия решений по ее использованию;

информацию о территориях, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций в результате проявления опасных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений;

оценку возможности и масштаба воздействия на намечаемые объекты строительства опасных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений;

качественный прогноз возможных изменений инженерно-геологических условий от планируемого размещения объектов капитального строительства;

рекомендации для принятия решений по организации мероприятий инженерной защиты зданий и сооружений от опасных геологических и инженерно-геологических процессов и на участках распространения специфических грунтов.

Инженерно-геологические изыскания для подготовки документов территориального планирования, документации по планировке территории и выбора площадок (трасс) строительства.

Для подготовки документации по планировке территории инженерно-геологические изыскания выполняются с целью получения материалов и данных об инженерно-геологических условиях территории для выделения элементов планировочной структуры и установления границ земельных участков, на которых предполагается расположение объектов капитального строительства, включая линейные сооружения.

В составе инженерно-геологических изысканий для планируемого размещения объектов капитального строительства (кроме линейных) дополнительно выполняется инженерно-геологическая (инженерно-геокриологическая) съемка в масштабах, соответствующих градостроительной документации.

Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий при подготовке документации по планировке территории должен содержать следующую информацию:

Введение;

Изученность инженерно-геологических условий;

Физико-географические и техногенные условия;

Геолого-геоморфологическое строение;

Геокриологические условия (при изысканиях в районах распространения многолетнемерзлых грунтов);

Гидрогеологические условия;

Свойства грунтов;

Специфические грунты;

Геологические и инженерно-геологические процессы;

Инженерно-геологическое районирование;

Инженерно-геологические (инженерно-геокриологические) условия участков изысканий;

Прогноз изменений инженерно-геологических условий;

Сведения о контроле качества и приемке работ;

Заключение.

Инженерно-геологические изыскания для архитектурно-строительного проектирования при подготовке проектной документации объектов капитального строительства.

Инженерно-геологические изыскания для подготовки проектной документации объектов капитального строительства выполняются в два этапа.

На первом этапе инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий выбранной площадки (трассы) с целью получения материалов и данных для обоснования компоновки зданий и сооружений, принятия конструктивных и объемно-планировочных решений, предварительного выбора типов фундаментов, составления генерального плана проектируемого объекта, предварительной разработки мероприятий по инженерной защите сооружений, охране геологической среды.

На втором этапе инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать детализацию и уточнение инженерно-геологических условий для окончательного расчета фундаментов проектируемых зданий и сооружений, разработки окончательных конструктивных и объемно-планировочных решений, проекта организации строительства и детализации проектных решений по инженерной защите.

Инженерно-геологические изыскания для подготовки проектной документации - первый этап.

Инженерно-геологические изыскания для подготовки проектной документации на первом этапе следует выполнять с детальностью, обеспечивающей составление инженерно-геологических карт исследуемых площадок в масштабах 1:5000 - 1:2000 и притрассовой полосы линейных сооружений - в масштабах 1:10000 - 1:2000.

При проектировании особо опасных, технически сложных и уникальных объектов в сложных инженерно-геологических условиях, допускается составление инженерно-геологических карт в масштабах 1:1000 - 1:500 при соответствующем обосновании в программе.

В составе инженерно-геологических изысканий первого этапа, дополнительно выполняются следующие виды работ и комплексных исследований:

инженерно-геологическая (инженерно-геокриологическая) съемка в масштабах, соответствующих масштабу градостроительной документации;

проходка инженерно-геологических выработок с их опробованием;

лабораторные исследования физико-механических свойств грунтов, определение химического состава подземных вод и/или водных вытяжек из грунтов;

полевые испытания грунтов для определения их физико-механических характеристик;

изучение опасных геологических и инженерно-геологических процессов с подготовкой рекомендаций для принятия решений по инженерной защите территории;

гидрогеологические исследования;

инженерно-геофизические исследования;

инженерно-геокриологические исследования (в районах распространения многолетнемерзлых грунтов);

уточнение исходной сейсмичности (УИС) и сейсмическое микрорайонирование (СМР) для сейсмических районов.

Задание на выполнение первого этапа инженерно-геологических изысканий для разработки проектной документации дополнительно к базовым требованиям по выполнению инженерных изысканий должно содержать:

данные для определения глубины и площади исследований: информацию о предполагаемых типах, глубинах заложения фундаментов и подземных частей зданий и сооружений;

информацию о предполагаемых статических и динамических нагрузках;

сведения о факторах, обусловливающих возможные изменения инженерно-геологических условий при строительстве и эксплуатации объектов.

Технический отчет по результатам выполнения первого этапа инженерно-геологических изысканий для разработки проектной документации объектов капитального строительства дополнительно к требованиям к отчетам по подготовке документации по планировке территории должен содержать в соответствующих разделах следующие сведения и данные:

Геолого-геоморфологические условия;

Гидрогеологические условия: наличие и условия залегания водоносных горизонтов на глубину изысканий в соответствии с решаемыми задачами; химический состав подземных вод, их коррозионная агрессивность по отношению к металлическим, бетонным и железобетонным конструкциям; состав и геофильтрационные параметры водовмещающих и водоупорных слоев

и грунтов зоны аэрации; закономерности движения подземных вод; источники питания, условия питания и разгрузки подземных вод; гидравлическая взаимосвязь водоносных горизонтов между собой и с поверхностными водами; режим подземных вод; влияние техногенных факторов и нагрузок на изменение гидрогеологических условий, в том числе на истощение и загрязнение водоносных горизонтов; прогноз изменения гидрогеологических условий; рекомендации по защите территории и проектируемых зданий и сооружений от воздействия подземных вод; рекомендации по организации наблюдений за режимом подземных вод;

Свойства грунтов: обоснование выделения инженерно-геологических элементов (ИГЭ) в изучаемом грунтовом массиве (ГОСТ 25100, ГОСТ 20522); распространение, условия залегания выделенных ИГЭ в сфере взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой; их разновидности - по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов, физико-механические свойства грунтов ИГЭ по данным лабораторных и полевых испытаний, таблица сравнения результатов определения физико-механических свойств грунтов для ИГЭ, выполненных разными методами (полевыми, лабораторными) с табличными данными действующих НД; сводная таблица нормативных, расчетных и рекомендуемых свойств грунтов ИГЭ; коррозионная агрессивность грунтов (ГОСТ 9.602); характеристики слоя сезонного промерзания (оттаивания) - состав, период существования, мощность, значение нормативной глубины сезонного промерзания (оттаивания) для выделенных ИГЭ, разновидность грунта по степени морозной пучинистости; оценка возможных изменений свойств грунтов в связи с проектируемым строительством и эксплуатацией объектов;

Геологические и инженерно-геологические процессы: наличие, распространение, стадия процесса, прогнозная оценка развития геологических и инженерно-геологических процессов;

Инженерно-геологическое районирование;

Прогноз изменений инженерно-геологических условий;

Заключение: рекомендации для принятия решений по размещению проектируемых зданий и сооружений, и возможности использования грунтов в качестве основания предполагаемых фундаментов.

Инженерно-геологические изыскания для подготовки проектной документации - второй этап.

Инженерно-геологические изыскания на втором этапе для подготовки проектной документации следует выполнять в контурах проектируемых зданий и сооружений, местоположение которых определено генеральным планом, в местах индивидуального проектирования, включая участки переходов трасс линейных сооружений через естественные и искусственные препятствия, на участках перетрассировок, на участках распространения специфических грунтов и опасных геологических и инженерно-геологических процессов.

Лабораторные и полевые испытания грунтов выполняются с учетом принятых по результатам первого этапа изысканий концепций конструкций фундаментов, ограждающих конструкций и защитных мероприятий.

Задание на выполнение второго этапа инженерно-геологических изысканий при разработке проектной документации должно дополнительно содержать данные о/об:

основных проектных решениях и способах строительства объекта;

допустимых осадках проектируемых зданий и сооружений;

типах фундаментов зданий и сооружений, глубине их заложения и нагрузках на основание, а также перечень характеристик грунтов, необходимых для проведения геотехнических расчетов при проектировании;

местоположении и глубинах заложения подвалов, приямков, тоннелей и других подземных сооружений;

необходимости расчетов оснований фундаментов по первой и/или по второй группам предельных состояний и предполагаемых методах их выполнения;

техногенном воздействии проектируемого объекта на геологическую среду.

Для выполнения второго этапа инженерно-геологических изысканий при разработке проектной документации площадных сооружений к заданию должен быть приложен утвержденный генеральный план объекта в масштабе не менее 1:2000 с местоположением проектируемых и существующих зданий и сооружений.

Для выполнения второго этапа инженерно-геологических изысканий при разработке проектной документации линейных сооружений к заданию должны быть приложены планы трасс с сопутствующими сооружениями.

Технический отчет по результатам второго этапа инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации дополнительно к данным по первому этапу (за исключением графической части) должен содержать в соответствующих разделах следующие сведения и данные:

Геолого-геоморфологические условия: уточненная характеристика геологического строения, описание выделенных стратиграфо-генетических комплексов и условий их залегания на участке каждого проектируемого здания (сооружения) или их группы.;

Гидрогеологические условия: уточненные гидрогеологические параметры;

Свойства грунтов для каждого здания (сооружения) или их группы: результаты статистической обработки показателей свойств грунтов (для ИГЭ (РГЭ)) с учетом результатов ранее выполненных инженерных изысканий, нормативные и расчетные характеристики физических, деформационных и прочностных свойств грунтов при соответствующих доверительных вероятностях по каждому окончательно выделенному ИГЭ (РГЭ).

Специфические грунты: нормативные и расчетные значения физических, прочностных, деформационных, химических и других свойств специфических грунтов для каждого ИГЭ (РГЭ), прогноз их изменений.

Геологические и инженерно-геологические процессы: уточненные и более детальные данные для каждой площадки под проектируемое здание (сооружение) и/или их групп, уточненный прогноз развития процессов в сферах их взаимодействия с геологической средой.

Инженерно-геологические условия участков изысканий: описание уточненных инженерно-геологических условий площадок под отдельные проектируемые сооружения или группу сооружений; для линейных объектов - попикетное описание участков трассы, на которых была проведена детализация и уточнение инженерно-геологических условий, и участков перетрассировок.

Прогноз изменений инженерно-геологических условий: количественный прогноз возможных изменений во времени и в пространстве инженерно-геологических условий исследуемой территории (состава, состояния и свойств грунтов, рельефа, подземных вод, геологических и инженерно-геологических процессов) и рекомендации для принятия проектных решений по инженерной защите.

Текстовые приложения: результаты инженерных изысканий следует приводить дифференцированно по участкам для каждого проектируемого сооружения или их группы.

Технический отчет по результатам второго этапа инженерно-геологических изысканий для подготовки проектной документации дополнительно к данным по первому этапу (за исключением графической части) должен содержать в соответствующих разделах следующие сведения и данные (продолжение).

Графическая часть технического отчета должна содержать:

карту фактического материала в целом по объекту или по отдельным участкам расположения проектируемых зданий и сооружений (или их группам) с указанием их контуров и экспликации в соответствии с генеральным планом, приложенным к заданию;

инженерно-геологические разрезы под каждым проектируемым зданием и сооружением (или группы зданий и сооружений) с указанием контуров их подземной части (для площадных объектов);

инженерно-геологические разрезы, совмещенные с продольными профилями трасс (для линейных объектов);

колонки инженерно-геологических скважин (для линейных сооружений допускается текстовое описание горных выработок, если они расположены не на участках индивидуального проектирования).

При выполнении инженерно-геологических изысканий в районах распространения:

многолетнемерзлых и специфических грунтов, опасных геологических и инженерно-геологических процессов и явлений;

просадочных грунтов;

набухающих грунтов;

органо-минеральных и органических грунтов;

засоленных грунтов;

элювиальных грунтов;

техногенных грунтов;

карстовых и связанных с ними суффозионных процессов;

развития склоновых процессов;

развития селей;

развития процессов переработки берегов рек, озер, морей и водохранилищ;

на подтапливаемых территориях;

на подрабатываемых территориях;

в сейсмических районах (с сейсмичностью 6 и более баллов по действующему комплекту нормативных карт общего сейсмического районирования;

Следует дополнительно приводить данные о параметрах указанных явлений и степени их влияния на объект.

Инженерно-геологические изыскания при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Инженерно-геологические изыскания при строительстве объектов должны обеспечивать получение данных для оценки соответствия результатов инженерно-геологических изысканий, использованных при разработке проектной документации и результатов вскрышных работ.

При инженерно-геологических изысканиях в период строительства выполняются:

контроль за производством земляных работ (ведется геологическая документация строительных выемок и оснований сооружений в строительных котлованах);

контроль за состоянием и изменениями отдельных компонентов геологической среды;

контроль за качеством подготовки оснований, возведения земляных сооружений и качеством используемых грунтовых строительных материалов;

контроль за динамическими нагрузками от строительного оборудования на грунтовое основание;

работы в составе геотехнического мониторинга.

Задание на инженерно-геологические изыскания при строительстве дополнительно должно содержать данные:

об этапах и сроках выполнения строительных работ;

о применяемых технических средствах;

задачах и требуемой последовательности ведения контроля на каждом этапе строительства;

о порядке предоставления результатов инженерных изысканий заказчику для принятия оперативных решений по уточнению и изменению проектных решений и технологии строительных работ.

К заданию должны прилагаться имеющиеся инженерно-геологические карты и разрезы по участку подготовки основания, генеральный план объекта с

указанием глубин выемок, карты намыва, график ведения намеченных строительных работ и т.д.

При необходимости задание может содержать требования к выполнению специальных видов опытно-производственных работ (исследования на опытном фрагменте намывного сооружения, на участках искусственного улучшения свойств грунтов и т.п.).

Инженерно-гидрометеорологические изыскания выполняются для комплексного изучения гидрометеорологических условий территории (района, площадки, участка, трассы) и/или акватории намечаемого строительства, с целью получения необходимых и достаточных материалов для подготовки документов территориального планирования и планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции зданий и сооружений.

При инженерно-гидрометеорологических изысканиях изучению подлежат:

гидрологический режим (рек, озер, водохранилищ, морей, болот, устьевых участков рек, ручьев, временных водотоков;

климатические условия и отдельные метеорологические характеристики;

опасные гидрометеорологические процессы и явления;

изменения гидрологических и климатических условий или их отдельных характеристик под влиянием техногенных факторов.

Инженерно-гидрометеорологические изыскания должны выполняться для решения следующих задач:

обоснования схемы комплексного использования и охраны вод, возможности использования водных объектов в качестве источников водоснабжения, в санитарно-технических, транспортных, энергетических, мелиоративных, спортивных и культурно-бытовых целях;

выделения границ территорий с особыми условиями использования (зон затопления и водоохранных зон) и территорий подверженных риску возникновения опасных гидрометеорологических процессов и явлений;

обоснования проведения мероприятий по организации поверхностного стока, частичному или полному осушению территории;

выбора мест размещения площадок строительства (трасс) и их инженерной защиты от неблагоприятных гидрометеорологических воздействий;

выбора конструкций сооружений, определения их основных параметров и организации строительства;

определения условий эксплуатации сооружений;

оценки воздействия объектов строительства на гидрологический режим и климат территории и разработки природоохранных мероприятий.

Инженерно-экологические изыскания выполняются для получения материалов и данных о состоянии компонентов окружающей среды и возможных источниках ее загрязнения необходимых для подготовки документов территориального планирования, документации по планировке территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства и реконструкции зданий и сооружений.

Инженерно-экологические изыскания должны обеспечивать получение необходимых и достаточных данных для:

оценки экологического состояния территории;

оценки воздействия на окружающую среду планируемой градостроительной деятельности в целях устойчивого развития территорий;

обоснования в проектной документации мероприятий по охране окружающей среды, предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных воздействий, а также сохранения, восстановления и улучшения экологической обстановки для создания благоприятных условий жизнедеятельности человека, среды обитания растений и животных;

принятия решений по сохранению социально-экономических, исторических, культурных, этнических и других интересов местного населения;

принятия решений по организации и проведению экологического мониторинга.

В состав инженерно-экологических изысканий входят следующие основные виды работ:

сбор, анализ и обобщение материалов инженерно-экологических изысканий прошлых лет;

дешифрирование аэрокосмических материалов;

рекогносцировочное обследование территории;

маршрутные наблюдения;

исследование и оценка загрязнения атмосферного воздуха;

исследование и оценка загрязнения почв и грунтов;

исследование и оценка загрязнения поверхностных вод;

исследование и оценка загрязнения подземных вод;

исследование и оценка загрязнения донных отложений в поверхностных водных объектах;

исследование и оценка радиационной обстановки;

В состав инженерно-экологических изысканий входят следующие основные виды работ (продолжение):

- исследование и оценка физических воздействий;

- санитарно-эпидемиологические исследования;

- газогеохимические исследования грунтов;

- исследование социально-экономических условий;

- эколого-ландшафтные исследования;

- изучение растительности;

- изучение животного мира;

- изучение опасных природных и природно-антропогенных процессов экологического характера;

- экологическое опробование отдельных компонентов окружающей среды (атмосферного воздуха, почв, грунтов, поверхностных и подземных вод, донных отложений);

- лабораторные химико-аналитические исследования проб атмосферного воздуха, почв, грунтов, подземных и поверхностных вод и донных отложений;

- камеральная обработка материалов;

- составление технического отчета.

Задание на выполнение инженерно-экологических изысканий, в дополнение к общим требованиям к выполнению инженерных изысканий, должно содержать:

- сведения о существующих и возможных источниках загрязнения окружающей среды;

- общие технические решения и основные параметры технологических процессов, планируемых к осуществлению в рамках градостроительной деятельности, необходимые для обоснования предполагаемых границ зоны воздействия объекта;

- сведения о возможных аварийных ситуациях, типах аварий, мероприятиях по их предупреждению и ликвидации.

Научное сопровождение при работе с уникальными сооружениями - обязательный раздел проекта. Особая его роль в определении нагрузок на сооружение, проведение физического моделирования, поверочных расчетов. Проектирование уникальных большепролётных и высотных сооружений предполагает обязательное комплексное научно-техническое сопровождение, которое включает в полном объёме или частично: продувки макета сооружения в аэродинамической трубе и разработку рекомендаций по определению снеговых и ветровых нагрузок; изготовление и исследование физической модели сооружения; в особо сложных случаях не исключается и создание крупномасштабного прототипа сооружения, как это было сделано при проектировании Дворца спорта «Юбилейный» в Санкт-Петербурге (на такой натурной модели были испытаны не только несущие конструкции, но и отработаны монтажные операции), восстановленный телецентр Останкино, (комплекса Москва-Сити в Москве и других объектов). Научные бригады могут

оказать существенную помощь при составлении и исследовании расчётной схемы сооружения, выполнении проверочных расчётов. Кроме того, научно-исследовательские и специализированные организации привлекаются к изготовлению и монтажу конструкций, разработке рекомендаций по обеспечению жизнеспособности сооружения в экстремальных ситуациях, проведению мониторинга основных несущих конструкций на стадии возведения и первых лет эксплуатации. Необходимо иметь систематическую обратную связь, контролируя поведение конструкций, для обеспечения долговечности объекта, обоснования новых требований к будущим подобным сооружениям.

Экспериментальные исследования на крупномасштабных моделях, на прототипах и на натурных объектах, выполняются не только для выявления действительного напряженно-деформированного состояния сложных систем, оценки надёжности расчёта, обоснованности принятых исходных предпосылок, но и для исследования таких сторон работы конструкций, которые трудно поддаются решению математическими методами.

Другая важная научная задача подготовка рекомендаций по выбору рационального варианта конструктивной схемы, оптимальных геометрических соотношений и жесткостных параметров, исходя из оценки эффективности частей и системы в целом. Не все проектировщики сегодня могут охватить в сжатые сроки, которые отводятся на проектирование, этот комплекс проблем и найти ему подобающее решение. Подключение научно- исследовательских институтов и университетских НИИ к проектированию, как нельзя лучше, отвечает этим задачам.

При проектировании уникальных сооружений необходимо учитывать также аварийные ситуации. Однако, при буквальном соблюдении ГОСТа 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» реальное проектирование становится затруднительным, в виду неопределенности части требований п. 1.10 нормативного документа. Так, если пожарные воздействия более или менее полно определены нормативными документами, то ситуация с

взрывом имеет весьма субъективное толкование. Заметим, что первая редакция ГОСТ 27751-88 составлялся в СССР в 1984-87 г.г., когда рассматривались аварийные воздействия только промышленных взрывов. В редакции 2014 года этот термин (взрыв) некоторыми экспертами трактуется более широко, поскольку включает террористические акты.

Аварийная расчетная ситуация – эта работа несущих конструкций в исключительных условиях (например, пожар, промышленный взрыв, авария оборудования, при малой вероятности проявления и небольшой продолжительности), которая приводит в большинстве случаев к тяжелым последствиям, если не принимаются специальные меры.

Возможные повреждения конструкций от аварий должны предотвращаться или ограничиваться за счет выбора и проведения одного или нескольких перечисленных ниже мероприятий:

- предупреждение, исключение или снижение опасности, которой может подвергаться конструкция или объект: выбор конструктивного решения, которое имеет малую чувствительность к аварийным воздействиям;
- выбор конструктивного решения, которое при аварийном локальном повреждении или выходе из строя отдельного элемента или примыкающих к нему частей, не приводит к потере несущей способности всего кружения;
- применение конструктивных систем, потеря несущей способности вторых сопровождается предупредительным проявлением внешних признаков.

Перечисленные требования должны выполняться за счёт выбора стройматериалов, квалифицированно выполнения проектных работ, выбора метода контроля на всех стадиях проектирования, возведения и эксплуатации сооружения. Отметим, что нормы РФ пока недостаточно регламентируют необходимость проверки несущих конструкций на живучесть. В ФЗ 384 и в РОСТ 27751-2014 это требование обозначено, но СП раскрывающее содержание этого требования не разработано. Эта ситуация непосредственно связана с необходимостью учёта в расчётах отказа какого-либо элемента конструкции.

Естественно, возникают вопросы: какие элементы следует при расчётах исключить, в каком количестве, в какой последовательности, какие расчётные сочетания нагрузок принимать для этого случая? Следует ли при этом учитывать причину отказа, вид отказа и возможные его последствия? При этом необходимо иметь в виду, что каждому сооружению присуща некоторая вероятность разрушения. Попытка приблизить эту вероятность к нулю сопровождается стремлением стоимости сооружения к бесконечности. Повышенный уровень надежности уникального сооружения и, обеспечивающий его перечень дополнительных мероприятий, должен быть обязательно оговорен в «Техническом задании на проектирование», утверждаемом заказчиком.

Литература

1. Промышленное и гражданское строительство. Введение в профессию: учебное пособие / [Грызлов В. С. и др.] ; под ред. д-ра техн. наук, проф. В. С. Грызлова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 268 с.: ил., табл.
2. А.А. Афанасьев, Е.П. Матвеев. Реконструкция жилых зданий. Москва 2008.
3. Информационный портал «Цифровое строительство» https://digital-build.ru/. Дата обращения: 25.09.2022.
4. Талапов В. Жизненный цикл здания и его связь с внедрением технологии BIM [Электронный ресурс] https://ardexpert.ru/article/8445. Дата обращения: 25.09.2022.
5. Ермолов, В.В. Инженерные конструкции [Текст] : учебник / В.Н. Голосов, В.В. Ермолов, Н.В. Лебедева и др. – М.: Высшая школа, 1991. – 408 с.
6. Маклакова, Т.Г. Архитектура: учебник [Текст] / Т.Г. Маклакова, С.М. Нанасова, В.Г. Шарапенко, А.Е. Балакина. – М.: АСВ, 2004. – 464 с.
7. Сетков В.И., Сербин Е.П. Строительные конструкции: Учебник. — 2-е изд., доп. и испр. — М.: ИНФРА-М, 2005. — 448 с.
8. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений / Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № *384-ФЗ*.
9. Свод правил СП 47.13330.2016 "Инженерные изыскания для строительства. Основные положения" Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30 декабря 2016 г. N 1033/пр)
10. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. от 27.05.2022) "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию"
11. Введение в специальность. Восемь лекций о профессии: учеб. пособие для вузов / Н. Н. Никонов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Изд-во АСВ, 2005. - 270 с. : ил. - Библиогр.: с.268-269 (44 назв.). - ISBN 5-93093-188-7

12. Тамразян, А. Г. Железобетонные и каменные конструкции. Специальный курс : учебное пособие / А. Г. Тамразян ; [рец. В. И. Колчунов] ; Моск. гос. строит. ун-т. - Москва : МГСУ, 2017. - 729 с. : ил., табл. - (Строительство). - Библиогр.: с. 675-680. - ISBN 978-5-7264-1566-6

13. Проектирование металлических конструкций: [учебник для вузов] / под ред. А. Р. Туснина. - Москва : Перо, 2020. - (Ассоциация развития стального строительства). - ISBN 978-5-00171-439-2. Ч.1 : Металлические конструкции. Материалы и основы проектирования / ред. А. Р. Туснина. - 2020. - 465 с. : ил., цв. ил., табл. - Библиогр. в конце разд. - ISBN 978-5-00171-440-8