

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Д. В. Кольчевский, И. А. Романов, А. А. Константинов

АРХИТЕКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений образования, обеспечивающих
получение общего высшего образования по специальности
6-05-0811-03 Мелиорация и водное хозяйство*

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 626.8(075.8)
ББК 38.778я73
К62

*Рекомендовано методической комиссией
мелиоративно-строительного факультета
25.05.2026 (протокол № 9)
и Научно-методическим советом
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии
24.06.2026 (протокол № 10)*

Авторы:
кандидат архитектуры, доцент *Д. В. Кольчевский*;
кандидат технических наук *И. А. Романов*;
старший преподаватель *А. А. Константинов*

Рецензенты:
кандидат технических наук, доцент *О. П. Мешик*;
начальник Горецкой СПМК *Н. Н. Беззубенко*

Кольчевский, Д. В.
К62 **Архитектурные конструкции : учебно-методическое пособие /**
Д. В. Кольчевский, И. А. Романов, А. А. Константинов. – Горки :
Белорус. гос. с.-х. акад., 2026. – 176 с.
ISBN 978-985-882-864-6.

В пособии систематизированы основные типы несущих и ограждающих конструкций гражданских и промышленных зданий, изложены принципы их проектирования и расчета. Особое внимание уделено современным подходам к обеспечению конструктивной надежности, устойчивости архитектурных решений.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальности 6-05-0811-03 Мелиорация и водное хозяйство.

УДК 626.8(075.8)
ББК 38.778я73

ISBN 978-985-882-864-6

© Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия, 2026

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире, где темпы урбанизации постоянно растут, а требования к комфорту, безопасности и эстетике среды обитания становятся все более жесткими, профессия инженера приобретает особую значимость. Строительство здания – это самый сложный многоступенчатый процесс, в котором неразрывно связаны художественный замысел и точный инженерный расчет.

Данное пособие предназначено для студентов, делающих первые шаги в освоении строительного дела, а также для тех, кто стремится углубить и систематизировать свои знания в этой области.

Цель настоящего учебного-методического пособия – не просто познакомить с существующими типами конструкций, но и сформировать целостное представление о здании как о единой взаимосвязанной системе.

Структура пособия построена по принципу «от общего к частному» и охватывает как традиционные, проверенные веками конструктивные, так и современные инновационные решения. Особое внимание уделяется анализу взаимосвязи конструктивной схемы и объемно-планировочного решения здания, а также вопросам обеспечения жесткости, устойчивости и долговечности сооружений.

В пособии представлены основные типы несущих и ограждающих конструкций гражданских и промышленных зданий, изложены принципы их проектирования. Особое внимание уделено современным подходам к обеспечению конструктивной надежности и устойчивости.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение общего высшего образования по специальности «Мелиорация и водное хозяйство».

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

1.1. Основные термины и определения

В строительстве понятия «здание» и «сооружение» являются фундаментальными и определяют типы объектов, создаваемых в процессе возведения.

Здание – это 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. Оно предназначено для проживания и (или) деятельности людей, размещения производства, хранения продукции или содержания животных. Здание характеризуется замкнутым объемом с четкой архитектурной формой, стенами и крышей, создающими внутреннее пространство для постоянного или длительного пребывания людей. Более детально, здание может включать несколько этажей, где каждый уровень предназначен для определенных функций, таких как жилые комнаты, офисные пространства или производственные зоны. Например, в жилых зданиях акцент делается на создании комфортных условий для отдыха и повседневной жизни, с учетом эргономики мебели, естественного освещения и систем вентиляции. В производственных зданиях, напротив, учитываются требования к размещению оборудования, безопасности труда и оптимизации рабочих процессов. Подземные части зданий часто используются для парковок, технических помещений или фундаментов, которые обеспечивают устойчивость всей конструкции. Надземные части включают фасады, окна и двери, которые не только выполняют защитные функции, но и определяют эстетический вид объекта. Сети инженерно-технического обеспечения охватывают водоснабжение, канализацию, электрику и отопление, а системы – это более сложные комплексы, такие как кондиционирование воздуха или автоматизированные системы управления зданием. Все это вместе формирует единую систему, где каждый элемент взаимосвязан и направлен на обеспечение функциональности и безопасности. Здания могут быть как индивидуальными, так и частью комплекса, например, в составе жилых кварталов или промышленных парков, где они интегрируются с инфраструктурой.

Сооружение, в свою очередь, определяется как 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. Оно предназначено для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов. Сооружения часто выполняют технические, инженерные или инфраструктурные задачи и могут располагаться на поверхности земли, под землей или в воде. Примеры включают мосты, тоннели, трубопроводы, плотины и вышки. Расширяя это, мосты, например, предназначены для пересечения рек или дорог, обеспечивая транспортное сообщение, и их конструкции учитывают динамические нагрузки от транспорта и ветра. Тоннели используются для подземного перемещения, как в метро или автомобильных трассах, с акцентом на вентиляцию и освещение для безопасности. Трубопроводы транспортируют жидкости или газы на большие расстояния, требуя материалов, устойчивых к коррозии и давлению. Плотины контролируют водные потоки, предотвращая наводнения и генерируя энергию, с учетом гидродинамических сил. Вышки, такие как телевизионные или сотовой связи, обеспечивают передачу сигналов и должны выдерживать ветровые нагрузки на большой высоте. Наземные части сооружений часто включают опоры и платформы, надземные – возвышающиеся элементы, а подземные – фундаменты или туннели. Несущие конструкции, такие как балки, колонны или фермы, воспринимают основные нагрузки, в то время как ограждающие могут быть опциональными, как в случае с открытыми мостами. Сооружения могут быть временными, как строительные леса, или постоянными, как дамбы, и их проектирование фокусируется на эффективности и минимальном воздействии на окружающую среду.

Основное отличие между зданием и сооружением заключается в их функциональном назначении: здания ориентированы на постоянное пребывание людей и создание комфортной внутренней среды, в то время как сооружения преимущественно служат для технических нужд с возможным временным пребыванием. Дополнительные термины включают «строение» – любую постройку, выполненную методом строительства с неразрывной связью с землей; «основание» – массив грунта, воспринимающий нагрузки от объекта; «предельное состояние» – состояние конструкций, за пределами которого эксплуатация опасна. Эти определения обеспечивают единый подход к проектированию и эксплуатации в строительной отрасли. Углубляясь, «строение» может охватывать как здания, так и сооружения, подчеркивая их связь

с землей через фундамент, который предотвращает осадку или сдвиг. «Основание» включает не только грунт, но и его свойства, такие как несущая способность, влажность и сейсмостойкость, которые анализируются геологическими исследованиями перед строительством. «Предельное состояние» делится на первое (по прочности и устойчивости) и второе (по деформациям), где первое предотвращает разрушение, а второе – чрезмерные прогибы или трещины, влияющие на комфорт (рис. 1.1).



a



б

Рис. 1.1. Пример здания (*a*) и сооружения (*б*)

Другие термины, такие как «конструкция» – элемент или система, несущая нагрузки; «элемент» – отдельная часть, как балка или плита; «система» – совокупность элементов, работающих вместе. Эти понятия стандартизированы в нормативных документах, таких как СП и ГОСТ, для обеспечения согласованности в отрасли. В международном контексте аналогичные определения есть в стандартах ISO или Eurocodes, где акцент сделан на безопасность и устойчивость. Исторически, эволюция этих терминов связана с развитием строительства от древних пирамид до современных небоскребов, где понимание различий помогает в выборе материалов и методов. В образовании эти понятия изучаются в вузах, подчеркивая их роль в предотвращении аварий и оптимизации ресурсов. В практике правильное применение терминов важно для юридических аспектов, таких как регистрация объектов и страхование. Таким образом, эти определения не только теоретические, но и практически применимы, обеспечивая основу для всей строительной деятельности.

1.2. Классификация зданий и сооружений

Классификация зданий и сооружений необходима для систематизации объектов по их характеристикам, что значительно упрощает проектирование, строительство и эксплуатацию. Согласно строительным нормам (СН, ТКП, СТБ, в частности СТБ 2331-2015 «Здания и сооружения. Классификация»), объекты делятся на группы с учетом климатических условий страны: суровых зим с температурами до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, высоких снеговых нагрузок ($160\text{--}240\text{ кг/м}^2$ в зависимости от региона), ветров, возможных наводнений в Полесском регионе и пойме Припяти, а также низкой сейсмичности (в основном 1-й зоны). Это позволяет выбирать материалы с повышенной морозостойкостью, эффективной теплоизоляцией, усиленными фундаментами и кровлями, а также интегрировать системы энергосбережения (классы энергоэффективности А+ и выше по национальным требованиям).

По функциональному назначению выделяют четыре основные группы: гражданские (жилые и общественные), производственные (промышленные и сельскохозяйственные), инженерные (транспортные, гидротехнические) и специальные (военные, защитные).

В Республике Беларусь гражданские здания подразделяются на следующие типы:

- жилые – это многоквартирные панельные и монолитные дома (хрущевки 5 этажей, современные 9–25-этажные комплексы), индивидуальные коттеджи и таунхаусы в пригородах; общественные – школы (типовые проекты с актовыми залами), больницы (с операционными и реанимацией), торговые центры. Такие здания ориентированы на человеческий комфорт: в жилых домах предусматривают звукоизоляцию, доступ к лифтам, подземным паркингам и объектам соцкультбыта;

- для коттеджей – приватность, интеграцию с природой (сады, леса) и автономное отопление (газ, электричество, тепловые насосы).

Общественные требуют больших пространств: школы – спортивных залов и лабораторий; больницы – стерильных помещений, систем вентиляции и жизнеобеспечения (ИВЛ, кислород); торговые центры – открытых атриумов, эскалаторов и зон отдыха с учетом потока посетителей до 50 тыс. человек в день.

Производственные объекты отражают экономику Беларуси: промышленные заводы МАЗ (Минск), БелАЗ (Жодино) с конвейерами, мощной вентиляцией для удаления вредных веществ и крановым оборудованием; склады для калийных удобрений (Беларуськалий) или лесоматериалов.

Сельскохозяйственные здания крайне важны (агросектор – ключевой): фермы, теплицы (для картофеля, овощей, цветов), животноводческие комплексы с автоматизированным кормлением и доением, зернохранилища.

Инженерные сооружения: транспортные – аэропорты, вокзалы, мосты, тоннели метро; гидротехнические – каналы, шлюзы, резервуары. Специальные: военные – бункеры и базы; защитные – убежища от наводнений, убежища в зонах Чернобыльской зоны отчуждения (радиационная защита), дамбы на Припяти.

По этажности гражданские здания делятся на одноэтажные, малоэтажные (1–3) этажа, среднеэтажные (4–5) этажей, многоэтажные (6–9) этажей и здания повышенной этажности (более 9 этажей). В соответствии с СН 3.02.07-2020, здания разделяются по классам сложности, где к высотным зданиям (первый класс сложности К-1) относятся жилые здания высотой более 28 м и общественные здания высотой более 36 м.

В Беларуси одноэтажные здания просты и дешевы – подходят для складов, гаражей, сельхозпостроек. Малоэтажные популярны в пригородах для семей.

Средне- и многоэтажные (хрущевки, брежневки, панельки) – основа городской застройки для экономии земли; требуют лифтов, эвакуационных лестниц, усиленной гидроизоляции подвалов от грунтовых вод.

Повышенной этажности и высотные здания (ЖК «Лазурит» – 37 этажей, 138,6 м; башня МФЦ в «Минск Мир» – 42 этажа, 168 м; «Парус» – 34 этажа, 133 м) нуждаются в усиленных фундаментах (свайных, плитных), стальном каркасе, системах демпфирования ветровых и сейсмических нагрузок, автоматического дымоудаления и источниках аварийного питания (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Жилищный комплекс «Лазурит», г. Минск

Промышленные одноэтажные допускают устройство больших пролетов (до 36–100 м) для кранов и машин; многоэтажные – вертикальную организацию (склады с лифтами). Учет климатических нагрузок обязателен: снег на крышах, обледенение фасадов.

По материалам стен различают каменные (природный камень – долговечны, но тяжелы, используются в реставрации замков), кирпичные (традиционные, хорошая теплоизоляция, популярны в частном строительстве), бетонные/железобетонные (панельные советские дома, монолитные современные – прочность, скорость), деревянные (эколо-

гичные каркасные коттеджи в сельской местности, с пропиткой от огня и гнили), металлические (быстрособорные ангары, склады для промышленности) или комбинированные (дерево + металл, кирпич + бетон для оптимизации).

В Беларуси бетон преобладает из-за индустриализации; дерево требует защиты от влажности и насекомых; комбинированные здания сочетают преимущества (например, монолитный каркас с кирпичной облицовкой для эстетики и изоляции).

По степени долговечности выделяют три класса:

I (свыше 100 лет – памятники архитектуры вроде Мирского замка, вокзалы, правительственные здания с регулярной реставрацией);

II (50–100 лет – большинство жилых, административных, промышленных с плановым обслуживанием);

III (20–50 лет – временные павильоны, бытовки на стройках, легко демонтируемые).

По способу возведения: монолитные (заливка бетона на месте – для сложных форм, сейсмостойкости); сборные (фабричные панели/блоки – скорость, типовая застройка советского периода); комбинированные (оптимизация стоимости и сроков).

По виду несущих конструкций: каркасные (колонны + балки – открытые пространства в ТЦ, заводах); с несущими стенами (внутренними/наружными – экономично для 5–9-этажных); комбинированные (гибкий дизайн). Каркас позволяет выполнять большие пролеты, стены – простоту для низких объектов.

По огнестойкости (СН 2.02.05-2020): материалы несгораемые (бетон, кирпич, сталь – I–II степень, идеальны для общественных и высотных); трудносгораемые (пропитанные, Г1–Г2); сгораемые (дерево – требуют защиты, обшивки). По пожарной опасности – категории А (повышенная взрывопожароопасность, химические производства), Б–В (горючие газы/жидкости/твердые), Г–Д (низкая, офисы, жилье). Требования строгие: пределы REI 45–120 мин для несущих, эвакуационные пути, спринклеры в высотках. Классы ответственности (по СН/ТКП, аналог I–IV): I – высочайшие (дамбы, стадионы «Минск-Арена», мосты – усиленные проверки); IV – вспомогательные (сарай). Классификация по сложности (СТБ 2331-2015): К-1 (высотные >30–100+ м, пролеты >100 м, крупные заводы >40 000 м²); К-2–К-5 (постепенно проще).

1.3. Нагрузки и воздействия на здания

Нагрузки и воздействия – ключевые факторы, учитываемые при расчетах зданий и сооружений для обеспечения их безопасности, надежности и долговечности. Согласно строительным нормам Республики Беларусь, нагрузки классифицируются по характеру и продолжительности действия: постоянные, переменные (включая длительные и кратковременные) и особые или аварийные. Эти классификации позволяют инженерам и проектировщикам моделировать поведение конструкций в различных эксплуатационных и экстремальных сценариях, используя современное программное обеспечение, такое как ANSYS, SAP2000, ETABS, LIRA-SAPR или белорусские аналоги вроде SCAD Office, для проведения симуляций напряженно-деформированного состояния, анализа устойчивости и оценки рисков. В дополнение, в белорусской практике рекомендуется интегрировать BIM-технологии (Building Information Modeling) для более точного учета нагрузок на этапе проектирования, что соответствует национальной программе цифровизации строительства.

Нормативные документы в Беларуси регулярно обновляются с учетом новых данных о климатических условиях, сейсмической активности, технологических инновациях и опыта эксплуатации, обеспечивая актуальность расчетов и соответствие международным требованиям. К 2026 г. введены обновления, такие как СН 2.01.04-2025 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки» (введены в действие с 25 мая 2025 года, заменяя СН 2.01.04-2019) и СН 2.01.06-2025 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Температурные воздействия» (также введены с 25 мая 2025 г.), которые учитывают последние метеорологические данные и изменения климата, включая тенденции к более экстремальным погодным явлениям из-за глобального потепления.

В глобальном контексте аналогичные стандарты применяются в ASCE 7 в США, где акцент на ураганы и торнадо, или в Eurocode 1 в Европе, с учетом региональных особенностей, таких как сильные снегопады в скандинавских странах, ветровые нагрузки в прибрежных зонах или сейсмические риски в Средиземноморье. Беларусь, как член Евразийского экономического союза, гармонизирует свои нормы с евразийскими техническими регламентами, что облегчает экспорт строительных услуг и материалов.

В Беларуси, учитывая умеренный континентальный климат с холодными зимами, возможными сильными ветрами и тенденцией к уве-

личению осадков из-за климатических изменений, нормы адаптированы для локальных условий, включая национальные приложения к еврокодам. Это обеспечивает более точные расчеты для регионов с высокой влажностью почв (например, в Полесской низменности) или снеговыми накоплениями (в северных областях, таких как Витебская). Дополнительно, в 2025–2026 гг. введены корректировки для учета рисков от таяния снега и образования ледяных нагрузок, что актуально для крыш зданий в Минске и других городах с плотной застройкой. Примеры включают адаптацию норм для реконструкции исторических зданий в центрах городов, где учитываются повышенные ветровые нагрузки из-за урбанистической среды.

Постоянные нагрузки включают собственный вес несущих и ограждающих конструкций, давление грунтов на фундаменты, гидростатическое давление от грунтовых вод, а также усилия от предварительного напряжения в конструкциях. Они действуют непрерывно на протяжении всего срока эксплуатации здания, который в белорусских нормах обычно принимается не менее 50–100 лет в зависимости от класса сооружения (например, для жилых зданий – 50 лет, для мостов и промышленных объектов – до 100 лет). В дополнение, для энергоэффективных зданий по СН 3.02.04-2020 учитывается вес современных материалов, таких как сэндвич-панели или зеленые крыши, что добавляет нагрузку до 50–100 кг/м².

Вес конструкций рассчитывается на основе плотности материалов с учетом их объемов: для бетона – 2 400–2 500 кг/м³ (в зависимости от марки и заполнителей, с учетом белорусских стандартов на цемент М400–М500), для стали – 7 850 кг/м³, для кирпича – 1 200–1 800 кг/м³, с обязательным учетом толщины элементов, формы сечений и возможных технологических отклонений в производстве (допуски по ГОСТ 21779-82). Давление грунтов определяется типом почвы – песчаные грунты имеют меньшую осадку, чем глинистые или торфяные, распространенные в Беларуси (например, в Могилевской области), – и глубиной заложения фундамента, что предотвращает неравномерную осадку и трещинообразование. Для расчета используются коэффициенты, учитывающие несущую способность грунта по СН 2.02.01-2019 «Основания зданий и сооружений», с обязательными геотехническими изысканиями, включая бурение скважин на глубину 10–20 м в зависимости от грунта.

Пример. В проектах фундаментов для жилых комплексов в Минске учитывается осадка до 5–10 см для глинистых почв.

Гидростатическое давление особенно актуально для подземных частей зданий в зонах с высоким уровнем грунтовых вод, таких как Полесье или прибрежные районы рек (Днепр, Неман, Припять), требуя применения гидроизоляционных материалов (битумные мастики по СН 3.03.01-2019), дренажных систем и специальных конструкций фундаментов, как ленточные или плитные. В 2026 г. рекомендуется использование геомембран для усиления защиты в зонах подтопления. Предварительное напряжение в железобетонных элементах создается с помощью высокопрочной арматуры или тросов, повышая прочность на растяжение и сжатие, что особенно важно для пролетных конструкций мостов (например, через реку Свислочь в Минске) или высотных зданий. Эти нагрузки учитываются с запасом надежности: в белорусских нормах коэффициенты для постоянных нагрузок составляют 1,05–1,3 в зависимости от материала и точности определения (например, 1,1 для бетона и 1,05 для стали), чтобы компенсировать вариации в качестве материалов, погрешности строительства и возможные изменения в эксплуатации. В практике постоянные нагрузки доминируют в расчетах фундаментов и несущих каркасов, определяя размер и тип опор – сваи (бурунабивные или забивные, длиной 8–15 м для белорусских грунтов), плиты или ростверки, – с учетом геотехнических изысканий. Кроме того, в Беларуси для энергоэффективных зданий учитывается вес утеплителей (минеральная вата 100–150 кг/м³) и фасадных систем (вентилируемые фасады до 50 кг/м²), что добавляет детали в расчеты, особенно для проектов по программе «Зеленое строительство».

Временные (переменные) нагрузки делятся на длительные и кратковременные, а также включают особые воздействия в экстремальных ситуациях. Согласно СН 2.01.02-2019 и обновленным СН 2.01.04-2025 «Снеговые нагрузки», длительные нагрузки охватывают вес стационарного оборудования, мебели, людей в помещениях, а также складированных материалов. Кратковременные – снеговые, ветровые, нагрузки от людей в общественных местах, крановые или монтажные. Особые нагрузки возникают в аварийных или редких сценариях: сейсмические (в зонах низкой сейсмичности Беларуси, но с учетом возможных толчков до 5–6 баллов по шкале MSK-64, особенно в южных регионах), взрывные (для промышленных объектов), аварийные (пожары, столкновения транспортных средств), а также от технологических процессов (вибрации) или природных явлений (наводнения, лавины в редких случаях в возвышенностях) (рис. 1.3).

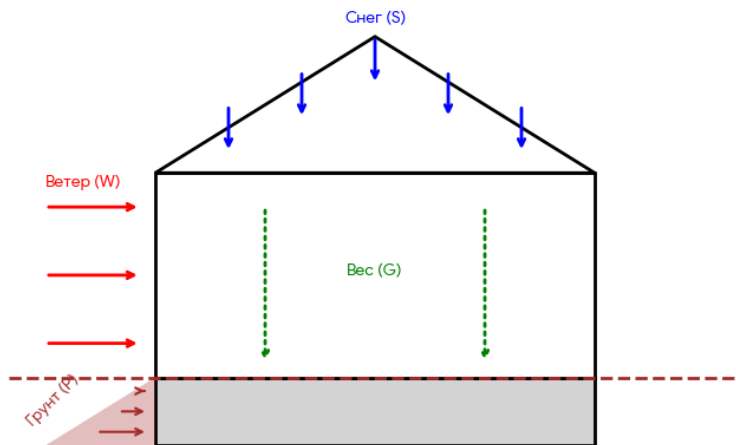


Рис. 1.3. Основные вертикальные и горизонтальные нагрузки воздействующие на элементы здания

Длительные нагрузки: в промышленных заводах (например, на МАЗ или БелАЗ) оборудование может весить десятки тонн, требуя усиленных перекрытий с нормативными значениями $500\text{--}2\,000\text{ кг/м}^2$; для офисов и жилых помещений – мебель и люди оцениваются в $150\text{--}300\text{ кг/м}^2$, с учетом категорий зданий по EN 1991-1-1 (например, категория А для жилых – $2,0\text{ кН/м}^2$, категория В для офисов – $3,0\text{ кН/м}^2$). Кратковременные: снеговая нагрузка в Беларуси варьируется по регионам – до $1,8\text{--}2,4\text{ кН/м}^2$ ($180\text{--}240\text{ кг/м}^2$) в северных и центральных областях по СН 2.01.04-2025, с коэффициентом формы крыши ($\mu = 0,8\text{--}2,0$ для плоских или скатных) и учетом климатических изменений, что может увеличить значения на $10\text{--}15\%$ в экстремальных зимах; ветровая – рассчитывается по базовой скорости ветра $22\text{--}28\text{ м/с}$ в зависимости от региона по СН 2.01.05-2019 «Ветровые воздействия» (с возможными обновлениями к 2025), с давлением до $0,5\text{--}0,8\text{ кН/м}^2$ для высотных зданий в открытых зонах (например, в Брестской области); нагрузки от людей – до $5,0\text{ кН/м}^2$ (500 кг/м^2) в стадионах или торговых центрах; крановые – динамические с коэффициентом динамичности $1,1\text{--}1,3$ для строительных работ. Особые: сейсмические расчеты по СН 2.01.06-2019 (с обновлениями) с использованием амортизаторов или демпферов для критических объектов, таких как АЭС в Островце; взрывные – для химических производств (например, в Гродно) с уче-

том волнового давления; аварийные – пожары с температурами до 1 000–1 200 °С, требующие огнезащиты материалов по СН 2.01.03-2019 (огнестойкость REI 30–120 мин); столкновения – от транспорта с энергией удара до 1 000 кДж для барьеров на трассах М1 или М10; технологические – вибрации от машин с амплитудой до 0,1–0,5 мм/с; природные – наводнения с гидродинамическим давлением в поймах рек, как Днепр или Неман, требующие повышенных фундаментов (высотой 1–2 м над уровнем паводка). В белорусской практике эти нагрузки интегрируются с учетом климатических карт, где северные регионы (Витебск) имеют более высокие снеговые нормы, а западные (Брест) – ветровые, с обязательным моделированием в ПО для сценариев вроде зимы 2025–2026 гг.

Расчеты учитывают нормативные и расчетные значения нагрузок с коэффициентами надежности по предельным состояниям. Для постоянных нагрузок коэффициенты 1,05–1,35 ($\gamma_G = 1,35$ в неблагоприятных случаях по EN 1990); для переменных – 1,5, 1,6 для снега, 1,5 для ветра. Воздействия также включают температурные, деформационные и атмосферные факторы, такие как СН 2.01.06-2025 «Температурные и климатические воздействия» (обновленные для учета экстремальных температур до –40 °С зимой и +35 °С летом). Правильный учет обеспечивает прочность, устойчивость и комфорт зданий. Коэффициенты надежности: для бетона в постоянных – 1,1, для снега – 1,4–1,6 в зависимости от региона.

Температурные воздействия – линейное расширение материалов при +40...+50 °С летом или сжатие при –30...–40 °С зимой, с обязательными компенсационными швами каждые 20–50 м для предотвращения трещин (например, в панельных домах серии М111-90). Деформационные – от усадки бетона (0,2–0,4 мм/м), ползучести или осадки грунта, с мониторингом в первые годы эксплуатации с помощью датчиков IoT в современных проектах. Атмосферные – осадки (дождь до 100 мм/сутки), ультрафиолетовое излучение, вызывающее деградацию полимеров, коррозия металлов в влажном климате, требующая антикоррозионной защиты (цинкование по ГОСТ 9.307-89). В расчетах комбинируют нагрузки по основным комбинациям: постоянные + ведущая переменная + 0,6–0,7 сопутствующих переменных + 0,5 особых для ultimate limit state, или сниженные для serviceability. Дополнительно, в белорусской практике рекомендуется учитывать комбинированные сценарии, такие как снег + ветер для крыш торговых центров, с использованием факторов 1,2–1,4 для динамики.

1.4. Комплекс требований к зданиям и сооружениям

Любое здание или сооружение, прежде чем оно будет возведено, должно быть тщательно спроектировано. Проектирование – это не только творческий поиск архитектурного образа, это в первую очередь сложный инженерный процесс, подчиненный строгим правилам и нормативам. Эти правила формулируются в виде набора обязательных требований, которым должно отвечать будущее строение. Понимание этих требований является фундаментальной основой для любого специалиста в области строительства. Именно совокупность этих условий определяет, будет ли здание безопасным, долговечным, удобным для людей и экономически целесообразным. Все многообразие предъявляемых к зданиям требований можно систематизировать в несколько ключевых групп: функциональные, технические, архитектурно-художественные, экономические и экологические. Каждая из этих групп обладает своей важностью, и их нельзя рассматривать изолированно, так как в реальном проекте они находятся в постоянном и часто противоречивом взаимодействии. Задача проектировщика – найти оптимальный баланс, который позволит удовлетворить все требования в максимальной степени.

Функциональные требования занимают первостепенное положение, поскольку определяют саму суть здания – его назначение.

Здание создается для того, чтобы в нем происходили определенные процессы: труд, отдых, учеба, лечение, производство. Следовательно, его планировочные и пространственные решения должны наилучшим образом соответствовать этим процессам. Это соответствие называется функциональным соответствием. Для его достижения необходимо тщательно проанализировать технологические или жизненные циклы, которые будут протекать в здании. Например, проектируя учебный корпус, инженер должен предусмотреть не только аудитории, но и логичные связи между ними, рекреационные зоны для отдыха между занятиями, гардеробы, санитарные узлы, библиотеку. Все эти помещения должны быть связаны удобными, безопасными и короткими путями движения людей.

В производственном здании ключевым становится обеспечение точности технологического процесса, размещение тяжелого оборудования, грузоподъемных механизмов, а также создание безопасных условий для работников. Таким образом, функциональное требование диктует объемно-планировочную структуру: количество этажей, размеры и форму помещений, их взаимное расположение, организацию

горизонтальных и вертикальных коммуникаций (коридоров, лестниц, лифтов). Нарушение функционального требования приводит к тому, что даже самое прочное и красивое здание становится неудобным и неэффективным в эксплуатации.

Технические требования обеспечивают физическую сохранность здания, безопасность людей и его способность противостоять воздействиям окружающей среды. Эти требования являются базовыми для обеспечения надежности и долговечности конструкции. Их можно разделить на несколько аспектов.

Во-первых, это требование прочности. Конструкции здания (фундаменты, стены, перекрытия, колонны) должны без разрушения и опасных деформаций выдерживать все нагрузки, которые будут на них действовать в течение всего срока службы. Эти нагрузки делятся на постоянные (собственный вес конструкций) и временные (вес людей, мебели, оборудования, снега на крыше, давление ветра). Расчет на прочность является основой проектирования несущего остова здания.

Во-вторых, это требование устойчивости. Здание в целом и его отдельные элементы должны сопротивляться опрокидывающим или сдвигающим воздействиям, сохранять свое положение в пространстве. Особенно это важно для высоких зданий, подверженных сильным ветровым нагрузкам, или для зданий, возводимых в сейсмически активных районах.

В-третьих, это требование долговечности. Материалы и конструкции должны сохранять свои эксплуатационные качества в течение заданного срока службы здания, который устанавливается проектом. Долговечность напрямую зависит от способности материалов сопротивляться агрессивным воздействиям: атмосферной влаге, перепадам температур, химическим веществам, содержащимся в воздухе или грунте, биологическому разрушению (грибку, гнили, насекомым). Для этого применяются специальные защитные покрытия, гидроизоляция, выбираются материалы с высокой стойкостью.

В-четвертых, это требование огнестойкости. Способность конструкций сопротивляться воздействию пожара, не разрушаясь и не теряя несущей способности в течение определенного времени, критически важна для эвакуации людей и работы пожарных подразделений. Огнестойкость характеризуется пределами огнестойкости конструкций (в минутах) и классами пожарной опасности материалов. Противопожарные требования также включают в себя планировочные решения: устройство противопожарных преград (стен, перегородок), безопасных

эвакуационных путей и выходов, систем автоматического пожаротушения и оповещения.

Архитектурно-художественные требования отражают социальную и культурную роль здания. Здание – это не просто инженерный объект, это часть материальной среды, в которой живет и работает человек. Поэтому оно должно оказывать положительное эмоциональное и эстетическое воздействие, формировать комфортную и гармоничную визуальную среду. Эти требования включают в себя достижение целостности архитектурного образа, где форма, объем, пропорции, ритм элементов фасада, цветовое и фактурное решение подчинены единой идее. Архитектурный облик здания должен соответствовать его функциональному назначению: административное здание может выглядеть репрезентативно и солидно, спортивный комплекс – динамично и легко, жилой дом – уютно и камерно. Кроме того, важно учитывать градостроительный контекст. Новое здание должно гармонично вписываться в сложившуюся застройку, учитывать масштаб окружающих строений, исторический характер места или, наоборот, задавать новый архитектурный акцент в районе.

Пренебрежение архитектурно-художественными требованиями приводит к обеднению городской среды, созданию безликих и депрессивных пространств. Однако важно помнить, что красота не должна достигаться в ущерб функциональности и экономической целесообразности. Идеальный проект находит эстетическое выражение в самой логике конструктивного и планировочного решения.

Экономические требования диктуют необходимость достижения максимального полезного эффекта при минимальных затратах материальных, трудовых и финансовых ресурсов. В условиях ограниченности бюджетов, особенно в социальном и государственном строительстве, это требование приобретает первостепенную важность.

Экономическая эффективность оценивается на всех стадиях: проектирования, возведения и многолетней эксплуатации здания. На стадии проектирования важно выбирать рациональные объемно-планировочные решения, которые позволяют уменьшить площадь застройки и объем здания без ущерба для его функций. Например, применение компактной формы в плане снижает периметр наружных стен, что ведет к уменьшению затрат на ограждающие конструкции и теплопотерь. Применение типовых проектов или унифицированных конструктивных элементов значительно снижает стоимость проектирования и изготовления.

На стадии строительства экономия достигается за счет применения современных индустриальных методов: использования сборных кон-

струкций заводского изготовления, сокращающих сроки и трудоемкость работ на объекте, комплексной механизации процессов. Однако самый значительный экономический эффект закладывается на этапе эксплуатации. Он зависит от таких показателей, как энергоэффективность здания. Грамотное решение ограждающих конструкций с высоким сопротивлением теплопередаче, установка современных окон, применение систем рекуперации тепла в вентиляции, использование энергосберегающего оборудования – все это многократно окупается за счет снижения платежей за отопление, вентиляцию и кондиционирование (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Структура теплотерь жилого дома

Таким образом, экономическое требование – это не просто минимизация первоначальных затрат, а поиск оптимальных решений на протяжении всего жизненного цикла объекта.

Экологические требования в современном мире выдвигаются на один из первых планов. Строительство и эксплуатация зданий оказывают колоссальное воздействие на окружающую среду: потребляют огромное количество ресурсов (энергии, воды, материалов), являются источником образования отходов, загрязняют атмосферу, почву и воду. Поэтому современное проектирование немислимо без учета принципов устойчивого развития и экологической безопасности. Эти требования включают в себя несколько направлений.

Во-первых, это ресурсосбережение. Подразумевается использование возобновляемых источников энергии (солнечные панели, тепловые насосы), сбор и использование дождевой воды для технических нужд, применение материалов с низкой энергоемкостью производства и возможностью последующей переработки.

Во-вторых, это минимизация вредного воздействия на окружающую среду. Необходимо предусматривать эффективные системы очистки сточных вод, утилизации твердых бытовых отходов, снижение выбросов от котельных.

В-третьих, это создание здоровой среды внутри самого здания. Для этого используются строительные и отделочные материалы с низким уровнем эмиссии вредных летучих веществ (формальдегида, фенола), обеспечивается хорошая инсоляция помещений, эффективная естественная и принудительная вентиляция для поддержания качества воздуха.

В-четвертых, это бережное отношение к территории застройки: максимальное сохранение существующего ландшафта и зеленых насаждений, озеленение кровель и фасадов, устройство проницаемых покрытий для дворовых территорий, позволяющих дождевой воде уходить в грунт.

Выполнение экологических требований не только снижает нагрузку на природу, но и создает более комфортные и здоровые условия для жизни человека, а также ведет к долгосрочной экономии ресурсов.

Понимание этой сложной системы требований, их иерархии и взаимного влияния является обязательным для грамотного проектирования и строительства, гарантирующего создание качественных, безопасных и комфортных зданий, которые будут служить людям долгие десятилетия.

1.5. Основы индустриального строительства: унификация, типизация, стандартизация и Единая модульная система (ЕМС)

Переход от индивидуального проектирования и возведения зданий к массовому их производству стал ключевым этапом в развитии строительной науки и практики. Этот процесс, известный как индустриализация строительства, коренным образом изменил подходы к созданию искусственной среды обитания человека. Его основная цель заключается в том, чтобы перенести максимальный объем трудоемких и сложных процессов с открытой строительной площадки, подверженной влиянию погодных условий, в условия контролируемого заводского цеха. Это позволяет значительно повысить производительность труда, улучшить качество выпускаемой продукции, снизить ее стоимость и сократить сроки возведения объектов.

Фундаментальными принципами, на которых базируется индустриальное строительство, являются унификация, типизация, стандартизация и применение единой модульной системы. Эти понятия тесно взаимосвязаны и образуют единый методологический каркас современного строительного производства.

Унификация в строительстве представляет собой процесс приведения к единообразию, к оптимальному единообразию, основных параметров зданий, их планировочных и конструктивных решений, а также размеров и форм отдельных строительных изделий и элементов. Проще говоря, унификация стремится сократить бесконечное многообразие возможных вариантов до разумно необходимого минимума типовых решений. Это касается, например, шага колонн в каркасном здании, высоты этажа, ширины оконных и дверных проемов, размеров лестничных маршей и площадок.

Цель унификации – создание условий для массового, поточного производства ограниченной номенклатуры строительных деталей на специализированных предприятиях. Когда множество зданий проектируется на основе единого каталога унифицированных изделий, это позволяет заводу-изготовителю наладить эффективные поточные линии, снизить затраты на переналадку оборудования и, как следствие, себестоимость каждого элемента. Для проектировщика унификация упрощает процесс компоновки здания, так как он работает с готовым набором «кубиков» известных размеров и характеристик. На строительной площадке монтаж из крупных, стандартных элементов происходит быстрее и требует меньше квалифицированного ручного труда.

Типизация является логическим продолжением и конкретизацией унификации. Если унификация задает общие правила и ограничения, то типология занимается научной классификацией и систематизацией самих объектов строительства – зданий и сооружений – по их существенным признакам и характеристикам.

В архитектурно-строительной практике типизация предполагает выделение типов зданий, обладающих сходным функциональным назначением, объемно-планировочной структурой и конструктивной схемой.

Например, можно говорить о типизации жилых домов: секционные, башенные, коридорные, галерейные. Или о типизации промышленных зданий: одноэтажные многопролетные, одноэтажные однопролетные, многоэтажные. Внутри каждого типа далее происходит выделение типовых секций, ячеек или блок-секций.

Разрабатываются типовые проекты или типовые проектные решения, которые могут быть многократно применены в разных условиях с минимальными адаптациями к местным особенностям. Типизация позволяет накопить и обобщить лучший опыт проектирования, обеспечить экономическую и техническую обоснованность решений, а также значительно ускорить процесс проектирования новых объектов за счет использования уже отработанных и апробированных схем.

Стандартизация представляет собой законодательное, нормативное закрепление принципов унификации и типизации. Это установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон. В строительстве стандартизация охватывает все стороны процесса: материалы, изделия, конструкции, методы расчета, испытаний, контроля и даже терминологию.

Государственные стандарты (ГОСТы), строительные нормы и строительные правила (СН и СП), технические кодексы установившейся практики (ТКП) в Республике Беларусь – все это документы стандартизации. Они обеспечивают безопасность, надежность и долговечность зданий, определяют требуемые уровни прочности, огнестойкости, тепло- и звукоизоляции.

Стандартизация строительных изделий гарантирует их взаимозаменяемость: железобетонная плита перекрытия, произведенная на одном заводе, должна идеально стыковаться с плитой, произведенной на другом, если они соответствуют одному и тому же стандарту. Это создает основу для здоровой конкуренции между производителями и свободы выбора для заказчика. Таким образом, стандартизация является тем правовым и техническим фундаментом, который делает возможным эффективное функционирование всей системы индустриального строительства.

Однако для того, чтобы унифицированные, типовые и стандартизированные элементы свободно сочетались друг с другом в любых комбинациях, необходима единая система координат, общий язык размеров. Такой системой в строительстве является Единая модульная система, или ЕМС. ЕМС – это совокупность правил координации размеров объемно-планировочных и конструктивных элементов зданий, а также самих строительных изделий на основе условной единицы измерения, называемой модулем. За основной модуль, обозначаемый буквой М, в международной и отечественной практике принята величина 100 миллиметров. Это означает, что основные планировочные размеры здания в плане (пролеты, шаги) и по высоте (высота этажей), а также

размеры сборных элементов должны быть кратны этому модулю, то есть 100 мм, 200 мм, 300 мм и так далее.

Но ЕМС не ограничивается одним модулем. Для более гибкого и детального проектирования введена система производных модулей. Укрупненные модули, такие как 60М (6 000 мм), 30М (3 000 мм), 12М (1 200 мм), часто применяются для назначения крупных шагов и пролетов в каркасных зданиях. Дробные модули, например 1/2М (50 мм), 1/5М (20 мм), 1/10М (10 мм), 1/20М (5 мм), 1/50М (2 мм), 1/100М (1 мм), используются для назначения точных размеров элементов, толщин швов и зазоров, а также для координации размеров в случаях, когда элементы из разных материалов (например, бетонные и стальные) должны стыковаться между собой.

Принцип работы ЕМС основан на понятиях номинального, конструктивного и натурального размера. Номинальный размер – это проектный, координационный размер, который назначается в модулях и определяет положение элемента в пространстве здания. Например, номинальная длина панели стены может быть 24М, то есть 2 400 мм. Конструктивный размер – размер между действительными гранями конструкции без учета частей швов и зазоров.

Натурный – размер фактический, полученный в процессе изготовления конструкции, отличается от конструктивного на величину допуска, установленную ГОСТ.

Разница между номинальным и конструктивным размером называется номинальным зазором или швом (обычно 10 или 20 мм), который необходим для компенсации возможных монтажных погрешностей и обеспечения свободной установки элемента на место. Это гарантирует, что даже при небольших отклонениях в размерах на заводе или при монтаже сборные детали все равно будут правильно стыковаться (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Координация размеров в строительстве

Ключевыми правилами ЕМС являются правила привязки конструктивных элементов к разбивочным осям здания.

Разбивочные оси – это условные координационные линии, которые образуют модульную сетку и задают геометрическую основу здания. Правила привязки определяют, как стены, колонны, перекрытия и другие элементы должны располагаться относительно этих осей (рис. 1.6).

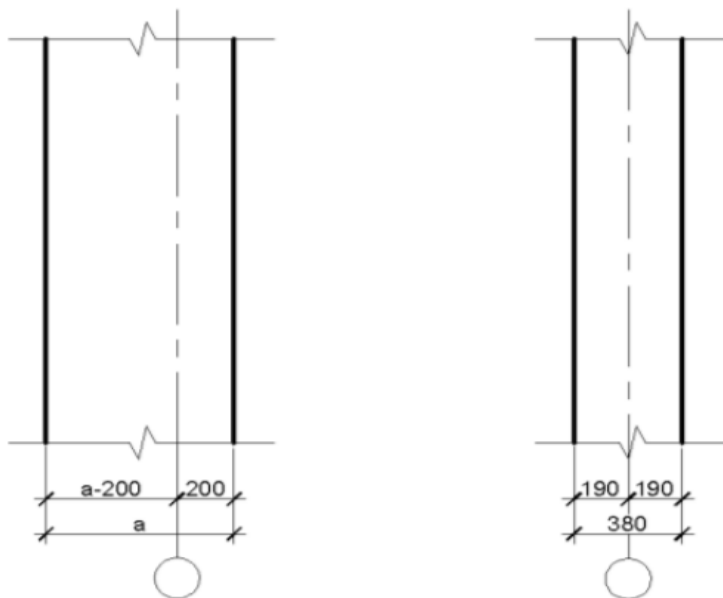


Рис. 1.6. Привязка бескаркасных стен многоэтажных зданий

Например, в зданиях с несущими стенами внутренние несущие стены обычно совмещают с разбивочными осями, а толщина стены симметрично распределяется по обе стороны от оси. Наружные несущие стены могут иметь внутреннюю или внешнюю грань, совмещенную с осью, в зависимости от конструктивного решения. В каркасных зданиях геометрическая ось колонны, как правило, совмещается с разбивочной осью.

Эти строгие правила обеспечивают четкую геометрию здания, предсказуемость размеров и, что самое важное, совместимость всех элементов, поступающих на стройплощадку с разных заводов.

2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ И КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ

2.1. Основные элементы зданий и их назначение

В самом общем виде все конструктивные элементы можно разделить на две большие группы: несущие и ограждающие. Это деление является ключевым.

Несущие элементы воспринимают и передают на основание все виды нагрузок, действующих на здание. Это, во-первых, постоянные нагрузки от собственного веса всех конструкций, а во-вторых, временные нагрузки: от людей, мебели, оборудования, снега на крыше, ветра и даже сейсмических воздействий в соответствующих регионах. От их прочности, жесткости и устойчивости напрямую зависит безопасность здания.

Ограждающие элементы, в свою очередь, отделяют внутреннее пространство здания от внешней среды или одно помещение от другого, выполняя тем самым защитные, изолирующие и эстетические функции. Они ограждают нас от холода, шума, влаги, огня и обеспечивают приватность. Важно понимать, что многие конструкции совмещают обе функции, являясь одновременно и несущими, и ограждающими, что является признаком рационального проектирования.

Теперь рассмотрим основные конструктивные элементы, начиная с фундамента, который по праву можно назвать основой основ.

Фундамент – это подземная часть здания, которая принимает на себя всю нагрузку от вышележащих конструкций и распределяет ее на грунт основания. Его главное назначение – обеспечить неизменность положения здания в пространстве, предотвратить недопустимые осадки или крены. Конструкция фундамента зависит от величины передаваемой нагрузки и от свойств грунтов на строительной площадке. В гражданском строительстве широко применяются ленточные фундаменты, располагаемые под несущими стенами, столбчатые – под отдельными опорами, и плитные – в виде сплошной железобетонной плиты под всем зданием, что особенно актуально для слабых грунтов. От надежности фундамента зависит судьба всего сооружения.

Следующим критически важным элементом являются стены. Стены – это вертикальные ограждающие конструкции, которые могут выполнять как ограждающую, так и несущую функцию. Наружные сте-

ны, прежде всего, ограждают внутренние помещения от атмосферных воздействий, обеспечивая теплозащиту, звукоизоляцию и влагозащиту. Они формируют архитектурный облик здания. Внутренние стены разделяют пространство на отдельные помещения. Стены, которые воспринимают нагрузку от перекрытий и крыши и передают ее на фундамент, называются несущими.

Стены, которые несут нагрузку только от собственного веса в пределах одного этажа и служат лишь для разделения пространства, называются ненесущими стенами (перегородки).

Материал стен чрезвычайно разнообразен: это может быть кирпич, керамические блоки, бетон, природный камень, а в современном строительстве – многослойные конструкции с эффективными утеплителями.

Перекрытия – это горизонтальные несущие конструкции, которые разделяют здание на этажи. Они воспринимают полезную нагрузку (люди, мебель) и передают ее на стены или колонны. Перекрытия должны обладать достаточной прочностью и жесткостью, чтобы не прогибаться под нагрузкой, а также выполнять важные ограждающие функции: обеспечивать звукоизоляцию между этажами и теплозащиту, если разделяют отапливаемые и неотапливаемые помещения. По местоположению различают междуэтажные, чердачные (отделяющие верхний этаж от чердака), надподвальные и цокольные перекрытия. Конструктивно они могут быть балочными, где нагрузка передается через балки на опоры, или безбалочными, чаще всего плитными. В современном строительстве наиболее распространены сборные или монолитные железобетонные плиты перекрытия, обладающие высокой несущей способностью и долговечностью.

Для зданий с каркасной конструктивной схемой принципиальное значение имеют такие элементы, как колонны и ригели. Колонна – это вертикальный несущий элемент, воспринимающий нагрузку от перекрытий и крыши и передающий ее на фундамент. По сути, в каркасных зданиях колонны заменяют несущие стены, что позволяет создавать свободные, не загроможденные внутренние пространства. Колонны работают преимущественно на сжатие, но могут испытывать и изгибающие моменты.

Ригель – это горизонтальная несущая балка, которая опирается на колонны и служит опорой для плит перекрытия или покрытия. Ригель и колонны жестко или шарнирно связываются между собой, образуя раму – основной силовой элемент каркаса. Материалом для колонн и ригелей чаще всего служит железобетон или металл.

Лестницы являются обязательным элементом любого многоэтажного здания, обеспечивая вертикальную связь между этажами. Лестница – это сложный конструктивный узел, который должен быть, прежде всего, безопасным и удобным для движения людей. Основные элементы лестницы – это наклонные несущие балки (косоуры или тетивы), на которые укладываются ступени. Ступень состоит из горизонтальной части – проступи и вертикальной – подступенка. Лестничные марши (непрерывные ряды ступеней) соединяются промежуточными горизонтальными площадками. Лестницы должны соответствовать строгим нормативным требованиям по уклону, ширине, высоте ступеней и ограждению перилами. В гражданских зданиях они часто размещаются в специальных пожаробезопасных объемах – лестничных клетках, имеющих естественное освещение и выход наружу.

Окна и двери, хотя и являются, в первую очередь, элементами заполнения проемов в стенах, также играют важную конструктивную роль. Окна предназначены для естественного освещения и проветривания помещений. Они состоят из коробки, закрепляемой в проеме, и остекленных открывающихся или глухих створок (переплетов). Современные окна – это сложные инженерные системы, обеспечивающие высокий уровень теплозащиты и звукоизоляции. Двери служат для входа в здание, сообщения между помещениями и эвакуации в случае опасности. Дверное полотно навешивается на коробку, закрепленную в проеме. Конструкция и материал дверей варьируются в зависимости от их назначения: входные, межкомнатные, противопожарные, технические. И окна, и двери должны обеспечивать надежное уплотнение по контуру для защиты от продувания и потерь тепла.

Крыша и покрытие завершают здание сверху. Эти понятия часто путают, но между ними есть четкое различие.

Понятие покрытия является наиболее широким и общим в строительной терминологии, обозначая всю совокупность верхних конструктивных элементов, завершающих здание сверху. Покрытие выполняет комплексную защитную функцию, объединяя в единую систему несущие конструкции, теплоизоляционные слои, пароизоляцию, гидроизоляцию, а также чердачные перекрытия, если речь идет о бесчердачных инженерных системах. Одной из ключевых конструктивных разновидностей покрытия выступает крыша. Под крышей в архитектуре понимают верхнюю ограждающую конструкцию здания, которая изолирует внутренние помещения от негативного воздействия внешних факторов, таких как атмосферные осадки, солнечное излуче-

ние и ветер. В структуре любой крыши четко выделяются две основные составляющие: прочная несущая часть, представленная стропильной системой или железобетонными плитами, и наружная защитная оболочка. Данная водонепроницаемая оболочка называется кровлей и представляет собой непосредственный верхний элемент крыши. Именно кровля принимает на себя прямой удар стихии, поэтому для ее устройства применяют высокопрочные, долговечные и абсолютно герметичные материалы. В современном гражданском и промышленном строительстве кровля может выполняться из листовой стали, штучной черепицы, рулонных битумных материалов, природного сланца и других современных покрытий.

Форма крыши (скатная, плоская) определяется не только эстетическими соображениями, но и климатическими условиями, необходимоостью организовать водоотвод, а также технологическими требованиями.

Все перечисленные конструктивные элементы не существуют изолированно. Они связаны между собой в единую пространственную систему, которая должна быть геометрически неизменяемой и устойчивой. Связи между элементами, узлы их сопряжения – это отдельная и очень важная тема. Например, надежное соединение стен с перекрытиями обеспечивает совместную работу конструкций и повышает устойчивость здания против горизонтальных нагрузок, например, ветровых.

Таким образом, здание – это не набор отдельных деталей, а сложная система, где каждый элемент выполняет свою роль, а их слаженная работа гарантирует долговечность, безопасность и комфорт для людей.

2.2. Конструктивные схемы зданий

Конструктивная схема зданий с несущими стенами, которую также часто называют бескаркасной, является исторически более ранней и широко распространенной, особенно в массовом жилищном и общественном строительстве. Ее сущность заключается в том, что основными вертикальными несущими элементами, воспринимающими нагрузку от перекрытий и крыши, являются стены. Эти стены, выполненные из кирпича, керамических или бетонных блоков, монолитного или сборного железобетона, опираются на фундаменты и располагаются в соответствии с планировочной структурой здания. Горизонтальными несущими элементами в данной схеме служат перекрытия, которые, в свою очередь, передают нагрузку на стены. В зависимости

от расположения несущих стен и характера работы наружных ограждений различают несколько типов бескаркасных схем.

Первый тип – это схема с продольными несущими стенами. В этом случае основную нагрузку несут стены, ориентированные вдоль длинной стороны здания. Обычно это две внутренние продольные стены, но может быть и больше. Наружные стены также являются несущими, но, помимо этой функции, они выполняют роль ограждающих конструкций, обеспечивая теплозащиту и защиту от атмосферных воздействий. Перекрытия в таком здании, чаще всего сборные плиты, опираются своими концами на продольные стены. Поперечные стены, устанавливаемые преимущественно в местах лестничных клеток и для ограничения длины здания, в этой схеме служат в основном как диафрагмы жесткости, обеспечивая устойчивость сооружения против горизонтальных нагрузок, например, ветровых. Главным преимуществом схемы с продольными несущими стенами является простота конструктивного решения и относительная легкость монтажа стандартных плит перекрытия. Однако она накладывает существенные ограничения на свободу планировки внутреннего пространства, так как положение несущих стен жестко фиксировано, и перенести их в процессе эксплуатации невозможно.

Второй тип – это схема с поперечными несущими стенами. Здесь основная нагрузка передается на стены, расположенные поперек здания. Эти стены ставятся с относительно небольшим шагом, который определяется длиной применяемых плит перекрытия, обычно от трех до шести метров. Наружные стены в этом случае, за исключением торцевых, уже не являются несущими в традиционном смысле. Они становятся самонесущими или навесными, то есть несут лишь собственный вес в пределах одного этажа и защищают внутренние помещения от внешней среды. Это позволяет применять для наружных стен более эффективные и легкие материалы, в том числе современные слоистые панели с эффективным утеплителем. Свобода в выборе материала и конструкции наружных стен является большим преимуществом данной схемы. Кроме того, внутреннее пространство между поперечными стенами становится более свободным для планировки, так как продольные перегородки могут быть установлены в любом месте. К недостаткам можно отнести необходимость устройства специальных опорных узлов для наружных стен и некоторое усложнение конструкции торцов здания.

Третий тип – это схема с перекрестным расположением несущих стен, которая сочетает в себе элементы двух предыдущих. В этом случае и продольные, и поперечные стены являются несущими, образуя ячеистую структуру. Перекрытия, часто применяемые в виде сплошных настилов или мелкогабаритных плит, опираются по всему контуру на стены. Такая схема обеспечивает максимальную пространственную жесткость и устойчивость здания, что особенно важно в сейсмических районах или при строительстве высотных жилых домов. Однако она наиболее жестко регламентирует планировку, превращая квартиру или помещение в набор изолированных ячеек.

В противоположность зданиям с несущими стенами, каркасная конструктивная схема основана на четком разделении функций несущих и ограждающих элементов. Несущую функцию в каркасном здании выполняет пространственный каркас, собранный из линейных элементов – колонн, ригелей (или балок) и иногда диафрагм жесткости. Колонны воспринимают вертикальные нагрузки, а система ригелей и перекрытий объединяет их в единую систему и передает нагрузки на колонны. Ограждающие функции – теплозащита, изоляция, оформление фасадов – возлагаются на легкие навесные стеновые панели или конструкции, которые крепятся к каркасу и не участвуют в передаче основных эксплуатационных нагрузок. Каркасные схемы подразделяются на два основных вида: с полным каркасом и с неполным каркасом.

Полный каркас подразумевает, что все вертикальные нагрузки воспринимаются системой колонн, расположенных как по периметру здания, так и внутри него. Наружные колонны при этом входят в состав каркаса и не скрыты за ограждающими конструкциями. Перекрытия опираются на ригели, которые, в свою очередь, передают нагрузку на колонны. Такая схема предоставляет проектировщику и будущему пользователю максимальную свободу. Внутреннее пространство здания может быть организовано практически без ограничений, так как нет несущих стен, а колонны имеют относительно небольшое сечение. Это делает полный каркас незаменимым при строительстве общественных зданий – административных центров, офисов, учебных заведений, торговых комплексов, где требуется большая гибкость планировочных решений и возможность легкой перепланировки. Несущие конструкции, как правило, выполняются из монолитного или сборного железобетона, а также из металла. Ключевым требованием к каркасному зданию является обеспечение его пространственной жесткости,

для чего в конструкцию вводятся специальные элементы: диафрагмы жесткости в виде стенок лифтовых шахт, лестничных клеток или специальных связевых панелей между колоннами.

Неполный каркас, который иногда называют рамно-связевым с несущими наружными стенами, представляет собой комбинированную схему. В этом случае наружные стены здания остаются несущими, как в бескаркасной схеме, а внутренние опоры заменяются каркасом из колонн и ригелей. Такое решение часто применяется в многоэтажных жилых домах, где необходимо освободить внутреннее пространство от поперечных несущих стен для создания квартир свободной планировки, но при этом сохранить традиционные и экономичные решения для наружных ограждений. Нагрузка от перекрытий передается частично на наружные стены, а частично на внутренние колонны каркаса (рис. 2.1).

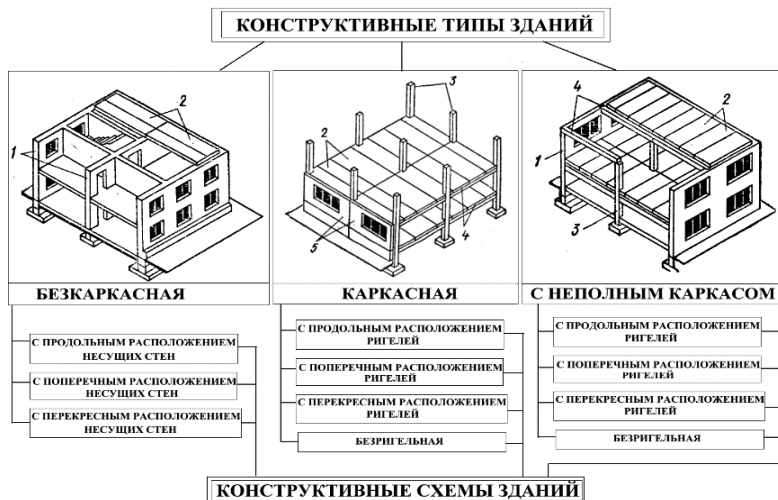


Рис. 2.1. Конструктивные схемы зданий

Выбор между схемой с несущими стенами и каркасной схемой является сложной инженерно-экономической задачей. Схемы с несущими стенами, особенно из мелкоштучных материалов, часто более экономичны при строительстве зданий до девяти-двенадцати этажей с типовой, повторяющейся планировкой. Они требуют меньшего расхода стали и бетона, но могут быть более материалоемкими по массе стен. Каркасные схемы, при несколько больших первоначальных за-

тратах на несущий остов, позволяют достичь значительной экономии на внутренней планировке, увеличить скорость монтажа за счет использования крупных панелей ограждения и предоставляют неоценимое преимущество в виде свободной и трансформируемой планировки.

В условиях Беларуси, с ее развитой промышленностью сборного железобетона, исторически широко применялись как панельные дома с несущими стенами, так и каркасно-панельные общественные здания. Современная тенденция склоняется к комбинированию лучших черт обеих схем, использованию монолитного железобетона для создания пространственно-жестких ядер жесткости в сочетании с каркасом или несущими стенами, а также к активному применению эффективных материалов для ограждающих конструкций, что в конечном итоге направлено на создание экономических, долговечных, комфортных и архитектурно выразительных зданий.

2.3. Обеспечение пространственной жесткости и устойчивости зданий

Устойчивость здания – это его способность сопротивляться опрокидыванию или сдвигу под действием горизонтальных сил, таких как ветер, давление грунта на подпорные стены или сейсмические воздействия. Пространственная жесткость – это свойство конструктивной системы здания сохранять свою первоначальную форму, не допуская недопустимых деформаций и перемещений под нагрузкой. Эти два свойства неразрывно связаны: устойчивое здание должно быть жестким, а жесткая конструктивная система обеспечивает общую устойчивость. Без достаточной пространственной жесткости отдельные вертикальные несущие элементы (стойки, колонны, простенки) могли бы терять устойчивость независимо друг от друга, что привело бы к катастрофическим последствиям.

Основными источниками горизонтальных усилий, угрожающих устойчивости здания, являются, во-первых, ветровая нагрузка, величина которой зависит от региона, высоты здания и его аэродинамических свойств. Во-вторых, это сейсмические воздействия, которые хотя и не характерны для основной территории Беларуси, должны учитываться в мировой строительной практике и в специальных случаях. В-третьих, к горизонтальным воздействиям можно отнести неравномерные осадки фундаментов, которые вызывают перекосы конструкций, а также технологические нагрузки в промышленных зданиях (например, от

кранового оборудования). Даже процесс возведения здания создает определенные горизонтальные усилия, которые должна воспринимать конструктивная система.

Пространственная жесткость и устойчивость здания обеспечивают совместной работой всех его несущих элементов, объединенных в единую систему. Эту систему можно представить как пространственный ящик, где одни элементы работают преимущественно на сжатие, другие – на растяжение, изгиб или срез. Ключевую роль в организации такого совместного сопротивления играют так называемые вертикальные и горизонтальные диафрагмы жесткости.

Вертикальные диафрагмы жесткости – это плоские, устойчивые в своей плоскости элементы, которые воспринимают горизонтальные нагрузки и передают их на фундамент. В гражданском строительстве такими диафрагмами чаще всего служат внутренние продольные и поперечные стены, выполненные из каменной кладки, монолитного или сборного железобетона. Особенно эффективны стены, расположенные у лестничных клеток и лифтовых шахт, которые по условиям планировки часто являются глухими и хорошо армируются. В каркасных зданиях роль вертикальных диафрагм выполняют специально предусмотренные железобетонные стенки (связевые панели) или системы стальных связей (крестовые, порталные), устанавливаемые в некоторых ячейках каркаса. Эти диафрагмы расставляются в плане здания не произвольно, а с таким расчетом, чтобы обеспечить равномерное сопротивление нагрузкам с разных направлений и чтобы центр жесткости конструкции по возможности совпадал с центром приложения горизонтальных сил, предотвращая опасное кручение здания.

Горизонтальные диафрагмы жесткости – это элементы, которые связывают между собой вертикальные несущие конструкции (стены, колонны) на каждом уровне, распределяя между ними горизонтальную нагрузку и обеспечивая их совместную работу. Главной горизонтальной диафрагмой в здании является перекрытие. Именно перекрытие, будучи жестким диском в своей плоскости, работает как горизонтальная балка-распорка, которая воспринимает давление ветра на фасад, перераспределяет его на вертикальные диафрагмы жесткости и не позволяет отдельным вертикальным элементам смещаться независимо друг от друга. Качество работы перекрытия как диафрагмы зависит от материала и конструкции. Наиболее эффективны в этом отношении монолитные железобетонные плиты и сборные плиты, омоноличенные между собой и с несущими конструкциями. Чердачные и междуэтаж-

ные перекрытия из сборных железобетонных элементов требуют тщательного замоноличивания швов и анкеровки к стенам. В некоторых случаях, например в зданиях со стальным каркасом, роль горизонтальной диафрагмы может выполнять система горизонтальных стальных связей.

Особое внимание необходимо уделить обеспечению надежного соединения между вертикальными и горизонтальными элементами. Даже самая прочная стена или колонна не будут устойчивы, если они не закреплены против смещения вверх и вниз. Связь вертикальных несущих конструкций с фундаментом обеспечивается путем их анкеровки. Для стен это может быть продолжение арматурных выпусков из фундамента, для колонн – заделка их в стаканы фундамента или приварка к анкерным болтам. Связь стен с перекрытиями обеспечивается анкерровкой плит перекрытия в кладку, укладкой арматурных сеток в швы между этажами или созданием монолитных железобетонных поясов (сейсмических поясов), которые опоясывают все здание на уровне перекрытий и надежно связывают стены между собой. В каркасных зданиях критически важна жесткость узлов соединения колонн с ригелями и балками, которые обеспечивают геометрическую неизменяемость рамы.

Таким образом, пространственная жесткость здания формируется как система взаимосвязанных элементов: фундаменты, обеспечивающие закрепление; вертикальные диафрагмы жесткости (стены, связывающие панели), воспринимающие основную долю горизонтальной силы; горизонтальные диафрагмы жесткости (перекрытия), распределяющие нагрузку между вертикальными элементами; и, наконец, узлы соединений, которые делают эту систему монолитной и работающей как одно целое. Нарушение в работе любого из этих компонентов может привести к перераспределению усилий, местным перегрузкам и, в конечном счете, к потере устойчивости части или всего сооружения.

При проектировании и возведении зданий в Беларуси необходимо строго руководствоваться требованиями технических нормативных правовых актов, в первую очередь СТБ EN 1990 (Еврокод 0) и последующих стандартов серии Еврокодов, а также национальных строительных норм.

Эти документы устанавливают методики расчета зданий на устойчивость и жесткость, задают предельные значения деформаций (например, прогибов балок, перемещений верха здания от ветра) и регламентируют конструктивные меры по обеспечению пространственной неизменяемости.

Для инженера важно не только выполнить расчет, но и грамотно воплотить эти принципы в реальных конструкциях, учитывая специфику материалов, технологии производства работ и условия эксплуатации будущего здания. Только комплексный подход, рассматривающий здание как единый организм, позволяет создать безопасное, надежное и долговечное сооружение.

2.4. Деформационные швы: назначение и конструкция

В процессе эксплуатации любое здание подвергается воздействию разнообразных сил и факторов, которые могут вызывать в его конструкциях нежелательные напряжения и деформации. Эти воздействия носят как силовой характер, например, от веса самого здания, оборудования, людей и снега, так и температурно-влажностный, связанный с изменением климата и условий окружающей среды. Кроме того, значительные деформации могут возникать из-за особенностей грунтов основания, особенно на неоднородных или просадочных грунтах, а также вследствие сейсмической активности. Если не предусмотреть специальных мер, эти деформации могут привести к появлению трещин в несущих и ограждающих конструкциях, нарушению их целостности, повреждению отделки и инженерных систем, что в итоге снижает долговечность здания и ухудшает условия его эксплуатации. Для предотвращения таких негативных последствий и обеспечения надежной работы конструктивной системы на протяжении всего срока службы в зданиях устраивают деформационные швы.

Деформационный шов представляет собой запланированный и тщательно спроектированный разрез, который разделяет здание или отдельные его конструкции на самостоятельные блоки. Основное назначение этого шва – обеспечить возможность взаимного перемещения этих блоков в заданных пределах без возникновения опасных напряжений и без разрушения материалов. Иными словами, шов превращает жесткую, монолитную систему в систему отдельных, более подвижных элементов, которые могут независимо друг от друга реагировать на внешние и внутренние воздействия. Конструкция шва должна не только позволять это перемещение, но и надежно защищать внутренние помещения от проникновения атмосферной влаги, холодного воздуха, пыли и шума, сохраняя тем самым теплозащитные и гигиенические качества ограждений.

В гражданском строительстве применяют несколько основных типов деформационных швов, классифицируемых по причине, вызывающей необходимость их устройства. Каждый тип решает свои специфические задачи и имеет особенности конструкции.

Температурные швы являются, пожалуй, наиболее распространенными. Они необходимы для компенсации линейных деформаций, возникающих в материалах конструкций при их нагревании и охлаждении в течение года и суток. Как известно, при изменении температуры большинство строительных материалов расширяются или сжимаются (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Температурный шов здания

Если длина здания или отдельного температурного блока велика, то эти деформации могут привести к значительным напряжениям. Температурный шов разрезает здание по всей высоте, начиная от уровня земли или от верха фундамента, разделяя надземные конструкции – стены, перекрытия, покрытия – на независимые секции. Подземная часть – фундамент – в температурных швах, как правило, не разрезается, так как она находится в более стабильных температурных условиях и подвержена меньшим колебаниям. Ширина температурного шва рассчитывается исходя из предполагаемого диапазона температурных изменений и длины температурного блока, обычно она составляет от 20 до 30 миллиметров. Важно понимать, что в климатических условиях Беларуси с ее выраженной сезонностью и значительными годовыми перепадами температур устройство температурных швов в протяженных зданиях является обязательным.

Осадочные швы устраивают в случаях, когда существует вероятность неравномерной осадки отдельных частей здания. Это может быть вызвано несколькими причинами. Во-первых, разницей в высоте отдельных частей здания, например, при примыкании высокого многоэтажного объема к низкому. Нагрузка на грунт под этими частями будет различной, что и вызовет разную осадку. Во-вторых, строительством на неоднородных по своей несущей способности грунтах, когда под разными участками здания залегают грунты с разными физико-механическими свойствами. В-третьих, пристраиванием новых объемов к существующему зданию. Осадочный шов, в отличие от температурного, разрезает здание по всей его высоте, включая фундамент. Это позволяет каждому изолированному блоку оседать абсолютно независимо от соседнего, не передавая ему никаких дополнительных усилий. Конструктивно осадочный шов шире температурного, его ширина может достигать 50–100 миллиметров и более, в зависимости от расчетной величины возможных осадок. Расположение осадочных швов тщательно прорабатывается в проекте на основе данных инженерно-геологических изысканий.

Антисейсмические швы применяют в зданиях, возводимых в сейсмически активных районах. Их назначение – разделить сложное в плане или большое по протяженности здание на отдельные, простые по форме и устойчивые в динамическом отношении отсеки (блоки). Каждый такой отсек должен быть способен самостоятельно воспринимать сейсмические нагрузки без резонансных явлений и опасных взаимодействий с соседними отсеками. Антисейсмические швы рассчитываются на определенную величину взаимных смещений блоков при землетрясении, и их ширина назначается соответственно. Эти швы также рассекают все здание, включая фундамент.

Усадочные швы встречаются реже и связаны со спецификой применяемых материалов. Например, в монолитных железобетонных конструкциях большой протяженности в процессе твердения бетона происходит его усадка – уменьшение объема. Чтобы предотвратить растрескивание из-за возникающих при этом напряжений, на стадии бетонирования устраивают усадочные швы, которые впоследствии, после завершения основных усадочных процессов, могут быть замоноличены.

Конструктивное решение деформационного шва – это комплексная задача, требующая внимания как к несущим, так и к ограждающим элементам. Конструкция шва зависит от его типа, места расположения в здании и материалов, которые он разделяет.

В стенах зданий деформационный шов формируется как сквозной зазор. Для обеспечения водонепроницаемости и ветрозащиты этот зазор заполняется упругим и долговечным компенсатором. В современном строительстве для этого применяются специальные герметизирующие мастики и профили из пластифицированной поливинилхлоридной (ПВХ) или термопластичной резины (ТПО). Эти профили имеют особую форму, часто в виде латинской буквы «Z» или «Ω», что позволяет им растягиваться и сжиматься, не теряя при этом герметичности. В более традиционных конструкциях, особенно в промышленных зданиях, шов может заполняться просмоленной паклей или минеральной ватой с последующей заделкой эластичным герметиком. С наружной и внутренней сторон шов закрывается декоративно-защитными накладками. Наружная накладка, или компенсатор, должна надежно защищать от дождя и снега, при этом она не должна препятствовать движению частей здания. Ее часто выполняют из оцинкованной стали, алюминиевых сплавов или пластика, крепя к одной из сторон шва так, чтобы она могла перекрывать зазор при его расширении или сужении. Внутренняя накладка служит больше для эстетических целей и также должна быть подвижной.

В перекрытиях и покрытиях деформационный шов также представляет собой разрыв в плитах. В области шва опирание плит осуществляется на отдельные несущие элементы (балки, консоли), которые в свою очередь опираются на разные колонны или стены, принадлежащие разным блокам. Зазор между плитами перекрытия закрывается специальным компенсационным профилем для полов, который обеспечивает ровную поверхность для напольного покрытия и позволяет ему двигаться. В плоских кровлях конструкция шва особенно критична, так как здесь требуется абсолютная герметичность. Применяются специальные кровельные компенсаторы, которые представляют собой металлические или пластиковые конструкции с закрепленным на них гибким и прочным гидроизоляционным ковром из битумно-полимерных или синтетических материалов. Этот ковр должен выдерживать многократные деформации растяжения и сжатия без разрывов.

В фундаментах, которые пересекаются осадочными и антисейсмическими швами, конструкция должна обеспечивать не только возможность вертикального смещения, но и надежную гидроизоляцию от грунтовых вод. Для этого по линии шва часто устраивают вертикальные стенки из железобетона, между которыми оставляют расчетный зазор. Эти стенки покрываются слоем гидроизоляции, а сам зазор заполняется эластичным материалом, например, пенополиэтиленом, и

защищается снаружи специальными профилированными стальными или полимерными листами.

Проектирование деформационных швов является важнейшей частью работы конструктора. Места расположения швов, их тип и шаг определяются расчетом, исходя из климатических данных региона, инженерно-геологических условий, конструктивной и планировочной схемы здания, а также свойств применяемых материалов. В современной архитектуре с ее сложными формами и большими пролетами деформационные швы зачастую становятся не только технической необходимостью, но и элементом архитектурного решения, который может быть обыгран и подчеркнут. Однако их основная функция всегда остается неизменной – обеспечить долговечность, прочность и безопасность здания, позволив ему «дышать» и двигаться в ответ на неизбежные внешние воздействия, без чего немыслимо строительство надежных и современных гражданских объектов.

3. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

3.1. Требования к основаниям и фундаментам

Основания и фундаменты представляют собой важнейшую часть любой строительной системы, непосредственно связывающую здание или сооружение с геологической средой. От их надежности и правильного проектирования зависят долговечность, устойчивость и безопасность всей конструкции. Данная подглава посвящена основным требованиям, предъявляемым к этим элементам, а также рассмотрению типов оснований – естественных и искусственных.

Прежде всего, необходимо четко разграничить сами понятия. Основанием называют массив грунта, расположенный под фундаментом и воспринимающий всю нагрузку от здания. Фундамент же является конструктивной подземной частью, которая передает нагрузку от надземных конструкций на основание. Таким образом, фундамент служит посредником, а основание – конечным несущим элементом. Основное требование к этой системе в целом – обеспечение неизменности положения здания в пространстве и предотвращение недопустимых деформаций, таких как осадки, крены или сдвиги. Любая значительная и неравномерная деформация может привести к появлению трещин в стенах, перекосам проемов, нарушению работы инженерных систем и, в крайних случаях, к аварийному состоянию.

К фундаментам предъявляется комплекс технических, экономических и конструктивных требований. Во-первых, они должны обладать достаточной прочностью и устойчивостью, чтобы противостоять нагрузкам от здания и возможным боковым давлениям грунта. Во-вторых, фундаменты должны быть долговечными, со сроком службы, сопоставимым со сроком службы самого здания, и стойкими к агрессивным воздействиям грунтовых вод и химических веществ, содержащихся в грунте. В-третьих, важнейшим требованием является экономическая целесообразность. Затраты на возведение фундаментов могут составлять значительную часть общей стоимости объекта, поэтому проектировщик стремится найти решение, которое, обеспечивая надежность, будет оптимальным по расходу материалов, трудоемкости и сроку строительства. Кроме того, при выборе типа фундамента учитываются технологические возможности строительной организации и местные условия.

Требования к основаниям не менее строги. Основание должно иметь достаточную несущую способность, то есть способность воспринимать давление от фундамента без развития опасных деформаций. Важной характеристикой является его однородность. Неоднородность грунтового массива, например, наличие линз слабого грунта в толще прочного, часто приводит к неравномерным осадкам, которые особенно опасны. Основание должно быть устойчивым, то есть не должно терять свою несущую способность под влиянием внешних факторов, таких как увлажнение, промерзание или динамические воздействия. Также необходимо учитывать возможность изменения свойств грунтов со временем – их уплотнение под нагрузкой, набухание при увлажнении или просадочные явления.

В зависимости от свойств и состояния грунтов, основания подразделяются на естественные и искусственные. Естественным называется основание, сложенное грунтами в их природном состоянии, прочность и деформационные характеристики которых удовлетворяют требованиям проектируемого сооружения без проведения специальных мероприятий по их улучшению. Использование естественного основания является наиболее предпочтительным с экономической и технологической точек зрения, так как не требует дополнительных затрат на подготовку грунта. К таким основаниям относят скальные грунты, крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем, а также плотные и средней плотности песчаные грунты (крупные, средние и гравелистые), которые находятся выше уровня подземных вод и не подверже-

ны сильному промерзанию. Глинистые грунты твердой и полутвердой консистенции также могут служить надежным естественным основанием при условии, что их деформации под нагрузкой будут прогнозируемыми и не превысят допустимых значений. Однако при работе с глинистыми грунтами необходимо особое внимание уделять их влажности, так как при увеличении влажности их несущая способность резко падает.

К сожалению, далеко не все природные грунты способны выдерживать нагрузку от запроектированного здания. В условиях Беларуси широко распространены слабые грунты, такие как водонасыщенные пылеватые пески, мягкопластичные и текучие глины и суглинки, торфяники, илистые грунты и насыпные грунты с неоднородным составом. В таких случаях возникает необходимость в улучшении свойств грунтового массива, и тогда создается искусственное основание. Искусственное основание – это массив грунта, несущая способность которого была повышена с помощью специальных инженерных методов и мероприятий. Целью создания искусственного основания является либо упрочнение слабого грунта на месте его залегания, либо полная или частичная замена слабого грунта на более прочный материал.

Существует множество способов создания искусственных оснований, выбор которых зависит от типа слабого грунта, глубины его залегания, гидрогеологических условий и особенностей проектируемого сооружения. Во-первых, широко применяется метод уплотнения грунтов. Это может быть поверхностное уплотнение с помощью тяжелых трамбовок или катков (рис. 3.1), используемое при подготовке оснований под полы или невысокие здания, либо глубинное уплотнение. Глубинное уплотнение слабых водонасыщенных песков часто выполняется с помощью песчаных или грунтовых свай, которые, будучи погруженными в грунт, уплотняют окружающие слои за счет вибрации и вытеснения. Для уплотнения лессовых просадочных грунтов может применяться предварительное замачивание территории с одновременным трамбованием.

Во-вторых, распространенным методом является закрепление грунтов, то есть изменение их физико-химических свойств. Сюда относятся цементация и силикатизация, при которых в грунт под давлением нагнетаются растворы цемента или жидкого стекла с отвердителем. В результате в порах грунта образуется твердый каменеющий материал, значительно увеличивающий его прочность. Этот метод эффективен для трещиноватых скальных грунтов или крупных песков. Для тонкодисперсных пылеватых и глинистых грунтов может приме-

няться электрохимическое закрепление. Кроме того, в современной практике все чаще используют термическое закрепление, основанное на обжиге грунта раскаленными газами.



Рис. 3.1. Уплотнение грунта катком

В-третьих, при наличии очень слабых грунтов на значительную глубину, таких как торф, часто прибегают к их полной или частичной замене. Слабый грунт вынимается, и котлован засыпается слоями более прочного материала – песком средней или крупной фракции, гравием или щебнем. Каждый слой тщательно уплотняется. Такая подушка, или песчано-гравийная подготовка, перераспределяет давление от фундамента на большую площадь основания, снижая удельное давление на слабый грунт, который остается ниже. Это один из самых простых и надежных, хотя и достаточно трудоемких, методов.

Наконец, к искусственным основаниям можно отнести и случаи применения глубоких фундаментов, таких как свайные. Сваи прорезают слабые поверхностные слои грунта и передают нагрузку на более прочные, глубоко залегающие пласты. Таким образом, массив глубокого прочного грунта, до которого доведены сваи, фактически становится искусственно задействованным основанием для всего здания. В этом контексте свайное поле вместе с погруженными в грунт сваями представляет собой комплексное решение по созданию надежного основания в сложных условиях.

При проектировании оснований и фундаментов в Беларуси необходимо также уделять особое внимание вопросу морозного пучения

грунтов. Глинистые, пылеватые и мелкие песчаные грунты, насыщенные водой, при промерзании увеличиваются в объеме, что может привести к значительным подъемам фундамента и деформациям конструкции. Борьба с этим явлением включает в себя такие меры, как заложение подошвы фундамента ниже расчетной глубины промерзания для данного региона, устройство противопучинистых подушек из непучинистых материалов (крупный песок, щебень), применение обмазочной или оклеечной гидроизоляции вертикальных стен фундамента для снижения сил трения, а также мероприятия по отводу воды от фундамента с помощью дренажа.

3.2. Виды фундаментов и их конструктивные решения

Фундаменты, как опорная часть здания, передающая нагрузку на грунт, классифицируются по нескольким признакам, но наиболее существенной является классификация по конструктивной схеме. В практике гражданского и промышленного строительства широко применяются четыре основных типа: ленточные, столбчатые, сплошные и свайные фундаменты. Каждый из них обладает своей областью рационального применения, определяемой характером нагрузок, свойствами грунтов основания и конструктивными особенностями самого здания.

Ленточные фундаменты представляют собой непрерывные стенки или балки, располагаемые под всеми несущими стенами или рядами колонн здания. Их название точно отражает их форму – они словно лентой повторяют контур несущих конструкций в плане. Основное преимущество ленточных фундаментов заключается в их способности равномерно распределять нагрузку от стен, что особенно важно для зданий с массивными каменными, кирпичными или бетонными стенами. По способу устройства они подразделяются на сборные и монолитные. Монолитные ленточные фундаменты выполняются непосредственно на строительной площадке путем укладки бетонной смеси в заранее установленную опалубку с арматурным каркасом. Такие фундаменты обладают высокой прочностью и монолитностью, хорошо работают на неравномерные деформации основания. Сборные ленточные фундаменты состоят из отдельных железобетонных блоков-подушек, укладываемых на подготовленное основание, и бетонных или железобетонных блоков стен подвала. Их применение значительно ускоряет темпы строительства, но требует наличия грузоподъемной

техники и тщательной заделки швов между блоками. По глубине заложения ленточные фундаменты могут быть мелкого заложения (как правило, выше глубины промерзания грунта при соответствующих мероприятиях по подготовке основания) и глубокого заложения, когда их подошва располагается значительно ниже отметки промерзания или уровня подземных вод. Конструктивное сечение ленточного фундамента чаще всего имеет форму прямоугольника или трапеции, расширяющейся книзу для лучшего распределения давления на грунт.

Столбчатые фундаменты, в отличие от ленточных, представляют собой систему отдельных опор, располагаемых под несущими элементами здания – колоннами каркаса или стойками. Они экономичнее ленточных по расходу материалов и трудозатратам, особенно при значительных расстояниях между опорами и при строительстве на прочных грунтах. Столбчатые фундаменты могут быть монолитными, сборными или комбинированными. Под каждую колонну обычно устанавливается отдельный фундамент, который в плане может быть квадратным, прямоугольным или круглым. Для обеспечения совместной работы отдельных фундаментов и повышения устойчивости конструкции, особенно при действии горизонтальных нагрузок, столбчатые фундаменты часто соединяют между собой железобетонной балкой, называемой фундаментной балкой или рандбалкой. Эта балка, располагаемая по верху столбов, служит опорой для стен здания и выполняет роль связующего элемента. Важным конструктивным элементом столбчатого фундамента является его подколонник – верхняя часть, на которую непосредственно устанавливается колонна. Подколонник обеспечивает точное позиционирование и надежное крепление колонны. Область применения столбчатых фундаментов – каркасные здания, здания с несущими стенами, но при условии прочных грунтов, а также легкие малоэтажные постройки, например, из дерева или с легкими каркасными стенами. Их не рекомендуется применять на слабых, просадочных или пучинистых грунтах, а также при высоком уровне грунтовых вод из-за риска неравномерных осадок.

Сплошные фундаменты, или фундаменты в виде плиты, представляют собой железобетонную плиту, расположенную под всей площадью здания или его части. Это решение применяется в самых сложных условиях, когда нагрузки от здания велики, а грунты основания обладают низкой несущей способностью, высокой сжимаемостью или неравномерной деформативностью. Сплошная плита работает как единая конструкция, перераспределяя местные нагрузки на всю свою пло-

щадь, что позволяет значительно снизить давление на грунт и выровнять возможные неравномерные осадки. Такие фундаменты незаменимы при строительстве на просадочных, насыпных, слабых глинистых грунтах, а также в сейсмических районах. Конструктивно сплошные фундаменты могут быть выполнены в виде плоской плиты постоянной или переменной толщины, либо в виде коробчатой конструкции, объединяющей плиту и ребра жесткости, что значительно увеличивает их пространственную жесткость. В последнем случае ребра могут быть направлены как вниз, так и вверх. Сплошные фундаменты часто служат одновременно и конструкцией пола подвала или технического подполья. Несмотря на высокую материалоемкость и стоимость, их применение является часто единственно возможным решением для обеспечения устойчивости и эксплуатационной пригодности здания на сложных грунтах. Разновидностью сплошных фундаментов являются так называемые фундаменты с подвалом, где стены подвала совместно с плитой образуют жесткую коробку.

Свайные фундаменты состоят из отдельно погруженных в грунт свай, объединенных поверху ростверком – железобетонной плитой или балкой, которая распределяет нагрузку от здания на сваи. Основная идея свайного фундамента – передача нагрузки от сооружения на более глубокие, прочные слои грунта, минуя слабые поверхностные слои. Это делает их исключительно эффективными при строительстве на слабых, водонасыщенных, пучинистых грунтах, на торфяниках, в условиях вечной мерзлоты, а также при необходимости передачи очень больших нагрузок, например, от высотных зданий или промышленных сооружений. Классификация свай обширна. По материалу они бывают железобетонные, бетонные, стальные и деревянные. По способу погружения в грунт различают забивные сваи, которые погружаются с помощью молотов или вибропогружателей, и набивные, которые изготавливаются непосредственно в грунте путем бурения скважин с последующим их заполнением бетоном. По характеру работы в грунте выделяют сваи-стойки, которые передают нагрузку на прочный грунт, залегающий под слабым, и висячие сваи, которые передают нагрузку за счет трения своей боковой поверхности о грунт. Ростверк, объединяющий головы свай, может быть высоким, когда он расположен значительно выше поверхности земли, и низким, когда он заглублен в грунт. Выбор типа свай, способа их погружения и конструкции ростверка является сложной инженерной задачей, требующей тщательного анализа грунтовых условий и расчетов. В современном строительстве

Беларуси свайные фундаменты находят широкое применение, особенно в крупных городах, где ведется активное строительство на ранее неосвоенных территориях со сложными грунтами (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Основные виды фундаментов

Выбор конкретного вида фундамента является результатом комплексного технико-экономического сравнения вариантов на основе данных инженерно-геологических изысканий, расчета нагрузок от здания и анализа условий строительства. Не существует универсального лучшего типа фундамента. Ленточные фундаменты оптимальны для зданий с плотной сеткой стен на грунтах средней несущей способности. Столчатые – для каркасных зданий на прочных грунтах. Сплошные плиты спасают положение на слабых и неравномерно сжимаемых основаниях. Свайные фундаменты открывают возможность строительства там, где другие типы неприменимы.

3.3. Материал фундаментов и глубина их заложения

Выбор материала диктуется целым рядом факторов, среди которых можно выделить: величину передаваемой нагрузки, тип грунтов осно-

вания, уровень грунтовых вод, доступность материалов в регионе и, конечно, экономическую эффективность. Основными материалами для устройства фундаментов в современном строительстве Беларуси являются бетон, железобетон, бутовый камень, кирпич и, реже, специальные виды бетона. Каждый из них обладает своими достоинствами, ограничениями и областями применения.

Бетон и, особенно, железобетон являются безусловными лидерами в массовом строительстве. Монолитные железобетонные фундаменты, выполняемые непосредственно на строительной площадке, обладают огромным преимуществом: они могут быть любой формы и размера, что идеально подходит для сложных геологических условий или нестандартных архитектурных решений. Бетон прекрасно работает на сжатие, а стальная арматура, заложенная в него, воспринимает растягивающие усилия, которые неизбежно возникают в фундаментных балках, плитах или при неравномерных осадках основания.

Для фундаментов используется бетон классов не ниже В15-В25, с обязательным учетом условий эксплуатации. В агрессивных грунтовых водах применяют бетоны на специальных цементах, например, сульфатостойких, а также повышают плотность бетона для снижения его водопроницаемости. Сборные железобетонные фундаменты, состоящие из блоков-подушек и стеновых блоков, широко используются в массовом жилищном и промышленном строительстве благодаря высокой скорости монтажа и заводскому качеству изделий. Однако они требуют применения грузоподъемной техники и менее гибки в адаптации к конкретным условиям площадки.

Бутовый камень, представляющий собой крупные куски прочных горных пород (известняка, песчаника, гранита), исторически был одним из основных материалов для фундаментов. Бутобетонные фундаменты, где камень утапливается в бетонную смесь, до сих пор применяются в районах, где этот материал является местным и доступным. Они достаточно долговечны и экономичны при небольших объемах работ, но их возведение является весьма трудоемким процессом, требующим высокой квалификации каменщиков. Кроме того, такие фундаменты не рекомендуется применять на насыпных и слабых грунтах, а также при высоком уровне грунтовых вод (рис. 3.3).

Кирпич для фундаментов используется сегодня крайне редко и только в сухих грунтах. Для этой цели применяется исключительно хорошо обожженный полнотелый глиняный кирпич пластического прессования (железняк) высокой марки по прочности и морозостойко-

сти. Силикатный кирпич для фундаментов категорически не подходит из-за его низкой влагостойкости. Кирпичные фундаменты требуют тщательной гидроизоляции и, ввиду малой механической прочности и долговечности по сравнению с бетоном, допустимы лишь для легких построек, таких как одноэтажные садовые домики или хозяйственные сооружения.

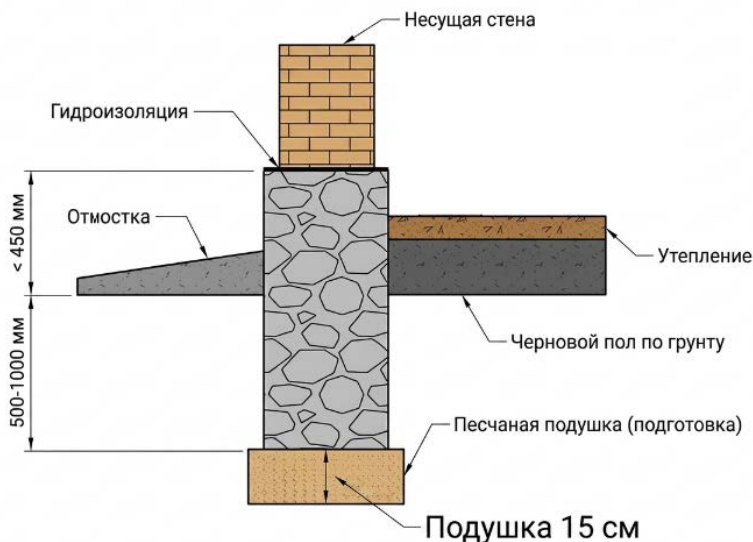


Рис. 3.3. Бутобетонный фундамент в разрезе

Вторым фундаментальным вопросом является глубина заложения фундамента. Это расстояние от спланированной поверхности земли до подошвы фундамента, то есть до его нижней плоскости, опирающейся на грунт. Определение этой величины – критически важный этап проектирования, и оно никогда не бывает произвольным.

Глубина заложения зависит от трех основных групп факторов: инженерно-геологических условий строительной площадки, климатических воздействий и конструктивных особенностей самого здания или сооружения.

Первая и самая важная группа факторов – это свойства грунтов. Фундамент должен опираться на надежный, обладающий достаточной несущей способностью грунт. Как правило, стараются заложить по-

дошву фундамента на слои плотных естественных грунтов, таких как песок средней крупности, гравелистый песок или глина твердой консистенции. Если под верхним растительным или слабым слоем (например, торфом, илом, насыпным грунтом) залегает прочный грунт, фундамент заглубляют до него, полностью прорезая слабую толщу. Минимальная глубина заложения даже в самых прочных грунтах обычно принимается не менее 0,5 метра от поверхности планировки, чтобы исключить влияние растительного слоя и случайных поверхностных воздействий.

Климатический фактор, имеющий первостепенное значение для Беларуси и всего региона с холодными зимами, – это глубина промерзания грунта. Грунты, насыщенные влагой, при замерзании увеличиваются в объеме (вспучиваются), что может вызвать неравномерный подъем фундамента, а затем его осадку при оттаивании. Эти циклические движения разрушительны для конструкции. Поэтому для пучинистых грунтов (глины, суглинки, супеси) глубину заложения фундаментов наружных стен принимают не менее расчетной глубины промерзания для данной местности.

Например, для Минска нормативная глубина промерзания составляет около 1,0 метра для глинистых грунтов. Однако это не абсолютное правило. Если фундамент опирается на непучинистые грунты (крупные и средние пески, гравелистые грунты), которые не задерживают воду, его можно закладывать выше глубины промерзания, так как в таких грунтах морозное пучение практически не возникает. Кроме того, на глубину промерзания влияет режим эксплуатации здания. Под отапливаемыми зданиями с постоянным тепловыделением грунт промерзает меньше, и это учитывается введением понижающих коэффициентов к нормативной глубине.

Третья группа факторов связана с особенностями самого объекта. Наличие подвала или технического подполья автоматически задает глубину заложения фундаментов, которая должна быть как минимум на 0,5 метра ниже пола подвала для обеспечения устойчивости стен и возможности устройства гидроизоляции. Конструктивные особенности, такие как соседство с существующими фундаментами, также накладывают ограничения: новые фундаменты должны закладываться на таком уровне, чтобы не вызвать неравномерную осадку или повреждение соседних сооружений. Значительное влияние оказывают и нагрузки от здания. Для тяжелых многоэтажных зданий часто оказывается необходимым заглубить фундамент значительно ниже глубины

промерзания, чтобы передать давление на более глубокие и прочные слои грунта. Для легких каркасных или деревянных домов, напротив, иногда применяют мелкозаглубленные или даже незаглубленные фундаменты (плиты, ленты), но их расчет и устройство требуют особого подхода, включающего мероприятия по борьбе с морозным пучением, такие как утепление грунта, замена пучинистого грунта на непучинистый или устройство дренажа для отвода воды.

4. СТЕНЫ И ПЕРЕГОРОДКИ

4.1. Классификация стен и требования к ним

Стены являются одним из основных, наиболее массовых и дорогостоящих конструктивных элементов здания. Они выполняют целый комплекс функций, от которых напрямую зависят эксплуатационные качества, долговечность и экономичность постройки. В предыдущих главах мы рассмотрели общие принципы формирования зданий, их конструктивные схемы и взаимодействие с основанием через фундаменты. Теперь необходимо детально изучить сами ограждающие и несущие вертикальные конструкции. Важнейшим принципом для понимания работы стен в общей системе здания является их классификация по статической работе, то есть по тому, как они воспринимают и передают нагрузки. Именно этот аспект определяет их конструкцию, материал, способ возведения и связи с другими элементами.

По статической работе стены подразделяются на три основных типа: несущие, самонесущие и навесные. Это разделение является фундаментальным и напрямую вытекает из рассмотренных ранее конструктивных схем зданий – стеновой, каркасной и комбинированной.

Несущие стены, как следует из названия, воспринимают и передают на фундаменты нагрузку не только от собственного веса, но и от других конструкций здания. К таким конструкциям относятся междуэтажные перекрытия, крыша, лестницы, балконы, а также временные нагрузки – вес людей, мебели, оборудования. В здании с несущими стенами именно они формируют его пространственный каркас, обеспечивая жесткость и устойчивость всей постройки. Такие стены являются неотъемлемой частью стеновой конструктивной схемы. Их толщина и прочность рассчитываются, исходя из суммарной нагрузки, этажности здания, свойств материала. Как правило, несущие стены располагаются по периметру здания и внутри него, образуя попереч-

ные и продольные диафрагмы жесткости. Важно понимать, что в несущей стене практически любое значительное отверстие, например для окна или двери, требует устройства специальных поддерживающих элементов – перемычек, которые берут на себя нагрузку от вышележащей кладки или конструкции. Планировка помещений в зданиях с несущими стенами часто оказывается менее гибкой, так как эти стены нельзя произвольно перемещать или устранять, они являются диктующим фактором для архитектурно-планировочного решения (рис. 4.1).

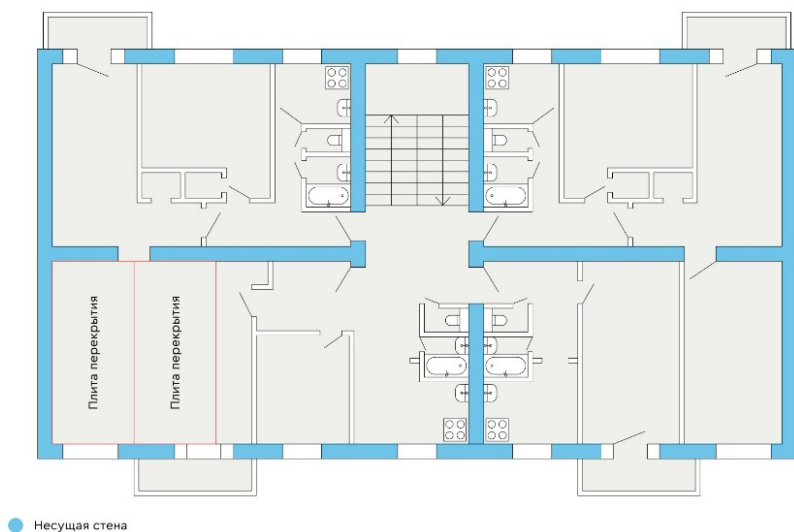


Рис. 4.1. В кирпичных домах часто несущие стены это внешние и между квартирами или лестницей, а все что внутри это перегородки

Самонесущие стены отличаются от несущих тем, что они несут нагрузку только от собственного веса по всей своей высоте и передают ее на фундамент или другие несущие конструкции, например на фундаментные балки. Они не воспринимают нагрузку от перекрытий или крыши, которые опираются на самостоятельные несущие элементы – колонны, столбы или внутренние несущие стены. Самонесущая стена, таким образом, является ограждающей, а не несущей конструкцией. Часто такие стены применяются в зданиях с неполным каркасом или в многоэтажных зданиях, где нижние этажи решены по каркасной схеме

для размещения больших помещений, а верхние – по стеновой. Само-несущая стена может быть высотой в несколько этажей, но каждый ее вышележащий ярус опирается на нижележащий через специальные опорные элементы, чтобы не создавать чрезмерной нагрузки на перекрытия. Ее толщина определяется в первую очередь требованиями теплотехники, устойчивости под собственным весом и противодействия ветровым нагрузкам, а не нагрузками от перекрытий.

Навесные стены, которые также часто называют ненесущими, представляют собой ограждающие конструкции, которые навешиваются, или крепятся, к несущим элементам здания – колоннам, ригелям, перекрытиям каркаса. Они воспринимают нагрузку только от собственного веса в пределах одного этажа и передают ее на несущий каркас. Навесные стены являются типичным элементом полного каркаса. Их главное преимущество – легкость и возможность использования эффективных современных материалов, таких как легкие многослойные панели с утеплителем, стеклопакеты в алюминиевых или пластиковых профилях, листовые материалы. Поскольку они не несут нагрузок от здания, их основная функция – ограждение и теплозащита. Это позволяет делать их тоньше и легче, что снижает нагрузку на фундамент и каркас. Монтаж навесных стен часто осуществляется снаружи готового каркаса, что ускоряет строительство. Конструктивно они состоят из отдельных панелей или элементов, стыки между которыми должны быть тщательно загерметизированы от продувания и влаги. Важным аспектом является обеспечение компенсации температурных деформаций как самого каркаса, так и навесного ограждения.

Помимо классификации по статической работе, к стенам предъявляется комплекс общих требований, которые должны учитываться при проектировании и возведении независимо от их типа. Эти требования взаимосвязаны и зачастую противоречивы, поэтому задача проектировщика – найти оптимальный баланс.

Первое и одно из важнейших требований – прочность и устойчивость. Стена должна надежно сопротивляться всем действующим на нее нагрузкам и воздействиям, не разрушаясь и не получая недопустимых деформаций. Для несущих стен это, в первую очередь, вертикальные нагрузки от вышележащих конструкций. Для всех типов стен – устойчивость к горизонтальным воздействиям, таким как ветер, а в сейсмических районах – землетрясения. Устойчивость обеспечивается правильным конструктивным решением, расчетной толщиной, нали-

чием связей с другими элементами здания, например, с перекрытиями, которые часто выполняют роль горизонтальных диафрагм жесткости.

Второе ключевое требование – долговечность. Стена должна сохранять свои эксплуатационные качества в течение заданного срока службы здания, сопротивляясь атмосферным воздействиям, влаге, перепадам температур, химическим и биологическим воздействиям. Долговечность материала стены должна соответствовать классу долговечности всего здания. Например, кирпичная или бетонная стена обладает высокой долговечностью, в то время как деревянная требует дополнительных мер защиты.

Третье требование, особенно актуальное для климатических условий Беларуси, – теплотехнические качества. Наружные стены являются основным барьером между внутренним комфортным климатом и внешней средой. Они должны обладать достаточным сопротивлением теплопередаче, чтобы минимизировать потери тепла зимой и обеспечить прохладу летом, предотвращая образование конденсата и плесени на внутренних поверхностях. Это достигается как применением материалов с низкой теплопроводностью, так и устройством эффективных многослойных конструкций с утеплителем. Современные нормы по тепловой защите зданий достаточно строги, и их выполнение является обязательным.

Четвертое требование – звукоизоляция. Стены, особенно внутренние, должны обеспечивать необходимую изоляцию от воздушного и ударного шума между помещениями. Звукоизоляционные свойства зависят от массы материала, его упругости, а также от конструкции стены – наличие воздушных прослоек, слоев звукопоглощающих материалов, развязки конструкций.

Пятое требование – огнестойкость. Стены должны препятствовать распространению пожара, соответствуя установленным классам пожарной опасности и пределам огнестойкости. Это определяет выбор материалов и конструктивных решений. Несущие стены, как правило, должны иметь более высокий предел огнестойкости, чем ненесущие.

Шестое требование – экономичность. Стена должна быть технологичной в возведении, требовать разумных затрат труда и материалов, обладать оптимальной материалоемкостью. Важно учитывать не только первоначальную стоимость, но и эксплуатационные расходы на отопление и ремонт. Использование местных строительных материалов, как это часто практикуется в Беларуси, способствует снижению стоимости.

Седьмое требование – архитектурно-художественная выразительность. Стены формируют облик здания. Их текстура, цвет, ритм проемов, пластика поверхности играют огромную роль в восприятии архитектуры. Это требование реализуется через выбор материала отделки, способа кладки, формования и других приемов.

Выбор типа стены напрямую влияет на архитектурную планировку, технологию строительства, стоимость и эксплуатационные характеристики объекта. Все предъявляемые к стенам требования – прочность, долговечность, теплозащита, звукоизоляция, огнестойкость, экономичность и эстетика – должны рассматриваться в комплексе, с учетом конкретных условий строительства и назначения здания.

4.2. Стены из мелкоштучных материалов

Данный тип стеновых конструкций, несмотря на появление современных технологий, остается широко распространенным в строительной практике Республики Беларусь благодаря своей надежности, долговечности и хорошим эксплуатационным характеристикам. К мелкоштучным материалам традиционно относят кирпич, различные виды мелких блоков и природный камень. Их объединяет ручной или частично механизированный способ укладки на строительном растворе, что формирует особые требования к проектированию и возведению таких стен.

Кирпичные стены представляют собой классический вариант каменной кладки. В современном строительстве применяется несколько основных видов кирпича. Керамический кирпич, изготавливаемый из обожженной глины, подразделяется на рядовой (строительный) и лицевой (облицовочный). Рядовой кирпич предназначен для внутренних слоев кладки и впоследствии часто защищается штукатуркой или облицовкой, тогда как лицевой кирпич имеет высокое качество лицевых поверхностей и используется для фасадного слоя. Силикатный кирпич, состоящий из извести и песка, отличается повышенной плотностью и хорошими звукоизоляционными свойствами, но имеет меньшую, по сравнению с керамическим, водо- и морозостойкость, что ограничивает его применение в конструкциях с повышенной влажностью. Также существуют эффективные виды кирпича, такие как пустотелый и поризованный. Пустотелый кирпич содержит в своем теле сквозные или замкнутые пустоты, что снижает его теплопроводность и массу, позволяя возводить более легкие и теплые стены. Поризованный кирпич,

кроме пустот, имеет пористую структуру самого черепка, что еще больше повышает его теплотехнические качества.

Кладка из кирпича ведется с обязательной перевязкой швов, то есть со смещением вертикальных швов в соседних рядах. Это необходимо для равномерного распределения нагрузки и обеспечения монолитности всей конструкции. Существуют различные системы перевязки, например, однорядная (цепная) и многорядная. Толщина кирпичной стены в проекте назначается кратной половине или целому кирпичу (120, 250, 380, 510 миллиметров и так далее). Для обеспечения требуемого сопротивления теплопередаче в условиях белорусского климата сплошная кирпичная стена из полнотелого кирпича должна иметь значительную толщину, что экономически и конструктивно не всегда целесообразно. Поэтому часто применяются облегченные или слоистые конструкции. К облегченным кладкам относят, например, колодцевую кладку, где создаются замкнутые вертикальные колодцы, заполняемые эффективным утеплителем – минераловатными плитами, пенополистиролом или легким бетоном. Другой вариант – кладка с облицовкой утеплителем и тонким лицевым слоем. Также широко распространены трехслойные стены, состоящие из внутреннего несущего слоя (из полнотелого или пустотелого кирпича), среднего слоя эффективного утеплителя и наружного лицевого слоя (из облицовочного кирпича или мелких блоков). Между утеплителем и облицовкой обязательно оставляется вентилируемый воздушный зазор для удаления влаги, а слои соединяются между собой гибкими связями из коррозионно-стойких материалов.

Следующая большая группа – это стены из мелких блоков. К ним относят блоки из легких и ячеистых бетонов, керамические и гипсовые блоки. Блоки, как правило, имеют размеры, значительно превышающие размеры кирпича, что позволяет ускорить процесс кладки и сократить расход раствора. Блоки из легких бетонов изготавливаются на основе цемента с легкими заполнителями – керамзитом, шлаком, аглопоритом. Они обладают хорошей несущей способностью и улучшенными, по сравнению с тяжелым бетоном, теплоизоляционными свойствами. Особое место занимают блоки из автоклавного ячеистого бетона – газобетона и пенобетона. Это высокоэффективный материал с низкой плотностью и низкой теплопроводностью. Стены из таких блоков возводятся быстро, они легко обрабатываются (пилятся, шпательуются), но требуют обязательной защиты от атмосферной влаги, так как ячеистые бетоны обладают высокой паропроницаемостью и гигроско-

пичностью. Фасады таких зданий обычно штукатурят паропроницаемыми составами или облицовывают с вентилируемым зазором.

Керамические блоки, часто называемые поризованной керамикой, – это современный материал, сочетающий достоинства кирпича и легких бетонов. Они имеют крупный формат, высокую пустотность и часто рифленую боковую поверхность, что позволяет вести кладку на специальном клеевом растворе без вертикальных швов. Такие стены отличаются высокой несущей способностью, хорошей тепло- и звукоизоляцией. Гипсовые пазогребневые плиты, хотя и не являются традиционным стеновым материалом, широко применяются для устройства межкомнатных перегородок. Они монтируются быстро и сухим способом, обеспечивая ровную поверхность, готовую под отделку.

Третья категория – это стены из природного камня. В Беларуси данный материал применяется в основном в виде пиленых блоков из известняка, доломита или песчаника для облицовки или, реже, для кладки несущих стен в местностях, где это сырье является местным. Кладка из рваного (необработанного) бута сегодня используется преимущественно в декоративных целях или в ландшафтном строительстве. Каменные стены очень долговечны и массивны, но требуют высокой квалификации каменщиков и, как правило, нуждаются в дополнительном утеплении для соответствия современным теплотехническим нормам.

Независимо от вида мелкоштучного материала, все каменные кладки имеют общие конструктивные элементы и требования. Важнейшим элементом являются горизонтальные и вертикальные армированные пояса. Армопояса, обычно выполняемые из монолитного железобетона, устраиваются в уровне перекрытий и под покрытием кровли. Они воспринимают распорные нагрузки от стропильных систем, равномерно распределяют нагрузку от вышележащих конструкций, а также повышают пространственную жесткость здания в целом. В кладке также применяется армирование сетками или отдельными стержнями. Чаще всего армируются горизонтальные швы в местах концентрации напряжений – под оконными проемами, в простенках, в нижних рядах кладки высоких стен. Для оконных и дверных проемов обязательным элементом являются перемычки – конструкции, перекрывающие проем и несущие нагрузку от вышележащей стены. Перемычки могут быть сборными железобетонными (наиболее распространенный вариант), монолитными железобетонными, изготовленными непосредственно на объекте, или клинчатыми (арочными) из кирпича или камня, выполняющими декоративную функцию (рис. 4.2).

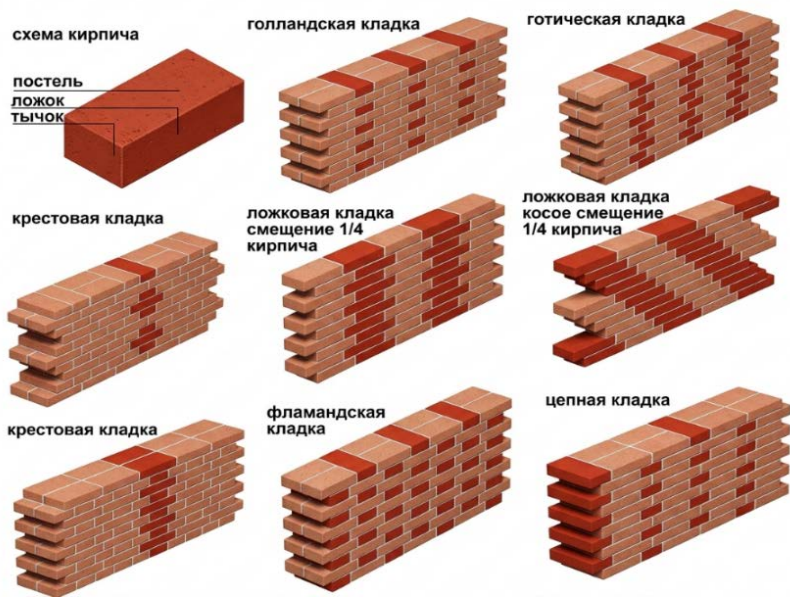


Рис. 4.2. Виды кирпичной кладки

Отдельного внимания заслуживают вопросы долговечности и защиты стен из мелкоштучных материалов. Главными врагами такой кладки являются вода и мороз. Поэтому критически важны мероприятия по отводу воды от здания – устройство правильно спроектированных карнизов, водосточных систем, отмостки вокруг фундамента. Кладка, особенно из пористых материалов, нуждается в надежной гидроизоляции в местах контакта с фундаментом. Для защиты фасадов от атмосферной влаги применяются штукатурные составы, облицовочные материалы или гидрофобизирующие (водоотталкивающие) пропитки. Также при проектировании необходимо учитывать деформационные швы – температурные и осадочные, которые разрезают кладку на отдельные блоки и предотвращают образование трещин от температурных расширений или неравномерных осадок фундамента.

В заключение следует отметить, что выбор типа мелкоштучного материала и конструкции стены определяется комплексом факторов: назначением и этажностью здания, климатическими условиями, эко-

номической целесообразностью, наличием местных материалов, требованиями к архитектурному облику.

Грамотное проектирование и качественное исполнение кладки с учетом всех описанных принципов и деталей обеспечивают возведение надежных, долговечных и энергоэффективных стен, составляющих основу многих зданий и сооружений в нашей стране.

4.3. Стены из крупноразмерных элементов

Развитие индустриального строительства привело к широкому внедрению стен из крупноразмерных элементов, которые позволяют значительно повысить скорость возведения зданий, сократить затраты ручного труда и улучшить качество строительных работ. К таким конструкциям относятся, прежде всего, крупнопанельные и монолитные стены. Их применение характерно для массового жилищного, а также для многих видов общественных и промышленных зданий.

Крупнопанельные стены представляют собой конструкции, собираемые из крупноразмерных плоскостных элементов – панелей, изготавливаемых, как правило, на специализированных заводах. Основным преимуществом такой системы является высокая степень заводской готовности. На предприятии в панель могут быть установлены оконные и дверные блоки, выполнены наружная и внутренняя отделки, смонтированы необходимые закладные детали для стыков и анкеровки. Это превращает монтаж здания на строительной площадке, по сути, в сборку готовых объемных элементов, что кардинально меняет организацию строительного процесса.

По своему назначению панели наружных стен подразделяются на несколько видов. Несущие панели воспринимают нагрузку от перекрытий, крыши и других конструкций, а также от собственного веса и передают ее на фундамент. Самонесущие панели опираются на нижележащие конструкции здания, например, на фундамент или ригели каркаса, и несут нагрузку только в пределах своего этажа, не принимая нагрузку от перекрытий. Навесные панели являются чисто ограждающими элементами, они навешиваются на несущие конструкции каркаса здания и несут нагрузку только от собственного веса и ветра. Выбор типа панели определяется общей конструктивной схемой здания – панели применяются как в бескаркасных зданиях с продольными или поперечными несущими стенами, так и в каркасно-панельных.

Конструкция наружных стеновых панелей может быть однослойной, двухслойной или трехслойной. Однослойные панели изготавливаются из материалов с достаточно низкой теплопроводностью, которые одновременно выполняют и несущую, и теплоизоляционную функции. Классическим примером служат панели из легких или ячеистых бетонов – керамзитобетона, газобетона, пенобетона. Внешняя поверхность такой панели обычно имеет защитно-декоративный слой, например, из атмосферостойкого бетона или керамической плитки, а внутренняя – подготовку под отделку.

Двухслойные панели состоят из несущего слоя, выполняемого из тяжелого или конструктивного легкого бетона, и слоя эффективного утеплителя, расположенного с наружной стороны. Несущий слой в этом случае обращен внутрь помещения. Утеплитель, чаще всего пенополистирол или минераловатные плиты, крепится к несущему слою с помощью гибких связей. С внешней стороны теплоизоляционный слой защищается тонким декоративным слоем бетона или штукатуркой.

Трехслойные панели включают в себя два бетонных слоя – наружный и внутренний, между которыми расположен слой эффективного утеплителя. Все три слоя соединяются между собой гибкими или жесткими связями, часто из коррозионно-стойкой стали или стеклопластика. Наружный слой, толщиной обычно 50–80 миллиметров, выполняет защитно-декоративную функцию, внутренний – несущую. Такие панели обладают высокими теплотехническими характеристиками и долговечностью, но являются более материалоемкими и сложными в производстве.

Одним из критически важных аспектов в крупнопанельном домостроении являются стыки между панелями. Надежность стыков определяет теплотехнические качества ограждения, его воздухо- и водонепроницаемость, а также общую пространственную жесткость здания. Стыки подразделяются на горизонтальные, расположенные между панелями по высоте здания, и вертикальные, между панелями в пределах одного этажа. Конструкция стыка должна обеспечивать компенсацию возможных деформаций здания, температурных и усадочных перемещений. Для герметизации стыков применяются различные уплотнительные материалы и конструктивные решения. Это могут быть упругие прокладки из пенополиуретана или гернита, мастики на основе тиоколов или полиуретана, а также водоизоляционные герметики. Современные решения часто комбинируют несколько слоев защиты: внутренний контур герметизации, утепляющий вкладыш и наружный

атмосферостойкий герметик или нащельник. Особое внимание уделяется угловым и приконным стыкам, как наиболее уязвимым местам для продувания и промерзания.

Монолитные стены представляют собой совершенно иную технологию, при которой стена возводится непосредственно на строительной площадке путем укладки бетонной смеси в заранее установленную опалубку. После твердения бетона формируется бесшовная, монолитная конструкция, обладающая высокой пространственной жесткостью и прочностью. Основными преимуществами монолитного строительства являются свобода в формировании архитектурно-планировочных решений, возможность создания сложных криволинейных форм, отсутствие монтажных стыков, что улучшает тепло- и звукоизоляцию, а также высокая скорость возведения при использовании современных технологий (рис. 4.3).

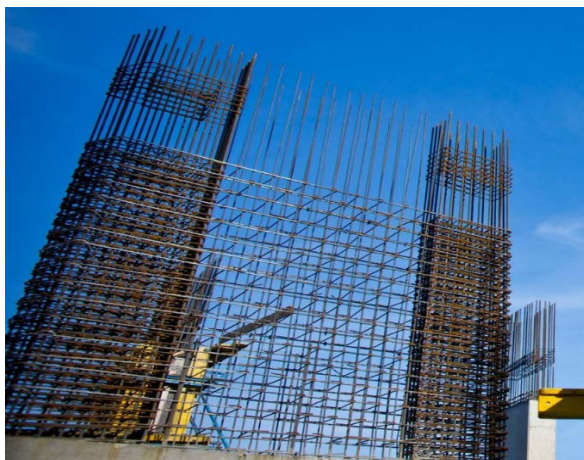


Рис. 4.3. Монолитные конструкции требуют армирования

Технология возведения монолитных стен базируется на применении опалубки – формы, в которую укладывается бетон. Опалубка может быть различной. Несъемная опалубка после бетонирования становится частью конструкции стены, выполняя часто и теплоизоляционную функцию. Она изготавливается из пенополистирольных блоков, арболитовых или стекломгнезитовых плит. Такая опалубка упрощает процесс, так как не требует демонтажа, и сразу формирует утепленную конструкцию. Съемная опалубка, в свою очередь, демонтируется после

набора бетоном необходимой прочности и используется многократно. Она может быть мелкощитовой, крупнощитовой или представлять собой объемно-переставную систему. Наиболее прогрессивной является туннельная или скользящая опалубка, которая позволяет непрерывно бетонировать стены значительной высоты. Бетонная смесь для монолитных стен, как правило, готовится на месте или доставляется с бетонного узла. Для обеспечения требуемых теплотехнических характеристик наружных монолитных стен применяются два основных подхода. Первый – использование легких бетонов на пористых заполнителях, таких как керамзитобетон или перлитобетон. Второй, более распространенный, – возведение стены из тяжелого конструкционного бетона с последующим утеплением снаружи по технологии вентилируемого или штукатурного фасада. Это позволяет вынести точку росы из тела стены в слой утеплителя, предотвращая ее отсыревание и промерзание.

При сравнении крупнопанельных и монолитных стен можно выделить их ключевые различия. Панельное строительство в большей степени зависит от развитой инфраструктуры заводов-изготовителей и транспортной логистики, но обеспечивает высочайшие темпы монтажа и стабильное качество элементов. Монолитное строительство более мобильно, требует развитой организации работ на площадке, но дает архитекторам и проектировщикам неограниченную свободу для творчества. Важным современным трендом является комбинирование этих технологий, например, применение монолитного каркаса или ядра жесткости с наружными ограждениями из навесных сэндвич-панелей.

К любым стенам из крупноразмерных элементов предъявляется комплекс требований, которые должны быть учтены при проектировании и возведении. Это, во-первых, требования прочности и устойчивости, обеспечивающие способность воспринимать все действующие нагрузки. Во-вторых, требования долговечности, определяемые стойкостью материалов к атмосферным воздействиям, циклам замораживания-оттаивания и коррозии. В-третьих, теплотехнические требования, направленные на обеспечение нормативного сопротивления теплопередаче для сохранения тепла в помещениях и предотвращения выпадения конденсата. В-четвертых, требования звукоизоляции, особенно актуальные для межквартирных и внутренних стен. В-пятых, требования пожарной безопасности, регламентирующие предел огнестойкости конструкций и группы горючести применяемых материалов, особенно утеплителей. И наконец, архитектурно-эстетические требования, которые в современных условиях выходят на первый план, диктуя необходимость создания разнообразных и выразительных фасадов даже при использовании индустриальных методов строительства.

Таким образом, стены из крупноразмерных элементов, будь то сборные панели или монолитный бетон, являются основой современного индустриального строительства. Их грамотное проектирование с учетом всех физико-технических и эксплуатационных требований, а также качественное выполнение работ, особенно в узлах сопряжений и стыках, являются залогом долговечности, комфортности и экономической эффективности возводимых зданий и сооружений. Понимание принципов устройства этих конструкций необходимо для будущего специалиста, работающего в условиях постоянно развивающихся строительных технологий.

4.4. Многослойные стены и теплоизоляция ограждающих конструкций

Современные требования к энергоэффективности зданий, а также необходимость обеспечения комфортных условий проживания и работы привели к широкому распространению многослойных стеновых конструкций. В отличие от однородных стен, выполненных из одного материала, многослойные стены представляют собой комплексную систему, где каждый слой выполняет свою строго определенную функцию. Основная идея такой конструкции заключается в рациональном использовании свойств разных материалов: несущую способность обеспечивает прочный и долговечный материал, а требуемое сопротивление теплопередаче достигается за счет включения в конструкцию эффективного теплоизоляционного слоя. Это позволяет значительно уменьшить толщину и массу наружных ограждений по сравнению с однослойными стенами из традиционных материалов, таких как кирпич или керамзитобетон, что в итоге ведет к экономии материалов, снижению нагрузки на фундаменты и увеличению полезной площади зданий.

Теплотехнические требования к ограждающим конструкциям, в том числе к наружным стенам, в Республике Беларусь регламентируются техническими нормативными правовыми актами. Основным нормируемым показателем является приведенное сопротивление теплопередаче.

Для климатических условий Беларуси требуемое сопротивление теплопередаче для стен жилых и общественных зданий является достаточно высоким, что делает применение эффективной теплоизоляции не просто желательным, а обязательным конструктивным решением.

Конструктивное решение многослойной стены предполагает наличие трех основных функциональных слоев. Во-первых, это несущий

слой, воспринимающий все нагрузки от вышележащих конструкций, собственного веса и внешних воздействий. Он выполняется из прочных материалов: тяжелого или легкого бетона, кирпича, керамических или бетонных блоков. Во-вторых, это слой теплоизоляции, основной задачей которого является обеспечение нормируемого сопротивления теплопередаче. И, в-третьих, это наружный защитно-декоративный слой, который предохраняет утеплитель и несущую конструкцию от атмосферных воздействий (дождя, ветра, солнечной радиации, перепадов температур) и придает зданию архитектурную выразительность. Расположение этих слоев в конструкции не является случайным и подчиняется важному теплотехническому правилу: паропроницаемость материалов в направлении изнутри наружу должна возрастать. Это означает, что каждый последующий слой (считая от внутренней поверхности к внешней) должен пропускать водяной пар легче, чем предыдущий. Такое расположение позволяет водяным парам, которые всегда присутствуют в воздухе помещений, беспрепятственно выходить из конструкции наружу, не накапливаясь в виде конденсата внутри стены, что могло бы привести к увлажнению утеплителя и несущего слоя, снижению их теплотехнических и прочностных характеристик, а в долгосрочной перспективе – к разрушению конструкции (рис. 4.4).

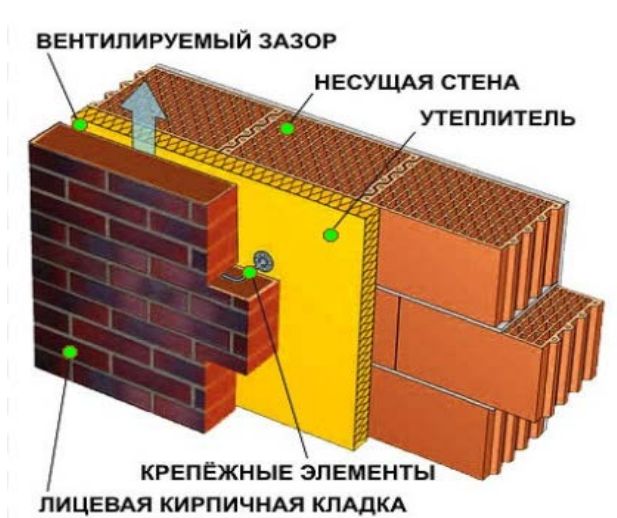


Рис. 4.4. Многослойная стена с вентилируемым зазором

Выбор теплоизоляционного материала является ключевым моментом при проектировании многослойных стен. К основным материалам, применяемым в гражданском строительстве Беларуси, относятся минераловатные плиты на основе базальта или стекловолокна, плиты из экструдированного пенополистирола (ЭППС), пенополистирольные плиты (ППС, часто называемые пенопластом), а также плиты из пенополиуретана. Каждый из этих материалов имеет свои преимущества и области рационального применения. Минераловатные плиты отличаются негорючестью, высокой паропроницаемостью и хорошими звукоизоляционными свойствами. Плиты из экструдированного пенополистирола обладают очень низким коэффициентом теплопроводности, высокой прочностью на сжатие и практически нулевым водопоглощением, что делает их особенно эффективными в цокольных частях зданий и в системах с мокрым фасадом. Обычный пенополистирол (пенопласт) является экономичным вариантом, но имеет меньшую прочность и более высокое водопоглощение. При выборе утеплителя необходимо учитывать не только его теплопроводность, но и такие характеристики, как плотность, прочность на отрыв слоев, горючесть, паропроницаемость и долговечность.

Существует несколько принципиальных конструктивных схем расположения теплоизоляционного слоя в многослойной стене: с наружным, внутренним размещением утеплителя и размещением утеплителя внутри конструкции (слоистая кладка). Наиболее эффективной и рекомендованной с теплотехнической и эксплуатационной точек зрения является схема с наружным расположением утеплителя. В этом случае несущая часть стены находится в зоне положительных температур, защищена от резких перепадов, что повышает ее долговечность. Тепловая инерция массивной внутренней части стены способствует выравниванию температурного режима в помещении. Кроме того, наружное утепление позволяет ликвидировать так называемые «мостики холода» – участки с повышенной теплопроводностью, которые часто возникают в местах опирания плит перекрытий, в железобетонных поясах и перемычках. Размещение утеплителя изнутри помещения считается наименее благоприятным решением, так как при этом несущая стена оказывается в зоне отрицательных температур, что может привести к ее промерзанию, накоплению конденсата на границе утеплителя и стены, и, как следствие, к сырости и плесени. Внутреннее утепление оправдано лишь в исключительных случаях, например, при реконструкции зданий, имеющих исторический фасад, который нельзя изменять.

Система наружного утепления с тонким штукатурным слоем, часто называемая «мокрым фасадом», является одной из самых распространенных. В этой системе плиты утеплителя (чаще всего минераловатные или из пенополистирола) крепятся к подготовленной поверхности несущей стены с помощью клеевого состава и дополнительно фиксируются тарельчатыми дюбелями. Затем по утеплителю наносится армирующий слой из щелочестойкой стеклосетки, утопленной в специальный клеевой состав. Этот слой создает основу для нанесения финишного декоративно-защитного штукатурного слоя, который может быть гладким, фактурным или окрашенным. Важным элементом такой системы является наличие стартового (цокольного) профиля внизу и противопожарных рассечек из негорючего минераловатного утеплителя вокруг оконных и дверных проемов.

Другой широко применяемой конструкцией является навесной вентилируемый фасад. В этой системе утеплитель (как правило, минераловатные плиты) крепится к стене механическим способом, а снаружи на некотором расстоянии от него монтируется защитно-декоративная облицовка. Это могут быть керамогранитные плиты, фиброцементные панели, металлические кассеты, планкен или другие материалы. Ключевой особенностью вентилируемого фасада является наличие воздушного зазора между утеплителем и облицовкой. Этот зазор открыт внизу и сверху, что создает постоянную тягу воздуха снизу вверх. Воздушный поток удаляет возможную влагу, которая может проникнуть в утеплитель изнутри в виде пара или снаружи через неплотности облицовки, тем самым поддерживая теплоизоляционный материал в сухом состоянии и сохраняя его свойства. Такие фасады отличаются высокой долговечностью, ремонтопригодностью и разнообразием архитектурных решений.

Третий вариант – это стены с слоистой кладкой, где утеплитель располагается между внутренним несущим слоем (из кирпича, блоков) и наружным лицевым слоем кирпичной кладки. Слои соединяются между собой гибкими связями из стекло- или базальтопластика, которые обладают низкой теплопроводностью и предотвращают образование мостиков холода. В такой конструкции также может предусматриваться воздушный вентилируемый зазор. Это капитальное и долговечное решение, но оно требует высокой квалификации каменщиков и тщательного выполнения работ.

Расчет толщины теплоизоляционного слоя является обязательной частью проектирования. Он выполняется исходя из условия, что фактическое приведенное сопротивление теплопередаче конструкции

$R_{0ф}$ должно быть не менее нормируемого значения. Расчет ведется с учетом коэффициентов теплопроводности всех материалов слоев, взятых для условий эксплуатации, а также коэффициентов теплоотдачи на внутренней и внешней поверхностях стены. Особое внимание уделяется учету теплотехнической неоднородности конструкции, вызванной наличием связей, перемычек, ребер жесткости, которые снижают общее сопротивление теплопередаче. Правильно выполненный расчет позволяет не только обеспечить выполнение нормативов, но и достичь экономически оптимального решения, избегая как недостаточного, так и избыточного утепления.

Качество монтажа многослойных стен, особенно систем утепления, напрямую влияет на их долговечность и эффективность. Критически важными являются подготовка основания, правильное нанесение клея, перевязка плит утеплителя, надежное механическое крепление, сплошное армирование и защита штукатурных слоев. Нарушение технологии на любом этапе может свести на нет все преимущества многослойной конструкции.

4.5. Перегородки: виды и основные требования к ним

В отличие от капитальных стен, которые являются несущими или самонесущими элементами и рассмотрены в предыдущих разделах, перегородки служат исключительно для разделения внутреннего пространства здания на отдельные помещения в пределах одного этажа. Их важнейшая характеристика – это возможность относительно свободной перепланировки без угрозы для устойчивости всего здания, что делает их ключевым элементом в формировании гибкой планировочной структуры, особенно в гражданском строительстве.

Основное функциональное назначение перегородок заключается в зонировании пространства. Они создают комнаты, кабинеты, подсобные помещения, обеспечивая необходимую звукоизоляцию, приватность и организацию бытовых и рабочих процессов. Таким образом, перегородки напрямую влияют на комфорт и эксплуатационные качества здания. К ним предъявляется комплекс требований, которые необходимо учитывать при проектировании и возведении. Во-первых, это требование прочности и устойчивости. Хотя перегородки и не несут значительных вертикальных нагрузок, они должны обладать достаточной собственной прочностью, чтобы выдерживать воздействия при эксплуатации: случайные удары, вибрации, возможность

опирания на них навесных шкафов, полок или сантехнического оборудования. Устойчивость должна обеспечивать их сопротивление опрокидыванию и сохранение геометрии в процессе службы.

Во-вторых, чрезвычайно важно требование звукоизоляции. Способность перегородки снижать уровень воздушного шума, проходящего из одного помещения в другое, нормируется для помещений разного назначения. Например, перегородка между квартирами или между классной комнатой и коридором должна обладать более высокими звукоизоляционными качествами, чем перегородка между двумя комнатами одной квартиры. Для достижения необходимых показателей применяются материалы с высокой плотностью, многослойные конструкции, а также тщательная герметизация стыков и примыканий к другим конструкциям.

В-третьих, для многих помещений актуально требование огнестойкости. Перегородки должны иметь предел огнестойкости, соответствующий классу функциональной пожарной опасности здания и конкретного помещения. Это определяет выбор материалов: гипсовые, гипсокартонные, керамические и бетонные перегородки, как правило, обладают более высокими показателями огнестойкости по сравнению с деревянными. В особых случаях, например в путях эвакуации, устанавливаются противопожарные перегородки, которые должны сдерживать распространение огня и дыма в течение регламентированного времени.

Кроме того, перегородки должны быть индустриальными, то есть допускать возможность сборки из готовых элементов заводского изготовления с минимальными затратами труда на строительной площадке. Это требование напрямую связано с экономической эффективностью строительства. Также важны требования к отделке: поверхность перегородки должна быть ровной, готовой к нанесению штукатурки, поклейке обоев, облицовке плиткой или другим видам финишной отделки без трудоемких подготовительных операций. Нельзя забывать и о гигиенических требованиях: поверхности должны быть гладкими, не накапливающими пыль, допускающими влажную уборку, а в помещениях с повышенной влажностью – устойчивыми к ее воздействию.

Что касается классификации перегородок, то ее можно провести по нескольким ключевым признакам. По стационарности различают перегородки стационарные, разборные и трансформируемые. Стационарные перегородки возводятся на длительный срок, как правило, из штучных материалов (кирпича, блоков) или монолитных панелей. Раз-

борные конструкции собираются из крупноразмерных панелей или листовых материалов на каркасе и могут быть демонтированы без серьезного разрушения с возможностью последующего монтажа на новом месте. Трансформируемые перегородки (раздвижные, складные) позволяют оперативно изменять конфигурацию пространства.

По материалу перегородки подразделяются на каменные и бетонные, деревянные, из стекла и из современных листовых материалов на каркасной основе. Каменные перегородки, к которым относятся кирпичные, из гипсовых или гипсобетонных плит, из легкобетонных блоков (газобетон, пенобетон), отличаются хорошей звукоизоляцией и прочностью, но обладают значительным весом, что требует учета нагрузки на перекрытие. Кирпичные перегородки толщиной в полкирпича или четверть кирпича часто применяются в санузлах и других влажных помещениях, так как позволяют выполнить надежную облицовку плиткой. Перегородки из гипсовых пазогребневых плит популярны благодаря скорости монтажа, ровной поверхности и хорошим экологическим свойствам (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Виды перегородок по материалу

Деревянные перегородки, выполняемые в виде каркаса, обшитого досками или фанерой, сегодня чаще встречаются в деревянном домостроении или при реконструкции. Их преимущества – легкость и экологичность, недостатки – горючесть, подверженность деформациям при изменении влажности и относительно невысокая звукоизоляция. Стекланные перегородки, изготовленные из закаленного или много-

слоистого стекла (триплекс), обеспечивают визуальную открытость пространства и хорошее естественное освещение, они часто используются в офисных и общественных зданиях.

Наиболее универсальными и широко распространенными в современном строительстве, особенно в гражданских зданиях, являются каркасные перегородки. Их основа – каркас из металлических (оцинкованных стальных) профилей или, реже, деревянных брусков. С обеих сторон каркас обшивается листовыми материалами: гипсокартоном (ГКЛ), гипсоволокнистым листом (ГВЛ), стекломагневыми листами или водостойкими аналогами для влажных помещений. Внутреннее пространство каркаса может заполняться звукоизоляционным материалом – минераловатными или стекловатными плитами, что существенно повышает акустический комфорт. Такие перегородки легкие, быстро монтируются, их поверхность идеально ровна и готова под отделку, а внутри конструкции удобно прокладывать скрытую электропроводку, слаботочные сети и даже трубопроводы небольшого диаметра.

По конструкции перегородки бывают однослойные и многослойные. Однослойные выполняются из однородного материала одинаковой толщины (кирпич, блоки, гипсовые плиты). Многослойные (чаще каркасные) состоят из облицовочных слоев, каркаса и внутреннего заполнителя, что позволяет оптимально комбинировать свойства разных материалов. Особое место занимают перегородки с дверными проемами. При их устройстве необходимо обеспечить усиление конструкции над проемом. В каменных перегородках для этого устраивают перемычки из железобетона, металлического профиля или того же материала повышенной прочности. В каркасных перегородках над проемом устанавливают усиленные горизонтальные профили (ригели), а вертикальные стойки по бокам проема делают сдвоенными.

Монтаж перегородок требует тщательной подготовки оснований. Поверхность перекрытия должна быть выровнена, очищена от пыли и мусора. Линию установки перегородки размечают на полу, переносят ее на стены и потолок. Очень важно обеспечить надежное крепление перегородки к несущим конструкциям – полу, стенам и потолку. Для этого используют анкерные болты, дюбели, гибкие связи. Особое внимание уделяется стыкам и примыканиям. Зазоры, например, между верхом перегородки и потолком, заполняются упругими звукоизоляционными материалами (минеральной ватой) и герметизируются, чтобы избежать образования «звуковых мостиков». При устройстве перегородок в помещениях с возможной вибрацией или в сейсмических

районах применяются специальные демпферные прокладки и крепления, допускающие небольшие взаимные смещения конструкций без возникновения трещин.

Таким образом, перегородки, будучи ненесущими элементами, играют важную роль в формировании внутренней среды здания. Их правильный выбор, основанный на анализе требований к конкретным помещениям по звукоизоляции, огнестойкости, влагостойкости и эксплуатационным нагрузкам, а также грамотное устройство с учетом всех технологических нюансов примыканий и креплений, являются залогом долговечности, комфорта и функционального соответствия возводимого или реконструируемого объекта. Понимание разнообразия видов и конструктивных особенностей перегородок позволяет будущему специалисту принимать обоснованные проектные и организационно-технологические решения в своей профессиональной деятельности.

5. ПЕРЕКРЫТИЯ И ПОЛЫ

5.1. Назначение, классификация и требования к перекрытиям

Основное назначение перекрытий заключается, во-первых, в разделении смежных по высоте помещений, то есть в создании горизонтальных диафрагм, образующих этажи. Во-вторых, они воспринимают и передают на вертикальные несущие конструкции (стены, колонны, пилоны) все постоянные и временные нагрузки, действующие в здании. К постоянным нагрузкам относится собственный вес конструкции перекрытия, вес полов, перегородок, встроенного оборудования и инженерных систем. Временные, или полезные, нагрузки включают в себя вес людей, мебели, бытовой техники, товаров на складах, технологического оборудования на производствах. Величина этих нагрузок нормируется и является одним из ключевых параметров при расчете. В-третьих, перекрытия выполняют важнейшую ограждающую функцию, обеспечивая тепло- и звукоизоляцию помещений. Они должны препятствовать передаче ударного и воздушного шума между этажами, а также, в случае отделяющих отапливаемые помещения от неотапливаемых (например, чердачное или надподвальное перекрытие), обладать достаточным сопротивлением теплопередаче. Кроме того, перекрытия часто служат элементами пространственной жесткости здания, работая совместно со стенами или каркасом на восприятие горизонтальных сил, например, ветровых или сейсмических. Наконец,

конструкция перекрытия является основой для устройства пола, а его нижняя поверхность, как правило, образует потолок помещения, что предъявляет определенные требования к качеству ее отделки.

Классификация перекрытий осуществляется по нескольким основным признакам, что позволяет систематизировать их многообразие и сделать обоснованный выбор для конкретного объекта. Первым и наиболее важным классифицирующим признаком является расположение перекрытия в здании. По этому признаку различают междуэтажные, чердачные, подвальные (или надподвальные) и цокольные перекрытия. Междуэтажные перекрытия разделяют жилые или рабочие этажи и должны в наибольшей степени отвечать требованиям по звукоизоляции. Чердачные перекрытия отделяют отапливаемые помещения от холодного чердака, следовательно, их главная особенность – повышенные требования к теплоизоляции. Подвальные и цокольные перекрытия разделяют первый этаж и неотапливаемый подвал или техническое подполье; они также должны иметь эффективный теплоизоляционный слой и, что очень важно, надежную гидроизоляцию для защиты от возможной сырости и капиллярной влаги. В зданиях с повышенными санитарными требованиями (например, в лечебных учреждениях) или в помещениях с мокрыми процессами (санузлы, прачечные, цеха) устраивают так называемые «раздельные» санитарно-технические перекрытия, которые конструктивно отделяют несущую часть от пола, создавая полость для прокладки инженерных коммуникаций и обеспечивая легкий доступ к ним для ремонта.

Вторым ключевым признаком классификации является тип основной несущей конструкции. Здесь выделяют балочные и безбалочные перекрытия. В балочных перекрытиях нагрузка от настила или наката передается на балки (деревянные, стальные или железобетонные), которые, в свою очередь, опираются на стены или прогоны. Безбалочные перекрытия выполняются, как правило, из железобетонных плит, которые непосредственно опираются на вертикальные несущие конструкции – стены или колонны. К безбалочным также относят монолитные железобетонные перекрытия, заливаемые на месте по опалубке, и сборно-монолитные конструкции. Каждый из этих типов имеет свою область рационального применения, определяемую пролетами, величиной нагрузок, экономической целесообразностью и технологией возведения.

Третий классификационный признак – материал основных несущих элементов. Исторически первыми были деревянные перекрытия, кото-

рые и сегодня применяются в малоэтажном строительстве, особенно в домах с деревянным или комбинированным каркасом. Их преимущества – легкость, простота изготовления и монтажа, хорошие теплоизоляционные свойства. Однако они имеют и серьезные недостатки: горючесть, восприимчивость к гниению и поражению насекомыми, ограниченную несущую способность и пролеты.

Стальные перекрытия, где балки выполняются из прокатных профилей (двутавров, швеллеров), обладают высокой прочностью, позволяют перекрывать значительные пролеты и быстро монтируются. Но они требуют обязательной огнезащитной обработки (например, обетонирования или обшивки негорючими плитами), защиты от коррозии и часто имеют повышенную металлоемкость. Наиболее распространенными в современном массовом строительстве, как гражданском, так и промышленном, являются железобетонные перекрытия. Они сочетают высокую прочность, долговечность, огнестойкость и технологичность.

Железобетонные перекрытия могут быть сборными (из крупноразмерных плит заводского изготовления), монолитными (возводимыми непосредственно на объекте) и сборно-монолитными, комбинирующими преимущества первых двух типов.

Четвертым признаком можно считать конструктивное решение, которое детализирует тип в рамках предыдущих категорий. Например, среди деревянных перекрытий различают перекрытия по деревянным балкам с накатом из щитов или подшивным потолком. Среди железобетонных – многопустотные плиты, ребристые плиты с балочными плитами, кессонные перекрытия, часторебристые (типа «Монолитное перекрытие по профнастилу») и многие другие. Каждое решение имеет свои расчетные схемы, особенности монтажа и области применения.

Комплекс требований, предъявляемых к перекрытиям, является всесторонним и строго регламентируется строительными нормами и правилами. Первое и наиважнейшее требование – прочность и несущая способность. Перекрытие должно без разрушения и недопустимых деформаций выдерживать все приходящиеся на него нагрузки в течение всего срока службы здания.

Расчет ведется по двум группам предельных состояний: по несущей способности (первая группа) и по пригодности к нормальной эксплуатации (вторая группа), которая включает проверку по прогибам и образованию трещин.

Второе фундаментальное требование – жесткость. Прогиб перекрытия под нагрузкой не должен превышать установленных нормами

значений, чтобы избежать повреждения отделки, перегородок, возникновения вибраций и психологического дискомфорта для людей. Особенно это критично для перекрытий больших пролетов.

Третье требование – долговечность. Конструкция перекрытия должна сохранять свои performance характеристики в условиях конкретной агрессивности среды помещения и климатических воздействий в течение срока службы, сопоставимого со сроком службы всего здания. Это обеспечивается правильным выбором материалов, их защитой (например, гидроизоляцией, антисептированием для древесины, антикоррозионным покрытием для стали), а также соблюдением технологий устройства. Четвертое требование – огнестойкость. Степень огнестойкости перекрытия должна соответствовать требуемой степени огнестойкости здания в целом. Конструкции должны сопротивляться воздействию огня в течение времени, необходимого для эвакуации людей и тушения пожара. Это определяет минимальные пределы огнестойкости несущих элементов и использование негорючих или труднотлеющих материалов для их защиты.

Пятая группа требований связана с ограждающими функциями и включает в себя теплотехнические и акустические показатели. Теплозащитные свойства критичны для чердачных и надподвальных перекрытий. Сопротивление теплопередаче таких конструкций должно быть не ниже нормируемого значения для данного климатического района. Звукоизоляционные требования особенно жестки для междуэтажных перекрытий. Они нормируются по двум основным видам шума: воздушному (разговор, звук телевизора) и ударному (шаги, падение предметов). Для защиты от воздушного шума важна массивность и герметичность конструкции, а для снижения передачи ударного шума применяются конструкции полов на упругих прокладках («плавающие» полы) или с подвесными потолками. Шестое требование – технологичность и экономическая эффективность. Конструкция перекрытия должна быть рациональной с точки зрения расхода материалов, трудоемкости изготовления и монтажа, возможности применения промышленных методов строительства. В условиях массового жилищного и гражданского строительства это часто становится определяющим фактором при выборе типа перекрытия.

Наконец, важно учитывать и архитектурно-строительные требования. Конструкция перекрытия должна обеспечивать возможность устройства в нем проемов для лестничных клеток, лифтовых шахт, инженерных коммуникаций (вентиляционных каналов, трубопроводов,

электрокабелей) без существенного ослабления несущей способности. Толщина перекрытия влияет на общую высоту этажа и здания, что имеет экономические последствия. Качество поверхности потолка и возможность ее отделки также зависят от выбранной конструкции.

Таким образом, проектирование перекрытия – это всегда поиск оптимального компромисса между множеством технических, экономических и функциональных требований. Инженер должен ясно понимать назначение перекрытия в конкретном здании, условия его работы и на основе глубокого знания классификации и нормативных требований выбрать наиболее рациональный тип конструкции, который обеспечит надежность, комфорт и долговечность эксплуатации объекта.

5.2. Деревянные перекрытия

Деревянные перекрытия представляют собой систему из несущих деревянных балок, межбалочного заполнения, обеспечивающего тепло- и звукоизоляции, и настила пола. Их главными достоинствами являются сравнительно малый вес, что снижает нагрузку на фундаменты и стены, простота монтажа без применения тяжелой техники, экологичность материала и хорошие теплоизоляционные свойства самой древесины. Однако им присущи и существенные недостатки, такие как горючесть, подверженность биологическому разрушению от грибка, плесени и насекомых, склонность к деформациям при изменении влажности, а также ограниченная, по сравнению с железобетоном, несущая способность и пролетность.

Основным несущим элементом деревянного перекрытия является балка. Чаще всего для этих целей применяют балки из древесины хвойных пород – сосны, ели, лиственницы, как наиболее прочных и доступных. Сечение балок, как правило, прямоугольное.

Их размеры – высота и ширина – определяются расчетом на прочность и жесткость, зависят от величины пролета, расстояния между балками (шага) и ожидаемой нагрузки от людей, мебели и оборудования. Шаг балок обычно находится в пределах от 0,6 до 1,0 метра. Чем больше пролет и нагрузка, тем больше должно быть сечение балки.

Для усиления несущей способности иногда используют составные или клееные балки, которые позволяют перекрывать большие пролеты без промежуточных опор. Крайне важно, чтобы древесина балок была хорошо высушена (влажность не более 12–18 %), не имела серьезных пороков, таких как крупные сучки, косослой или гниль, и была обра-

ботана антисептическими и огнезащитными составами. Концы балок, опираемые на каменные, кирпичные или бетонные стены, обязательно защищают от увлажнения рулонной гидроизоляцией (например, рубероидом в два слоя) и часто устраивают в нишах с зазором для вентиляции (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Пример деревянных перекрытий

Устройство перекрытия начинается с укладки балок. Их концы заделывают в гнезда, специально оставленные в кладке стен, или укладывают на стальные или железобетонные опорные элементы. Важно обеспечить горизонтальность и одинаковый уровень всех балок, для чего используют уровень и подкладки из прочных материалов. После установки балок приступают к монтажу межбалочного заполнения, главная задача которого – обеспечить тепловую и акустическую изоляцию перекрытия. Снизу к балкам, по их боковым граням, прибивают или прикручивают так называемые черепные бруски сечением примерно 40×40 или 50×50 миллиметров. На эти бруски укладывают щиты наката, которые служат основой для утеплителя. Щиты наката могут быть из дерева – дощатые щиты, сборные из отдельных досочек, или из древесных плитных материалов, таких как фанера, ориентированно-стружечная плита (ОСП) или цементно-стружечная плита (ЦСП). Иногда вместо щитов применяют подшивку из досок или плит непосредственно снизу балок, но такой способ несколько сложнее в монтаже утеплителя.

На щиты наката укладывают слой пароизоляционной пленки. Это критически важный элемент, так как он предотвращает проникновение

влажного теплого воздуха из помещений в толщу утеплителя, где влага может конденсироваться, приводя к отсыреванию древесины и снижению эффективности теплоизоляции. Поверх пароизоляции размещают сам утеплитель. В современных деревянных перекрытиях для этого используют минераловатные плиты или маты на основе базальта или стекловолокна, реже – плиты из экструдированного пенополистирола высокой плотности или экологичные засыпки типа керамзита или эковаты. Толщина слоя утеплителя определяется теплотехническим расчетом согласно требованиям к теплозащите зданий, действующим на территории Республики Беларусь. Сверху утеплитель должен быть защищен от возможного протекания воды со стороны вышерасположенного помещения. Для этого поверх балок расстилают слой гидроизоляционной диффузионной мембраны, которая, с одной стороны, защищает утеплитель от влаги, а с другой – не препятствует выходу возможного пара из него.

Сверху по балкам устраивают основание для чистого пола. Самый традиционный способ – это укладка по балкам лаг, то есть дополнительных брусков меньшего сечения, уложенных поперек балок. Использование лаг позволяет выровнять плоскость пола, проложить между ними и балками дополнительные слои изоляции или инженерные коммуникации (электропроводку, трубы теплого пола), а также обеспечить вентилируемый зазор. По лагам уже настилают непосредственно пол. Другой способ – это укладка сплошного настила из досок, фанеры или плит ОСП непосредственно по балкам, что создает более жесткое основание, но оставляет меньше места для прокладки коммуникаций.

Конструкция пола по деревянному перекрытию может быть различной. Классическим вариантом является шпунтованная доска из твердых пород древесины, которая крепится гвоздями или саморезами к лагам. В современном строительстве очень распространены так называемые сухие сборные полы, когда по лагам или сплошному настилу укладывают листы фанеры, ОСП или гипсоволокнистые плиты (ГВЛ), а затем на них монтируют финишное покрытие – ламинат, паркет, линолеум или ковролин. В санузлах и других помещениях с возможным увлажнением необходимо предусмотреть дополнительный гидроизоляционный слой в конструкции пола, например, из обмазочных или оклеечных материалов.

Нельзя обойти вниманием звукоизоляционные аспекты деревянных перекрытий. Дерево, будучи не таким массивным материалом, как бе-

тон, хуже гасит воздушный и, особенно, ударный шум. Поэтому в конструкции перекрытия закладываются специальные меры для повышения индекса изоляции воздушного шума и снижения уровня ударного шума. Ключевую роль здесь играет эффективный слой минераловатного утеплителя, который является хорошим звукопоглотителем. Кроме того, применяется устройство так называемых «плавающих полов», когда стяжка или сухая сборная стяжка из плит укладывается не жестко на основание, а на упругий звукоизолирующий слой из специальных материалов, что разрывает путь передачи ударного звука. Также для снижения передачи структурного шума используют упругие прокладки в местах опирания балок на стены и виброизолирующие крепления при подшивке потолка.

Потолок в деревянном перекрытии обычно подшивается снизу непосредственно к балкам или к дополнительной обрешетке. В качестве материалов для подшивки используют вагонку, гипсокартонные листы (ГКЛ), фанеру или декоративные панели. При использовании гипсокартона каркас из металлических профилей рекомендуется крепить к балкам через виброизолирующие прокладки для улучшения звукоизоляции. Пространство между балками, уже заполненное утеплителем, может оставаться открытым для создания определенного интерьерного стиля (так называемые «балки в интерьере»), но в этом случае требования к качеству обработки и внешнему виду балок существенно возрастают.

Особого внимания требуют места примыкания деревянных перекрытий к дымовым и вентиляционным каналам, а также к стенам. В местах соприкосновения деревянных элементов с кирпичом или бетоном дымовых труб необходимо устраивать противопожарные разделки – увеличивать расстояние между деревом и нагреваемой поверхностью, прокладывать негорючие материалы (асбестовый картон, минеральную вату). Все деревянные элементы, скрытые в конструкции перекрытия, должны быть доступны для периодического осмотра, для чего в конструкциях пола и потолка предусматривают специальные люки или съемные панели.

Таким образом, деревянное перекрытие – это сложная многослойная конструкция, грамотное устройство которой требует тщательного подбора материалов, точного соблюдения технологии монтажа и, что крайне важно, обеспечения эффективной вентиляции подпольного пространства для удаления возможного конденсата. При всех своих исторически обусловленных «слабостях» – горючести и подверженно-

сти гниению – современные деревянные перекрытия, обработанные защитными составами и правильно смонтированные, способны долгие десятилетия надежно служить в зданиях различного назначения, сочетая в себе традиционную экологию, эстетику и приемлемые экономические показатели.

5.3. Железобетонные перекрытия

Среди всего многообразия материалов для их устройства железобетон занимает ведущее место в современном строительстве, особенно в многоэтажных гражданских и общественных зданиях. Это обусловлено его высокими прочностными характеристиками, долговечностью, огнестойкостью и возможностью создания конструкций различной пространственной формы. В данной подглаве рассматриваются основные типы железобетонных перекрытий, которые классифицируются по способу возведения и конструктивным особенностям.

По технологии устройства железобетонные перекрытия подразделяются на монолитные и сборные. Монолитные перекрытия выполняются непосредственно на строительной площадке путем укладки бетонной смеси в заранее установленную опалубку с арматурным каркасом. Главным достоинством такого решения является возможность создания перекрытий сложной геометрической формы, с криволинейными очертаниями, а также обеспечение идеальной пространственной жесткости и монолитности здания. Все элементы конструкции работают как единое целое, что особенно важно в сейсмических районах или при строительстве на просадочных грунтах. Однако к существенным недостаткам можно отнести большую трудоемкость процесса, зависимость от погодных условий при производстве работ и необходимость выдерживания технологического перерыва для набора бетоном проектной прочности, что замедляет общие темпы строительства.

Сборные железобетонные перекрытия, напротив, собираются из заранее изготовленных на заводе железобетонных изделий. Это позволяет значительно интенсифицировать строительный процесс, так как монтаж элементов осуществляется быстро, практически в любую погоду, и сразу после устройства перекрытия можно вести последующие работы. Качество заводских изделий, как правило, очень высокое благодаря строгому контролю технологии и применению пропаривания для ускоренного твердения бетона. К недостаткам сборных перекрытий относят необходимость использования грузоподъемной техники,

наличие монтажных стыков, которые требуют тщательной заделки для обеспечения совместной работы элементов, а также некоторую ограниченность типоразмеров, привязывающую планировочные решения здания к модульной сетке.

В рамках монолитной и сборной технологий возведения перекрытия делятся на балочные и безбалочные конструкции. В балочных схемах общая нагрузка от плиты передается на несущие балки, которые надежно опираются на стены или вертикальные колонны. При однонаправленном расположении балок формируются классические ребристые перекрытия, где монолитная плита опирается на параллельные ребра жесткости. Если балки пересекаются в двух перпендикулярных направлениях, образуются кессонные перекрытия с характерной сеткой из квадратных углублений. Оба варианта позволяют эффективно перекрывать значительные пролеты и экономить бетон, концентрируя материал в зонах максимальных нагрузок. В гражданском строительстве часто применяют готовые сборные балочные системы, состоящие из железобетонных балок таврового сечения и промежуточных плит.

Плитные перекрытия представляют собой сплошные плоские плиты постоянной или переменной толщины (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Плита перекрытия

Для уменьшения их собственного веса и экономии материала широко применяются пустотные плиты. Наиболее распространенным видом сборных элементов являются многопустотные настилы или панели. Эти изделия имеют цилиндрические продольные пустоты, которые значительно облегчают плиту, не снижая существенно ее несущей способности на изгиб.

Пустоты также улучшают тепло- и звукоизоляционные свойства перекрытия. Такие панели изготавливаются длиной до 7,2 метра и более, и шириной, как правило, 1,0, 1,2 или 1,5 метра. Они укладываются на несущие стены или прогоны и после монтажа образуют ровную поверхность, готовую для устройства пола. Монтаж их прост и быстр, что обусловило их повсеместное применение в массовом строительстве жилых домов.

Следует отдельно рассмотреть монолитные ребристые перекрытия, часто называемые перекрытиями по профнастилу. В этой современной технологии в качестве несъемной опалубки и внешнего рабочего армирования используется стальной профилированный настил. Он укладывается на несущие балки, а сверху бетонируется. После твердения бетона получается монолитная ребристая конструкция, где профлист работает совместно с бетоном, воспринимая растягивающие усилия. Это позволяет сократить расход арматуры и исключить трудоемкие операции по установке и разборке деревянной опалубки (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Устройство монолитного перекрытия

Выбор типа железобетонного перекрытия в каждом конкретном случае является сложной инженерно-экономической задачей. Он зависит от множества факторов: величин пролетов и нагрузок, требуемой огнестойкости и звукоизоляции, наличия грузоподъемных механизмов на площадке, заданных сроков строительства и, конечно, экономической целесообразности. Например, в индивидуальном строительстве с уникальной планировкой часто выбирают монолитные перекрытия. В типовом многоэтажном жилье доминируют сборные многопустотные настилы. Для торговых центров или производственных корпусов с большими пролетами может быть оптимален вариант монолитного безбалочного перекрытия или сборного ребристого.

Важнейшим этапом, завершающим устройство любого перекрытия, является создание надежного пола. Конструкция пола укладывается непосредственно по поверхности перекрытия и включает в себя несколько слоев: выравнивающую стяжку, при необходимости слой тепло- или звукоизоляции, гидроизоляционный слой в санузлах и кухнях, и, наконец, чистое покрытие – линолеум, плитку, ламинат, паркет. Качество основания, то есть поверхности железобетонной плиты, напрямую влияет на долговечность и ровность пола. Все неровности и дефекты монтажных стыков в сборных перекрытиях должны быть тщательно заделаны перед началом работ по устройству полов.

5.4. Конструкции полов, их элементы и назначение

Основное назначение пола заключается в том, чтобы воспринимать эксплуатационные нагрузки от людей, мебели, техники и передавать их на несущую часть перекрытия или непосредственно на грунт, если речь идет о полах по земле, например, на первом этаже. Однако эта механическая функция далеко не единственная. Конструкция пола призвана обеспечивать необходимую звукоизоляцию, особенно актуальную в многоэтажных жилых домах, где ударный шум от шагов или падающих предметов может легко передаваться через перекрытия. Теплозащитные качества пола также крайне важны, особенно для помещений первого этажа, полы которых расположены над холодным подпольем или грунтом; в этом случае недостаточное сопротивление теплопередаче приведет к значительным тепловым потерям и ощущению дискомфорта, так называемым «холодными ногами». Кроме того, пол должен обладать достаточной сопротивляемостью истиранию, то есть износостойкостью, которая определяет срок его службы под воздей-

ствием пешеходных и иных нагрузок. Гигиеничность, под которой понимается легкость очистки, влагостойкость, невозможность скапливания пыли и грязи, а также антистатичность для некоторых видов помещений, является обязательным требованием для больниц, детских садов, предприятий пищевой промышленности. Нельзя забывать и о декоративной функции: пол, его цвет, фактура и рисунок являются существенной частью интерьера, формируя его эстетическое восприятие. Наконец, для многих типов зданий предъявляются специальные требования, такие как пожаробезопасность, стойкость к воздействию агрессивных химических веществ, повышенная прочность для въезда транспорта или антискользящие свойства.

Конструктивно любой пол представляет собой многослойную систему, так называемый «пирог», где каждый слой выполняет строго определенную функцию. Основанием для пола может служить несущая плита перекрытия (в междуэтажных перекрытиях), подготовленный грунт или бетонная подготовка (в полах по грунту), либо, в случае реконструкции, старое покрытие. Непосредственно на основание, после его выравнивания и подготовки, укладывается прослойка, или подстилающий слой. Этот слой является ключевым для распределения нагрузок от вышележащих элементов. Он воспринимает нагрузки от покрытия и передает их на основание, обеспечивая жесткую и ровную подушку. Материалом для подстилающего слоя чаще всего служит тощий бетон, цементно-песчаный раствор или уплотненный щебень. Толщина и прочность этого слоя рассчитываются в зависимости от предполагаемых нагрузок.

На подстилающий слой в большинстве типов полов укладывается гидроизоляция. Ее назначение – предотвратить проникновение влаги из грунта или из нижерасположенных помещений в конструкцию пола и в помещение. Это особенно критично для полов первых этажей, санузлов, душевых, прачечных и производственных помещений с мокрыми процессами. В качестве гидроизоляции применяют рулонные материалы (например, рубероид, полимерные мембраны), обмазочные составы (битумные мастики) или современные проникающие гидроизоляционные смеси. В случаях, когда требуется защитить помещение не только от влаги, но и от потерь тепла, в конструкцию пола включается теплоизоляционный слой. Он располагается, как правило, между гидроизоляцией и стяжкой. Материалами для теплоизоляции служат минераловатные плиты, экструдированный пенополистирол, пенопласт, керамзитовая засыпка. Толщина утеплителя определяется теп-

лотехническим расчетом согласно климатическим условиям региона и требованиям к тепловой защите здания.

Одним из важнейших элементов конструкции пола является стяжка. Это выравнивающий слой, который создает идеально ровную, жесткую и прочную поверхность для последующей укладки финишного покрытия. Стяжка может быть выполнена из цементно-песчаного раствора, полусухой цементно-песчаной смеси, гипсовых или ангидридных составов, а также быть сборной, например, из листов фанеры или плит ДСП по лагам. Стяжки бывают связанными, то есть уложенными непосредственно на основание, и плавающими, которые отделены от основания и стен слоем упругого материала (например, того же утеплителя или звукоизоляционной прокладки). Плавающие стяжки эффективно предотвращают передачу ударного шума. Кроме того, в стяжку часто интегрируют системы подогрева пола – электрические кабели или трубы для циркуляции теплой воды. В этом случае стяжка выполняет также функцию аккумулятора и распределителя тепла.

Финишным, верхним элементом конструкции пола является покрытие, или чистый пол. Именно этот слой непосредственно подвергается эксплуатационным воздействиям и определяет внешний вид помещения. Выбор материала покрытия огромен и зависит от назначения помещения, интенсивности нагрузок, эстетических предпочтений и бюджета. Классическими видами покрытий являются керамическая и каменная плитка, отличающаяся высокой износостойкостью и влагостойкостью, что делает ее идеальной для санузлов, кухонь, прихожих и общественных зданий с высокой проходимостью. Линолеум, как полимерный рулонный материал, предлагает широкий выбор расцветок, относительную дешевизну и простоту укладки, но обладает меньшей долговечностью. Паркет, массивная доска и современная инженерная доска, а также ламинат – это покрытия, создающие теплый, комфортный и благородный интерьер, преимущественно в жилых комнатах и офисах. Они требуют аккуратной эксплуатации и определенного уровня влажности в помещении. Для промышленных зданий, складов, гаражей чаще всего применяют покрытия из высокопрочного бетона с упрочненным верхним слоем (топингом) или полимерные наливные полы (эпоксидные, полиуретановые), которые образуют бесшовную, химически стойкую и очень прочную поверхность. Ковровые покрытия обеспечивают высокий акустический комфорт и тепло, но требуют регулярной чистки и уязвимы к влаге (рис 5.4).



Рис. 5.4. Виды напольных покрытий:

а – ковролин; *б* – керамическая плитка; *в* – ламинат; *г* – наливной пол

Отдельным элементом, завершающим конструкцию пола у стен, являются плинтусы. Они закрывают технологический зазор между покрытием пола и стеной, необходимый для компенсации температурных и влажностных деформаций материалов. Плинтус также выполняет декоративную функцию, являясь переходным элементом между плоскостью стены и пола. Он может быть выполнен из дерева, пластика, МДФ, металла и подбирается в тон либо покрытию пола, либо стенам.

Таким образом, проектирование и устройство пола – это комплексная инженерная задача, требующая учета множества факторов: статических и динамических нагрузок, температурно-влажностного режима помещения, акустических и теплотехнических требований, санитарно-гигиенических норм и, конечно, экономической целесообразности. Правильно спроектированная и качественно выполненная конструкция пола обеспечит долгий срок службы без ремонта, комфорт для пользователей и снизит эксплуатационные расходы на содержание здания.

6. КРЫШИ И КРОВЛИ

6.1. Виды покрытий и требования к ним

Основное функциональное назначение покрытия – защита внутренних помещений здания от дождя, снега, ветра, солнца и других внешних факторов. Однако его роль не сводится только к утилитарной функции. Крыша является важнейшим архитектурно-композиционным элементом, во многом определяющим облик всего сооружения, его стилистику и выразительность. В строительной практике Республики

Беларусь, с учетом ее климатических условий, характеризующихся значительным количеством осадков, перепадами температур и ветровыми нагрузками, проектирование надежных и долговечных покрытий приобретает особую значимость.

Все многообразие крыш можно классифицировать по нескольким ключевым признакам. Первый и наиболее очевидный признак – это уклон. По этому параметру крыши делятся на скатные и плоские. Скатные крыши имеют уклон поверхности более 2,5–3 %, что обеспечивает естественный сток воды. Они, в свою очередь, подразделяются на множество типов в зависимости от геометрической формы: односкатные, опирающиеся на две стены разной высоты; двускатные, состоящие из двух плоскостей, опирающихся на стены одинаковой высоты; вальмовые, имеющие четыре ската, два из которых треугольные (вальмы), а два – трапециевидные; полувальмовые, у которых вальмы срезают только верхнюю часть торца щипца; шатровые, с четырьмя треугольными скатами, сходящимися в одной точке; мансардные, ломаные для увеличения объема чердачного пространства; и многие другие сложные формы, сочетающие несколько типов. Плоские крыши имеют уклон, как правило, от 1,5 % до 3 %, и организованный водосток осуществляется через внутренние или наружные водоприемные воронки. Они широко применяются в многоэтажном гражданском и промышленном строительстве.

Второй важный классификационный признак – это наличие и характер использования пространства под крышей. Здесь выделяют чердачные и бесчердачные (совмещенные) покрытия. Чердачные крыши имеют между перекрытием верхнего этажа и кровлей неэксплуатируемое чердачное пространство. Оно служит буферной зоной, улучшающей теплозащиту, позволяет размещать инженерные коммуникации и обеспечивает вентиляцию конструкций. Бесчердачные покрытия, также называемые совмещенными, лишены такого пространства. Их несущая конструкция одновременно является потолком верхнего этажа. Они бывают вентилируемыми, когда над утеплителем предусмотрен воздушный зазор для удаления влаги, невентилируемыми и частично вентилируемыми. В современном строительстве, особенно при реконструкции, все большее распространение получают эксплуатируемые плоские крыши, на которых могут размещаться террасы, зоны отдыха, спортивные площадки или даже зеленые насаждения (так называемые зеленые крыши). Такое использование накладывает особые требования на прочность и гидроизоляцию конструкции.

Третий признак классификации касается материала кровли. Выбор кровельного материала напрямую зависит от уклона крыши, архитектурного замысла, требуемого срока службы и экономических соображений. Для скатных крыш традиционно используют штучные и листовые материалы: керамическую и цементно-песчаную черепицу, обладающую долговечностью и эстетикой; металлочерепицу и профилированные листы, популярные благодаря легкости и скорости монтажа; битумную (гибкую) черепицу, удобную для сложных криволинейных поверхностей; асбестоцементные шиферные листы; медные, цинк-титановые и алюминиевые фальцевые кровли (рис. 6.1).

К любым покрытиям, независимо от их вида, предъявляется комплекс технических, экономических и архитектурно-строительных требований, закрепленных в технических нормативных правовых актах Республики Беларусь.



Рис. 6.1. Листовые кровельные материалы

Первая и главная группа требований – это прочность и устойчивость. Конструкция крыши должна надежно воспринимать все приходящие на нее нагрузки. К постоянным нагрузкам относится собственный вес всех слоев покрытия – несущих конструкций, утеплителя, гидроизоляции, кровли. К временным нагрузкам относятся снеговая нагрузка, особенно актуальная для наших зим; ветровое давление, которое может создавать как дополнительную нагрузку на скаты, так и отрывающее усилие; полезная нагрузка на эксплуатируемых крышах; а также технологические нагрузки при монтаже и обслуживании. Расче-

ты производятся на основе карт снеговых и ветровых районирования территории Беларуси.

Вторая критически важная группа требований – это водонепроницаемость и влагостойкость. Кровля должна абсолютно исключать проникновение атмосферной влаги внутрь здания. Для этого помимо выбора качественного гидроизоляционного материала крайне важна правильная организация водоотвода. На скатных крышах это обеспечивается уклоном и системой желобов, водосточных труб и воронок. На плоских крышах создаются так называемые разуклонки – искусственные минимальные уклоны, направляющие воду к водоприемным устройствам. Не менее важно защитить конструкцию от влаги, образующейся внутри помещения в виде пара. Для этого в составе пирога покрытия обязательно предусматриваются пароизоляционные слои, препятствующие проникновению теплого влажного воздуха в толщу утеплителя, где его конденсация могла бы привести к разрушению.

Третье ключевое требование – это теплозащитная способность. Сопротивление теплопередаче покрытия должно соответствовать нормативным значениям, обеспечивающим энергоэффективность здания и комфортный микроклимат. В бесчердачных покрытиях утеплитель укладывается непосредственно в конструкцию, а в чердачных – может располагаться на перекрытии верхнего этажа. При этом необходимо исключить образование мостиков холода в местах сопряжений и проходов через кровлю. Четвертое требование – пожарная безопасность. Конструкции покрытия должны иметь определенную степень огнестойкости, а кровельные материалы – соответствующую группу горючести. Это особенно важно для общественных зданий и сооружений с массовым пребыванием людей.

Пятое требование – долговечность. Срок службы покрытия должен быть сопоставим со сроком эксплуатации всего здания. Долговечность определяется стойкостью материалов к циклическим перепадам температуры, ультрафиолетовому излучению, химическому воздействию атмосферы и биологическим факторам (плесень, грибок, мхи). Шестое требование – индустриальность. В современном строительстве предпочтение отдается конструкциям и материалам, позволяющим максимально механизировать процессы монтажа, сократить трудоемкость и сроки возведения. Это достигается применением крупноразмерных сборных элементов, готовых кровельных систем и сухих методов монтажа.

Наконец, нельзя забывать об архитектурно-эстетических и экономических требованиях. Форма, цвет и фактура кровли должны гармо-

нирывать с общим архитектурным решением фасадов и окружающей застройки. При выборе варианта обязательно проводится технико-экономический анализ, учитывающий не только первоначальную стоимость материалов и работ, но и будущие эксплуатационные расходы на ремонт и обслуживание в течение всего жизненного цикла здания. Таким образом, проектирование крыши – это всегда поиск оптимального баланса между надежностью, функциональностью, эстетикой и экономической целесообразностью, с обязательным учетом специфики климата и нормативной базы Республики Беларусь. В последующих подглавах мы детально рассмотрим устройство и особенности различных типов крыш и кровельных материалов.

6.2. Скатные крыши: типы форм, элементы и конструктивные схемы

Переходя к рассмотрению скатных крыш, важно отметить, что они представляют собой один из древнейших и наиболее распространенных типов конструкций верхнего ограждения здания. Их основное отличие от плоских крыш, которые мы уже обсуждали ранее, заключается в наличии выраженных уклонов поверхности, образованных системой наклонных балок – стропил. Эти уклоны обеспечивают эффективное удаление атмосферных осадков, прежде всего талых и дождевых вод, а также снега, что особенно актуально для климатических условий Беларуси. Среди множества форм скатных крыш можно выделить такие, как односкатные, двускатные, вальмовые, полувальмовые, шатровые и многощипцовые. Каждая из этих форм обладает своей эстетикой и функциональными особенностями, но их объединяет общий принцип конструктивного устройства, основанный на работе стропильной системы (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Виды скатных крыш

В данной подглаве мы сосредоточим свое внимание на одной из ключевых конструктивных схем скатных крыш – системе с наслонными стропилами. Это классическое решение, широко применяемое в гражданском строительстве, особенно в зданиях, которые имеют внутренние несущие стены или колонны. Суть конструкции заключается в том, что каждое стропило, называемое также стропильной ногой, работает как наклонно расположенная балка. Однако, в отличие от балки, свободно лежащей на двух опорах, стропильная нога часто имеет промежуточные опоры, которые существенно уменьшают ее расчетный пролет и, как следствие, позволяют использовать менее массивные сечения деревянных или металлических элементов.

Основными элементами системы наслонных стропил являются несколько ключевых компонентов. Во-первых, это сами стропильные ноги, которые формируют скат крыши и являются основными несущими элементами, на которые непосредственно опирается обрешетка и, в конечном итоге, кровельное покрытие. Во-вторых, это мауэрлат – горизонтальный брус, укладываемый по верху наружных несущих стен. Его предназначение – равномерно распределять сосредоточенную нагрузку от стропильных ног на стену и служить надежной нижней опорой для них. В-третьих, это прогоны – горизонтальные балки, идущие параллельно коньку крыши. Различают коньковый прогон, расположенный в самой высокой точке, и боковые, или промежуточные, прогоны. Они служат дополнительными промежуточными опорами для стропильных ног, уменьшая их свободный пролет.

Кроме того, важнейшим элементом являются стойки, или вертикальные опоры, которые передают нагрузку от прогонов на внутренние несущие стены или на систему подкосов и лежней. Лежень – это брус, аналогичный мауэрлату, но укладываемый на внутреннюю несущую стену, он служит опорой для стоек. Для увеличения жесткости и устойчивости системы против горизонтальных смещений используются подкосы – наклонные элементы, соединяющие стропильные ноги со стойками или с лежнем. Они работают на сжатие и превращают систему в более статически устойчивую конструкцию. И, наконец, завершает каркас обрешетка – система брусков или досок, набиваемых поперек стропильных ног и служащих непосредственным основанием для кровельного материала.

Принципиальная схема работы наслонных стропил выглядит следующим образом. Стропильная нога нижним концом опирается на мауэрлат, закрепленный на наружной стене. Верхним концом она мо-

жет опираться на коньковый прогон или же соединяться с противоположной стропильной ногой в коньковом узле, иногда с использованием конькового прогона в качестве поддержки. Если длина стропильной ноги велика, например, превышает шесть метров, то под ней устанавливаются промежуточные опоры. Для этого вдоль ската, перпендикулярно стропилам, укладывается горизонтальная балка – прогон. Этот прогон, в свою очередь, опирается через стойки на внутреннюю несущую стену, на которую предварительно уложен лежень. Таким образом, нагрузка от кровли передается по цепочке: кровельное покрытие – обрешетка – стропильные ноги – мауэрлат и прогоны – стойки – лежень – внутренние несущие конструкции – фундамент.

Важнейшим аспектом расчета и конструирования такой системы является обеспечение пространственной жесткости. Отдельно взятая стропильная нога, даже с опорами, может потерять устойчивость в плоскости, перпендикулярной скату. Чтобы этого не произошло, применяются различные связи. Во-первых, это диагональные связи, или схватки, устанавливаемые между стропильными ногами. Во-вторых, это горизонтальные ветровые связи, которые ставятся в плоскости ската для восприятия ветровых нагрузок. В-третьих, это жесткое крепление стоек к лежням и прогонам, а также надежное соединение всех деревянных элементов между собой с помощью металлических крепежных изделий: скоб, болтов, шпилек, гвоздевых пластин и перфорированных кронштейнов. Особое внимание уделяется креплению мауэрлата к стене, которое должно препятствовать его сдвигу под действием горизонтальных составляющих сил от стропил.

Выбор материала для наслонных стропил в современном строительстве чаще всего падает на древесину хвойных пород – сосну, ель, лиственницу. Древесина должна быть высушенной, антисептированной и, при необходимости, обработанной антипиренами для повышения огнестойкости. Сечения элементов определяются расчетом и зависят от шага стропил, величины снеговой и ветровой нагрузки, угла наклона ската и длины пролета. Типичные сечения для стропильных ног в малоэтажном строительстве составляют 50 на 150 миллиметров или 50 на 200 миллиметров. Мауэрлат, воспринимающий значительные сосредоточенные усилия, обычно имеет большее сечение, например, 100 на 150 или 150 на 150 миллиметров.

Особенностью применения наслонных стропил является необходимость наличия внутренних опор. Поэтому данная система идеально подходит для зданий с продольной или поперечной несущей стеной

посередине, а также для зданий каркасного типа с несущими колоннами. Если же таких внутренних опор нет, то применяется другая схема – висячие стропила. Еще одним важным моментом является устройство узла опирания стропильной ноги на мауэрлат. Чтобы предотвратить скольжение стропила, в его нижней части часто делается запил, или седло, которым оно опирается на мауэрлат. При этом между деревом и каменной или бетонной стеной обязательно устраивается слой гидроизоляции, например, из рубероида, чтобы предотвратить увлажнение и гниение древесины.

Стоит подчеркнуть, что система наслонных стропил, благодаря своей логичной и проверенной веками конструктивной схеме, остается одним из самых надежных и экономичных решений для скатных крыш зданий различного назначения. Ее понимание позволяет будущему специалисту грамотно подходить к проектированию несущего остова крыши, учитывая все силовые воздействия и обеспечивая долговечность всей конструкции в целом. Последующие подглавы будут посвящены другим элементам скатных крыш, таким как кровельные покрытия, водоотвод, а также альтернативным стропильным системам, что в совокупности даст полное представление об этом важнейшем архитектурно-конструктивном элементе любого здания.

6.3. Кровли скатных крыш

Кровля представляет собой верхний, завершающий элемент крыши, непосредственно воспринимающий все атмосферные воздействия. Ее основная функция – защита внутреннего пространства здания от дождя, снега, ветра и других внешних факторов. Качество кровли в огромной степени определяет долговечность всего здания, так как ее повреждение ведет к протечкам, увлажнению конструкций и их последующему разрушению. Для скатных крыш, которые являются преобладающим типом в гражданском и малоэтажном строительстве Беларуси, применяется широкий спектр кровельных материалов, каждый из которых обладает собственными технико-экономическими и эксплуатационными характеристиками. Выбор конкретного материала зависит от многих факторов: от угла наклона скатов, архитектурного замысла, несущей способности стропильной системы, требований пожарной безопасности и, конечно, экономической целесообразности. В данной подглаве мы подробно рассмотрим такие традиционные и современные материалы, как шифер, металлические листы, различные виды

черепицы и рулонные материалы, адаптированные для скатных конструкций.

Шифер, а точнее асбестоцементные волнистые листы, долгое время был одним из самых распространенных кровельных материалов в нашей стране. Он изготавливается из смеси портландцемента, воды и асбестового волокна, которое выполняет армирующую функцию. Стандартные листы имеют семь или восемь волн, но существуют и другие профили. К его несомненным достоинствам можно отнести относительно низкую стоимость, негорючесть, долговечность при правильной укладке и стойкость к биологическим воздействиям. Однако у этого материала есть и существенные недостатки. Во-первых, это хрупкость, требующая осторожности при транспортировке и монтаже. Во-вторых, со временем поверхность шифера может покрываться мхом и лишайником, особенно в затененных местах. В-третьих, существует экологическая дискуссия вокруг асбестовой пыли, которая может образовываться при резке листов, хотя в связанном состоянии в готовом изделии материал считается безопасным. Монтаж шифера осуществляется по обрешетке с нахлестом листов как по вертикали, так и по горизонтали. Крепление производится специальными шиферными гвоздями или саморезами с резиновыми уплотнительными шайбами, которые забиваются или вкручиваются в гребень волны, чтобы избежать протечек. Для повышения эстетики и долговечности шифер часто покрывают атмосферостойкими акриловыми или силиконовыми красками.

Металлические кровли представляют собой обширную группу материалов, объединенных высокой прочностью, малым весом и долгим сроком службы. К наиболее распространенным видам относятся кровельная сталь с полимерным покрытием, алюминий, медь и цинк-титановый сплав. Оцинкованная сталь без покрытия сегодня используется реже из-за склонности к коррозии, поэтому повсеместно применяются стальные листы с нанесенным слоем цинка и последующим цветным полимерным покрытием из пурала, пластизола или полиэстера. Это покрытие не только защищает металл, но и придает кровле широкую гамму цветов. Из стальных листов методом холодного проката формируют профилированные изделия, такие как металлочерепица и профнастил. Металлочерепица имитирует вид классической керамической черепицы, но представляет собой модульные листы, что ускоряет монтаж. Профнастил для кровли имеет трапециевидный или синусоидальный профиль. Главные преимущества металлических кро-

вель – легкость, позволяющая облегчить стропильную систему, простота монтажа в любое время года и пожарная безопасность. К недостаткам относят высокий шум во время дождя и града, что требует качественной звукоизоляции подкровельного пространства, а также повышенное образование конденсата на внутренней поверхности, что делает обязательным устройство вентилируемого подкровельного зазора и гидроизоляционной мембраны. Медь и цинк-титан – это элитные материалы, которые со временем покрываются патиной, приобретая благородный вид, и служат более ста лет. Их монтаж требует высокой квалификации и часто выполняется методом фальцевания – соединения краев соседних листов особым замком.

Черепица – это штучный кровельный материал с многовековой историей, который и сегодня сохраняет высокую популярность благодаря превосходным эксплуатационным и эстетическим качествам. Основные виды – керамическая (глиняная) и цементно-песчаная. Керамическая черепица производится путем обжига формовочной глины, она обладает высокой прочностью, экологичностью, абсолютной негорючестью и способностью сохранять цвет десятилетиями. Цементно-песчаная черепица изготавливается из раствора цемента, песка и красителей методом прессования, ее характеристики близки к керамической, а стоимость несколько ниже. Оба вида черепицы очень долговечны (срок службы превышает 100 лет), обладают высокой тепло- и звукоизоляционной способностью, не подвержены коррозии и воздействию ультрафиолета. Однако они имеют большой вес, что требует мощной несущей конструкции крыши, и относительно высокую стоимость. Монтаж черепицы – трудоемкий процесс, каждый элемент крепится к обрешетке проволокой или специальными кляммерами. Существует также битумная (гибкая) черепица, которую правильнее отнести к рулонным материалам, но по форме она имитирует штучную. Она состоит из стеклохолста, пропитанного модифицированным битумом и посыпанного минеральной крошкой. Ее главные плюсы – гибкость, позволяющая покрывать сложные криволинейные поверхности, малый вес и бесшумность. Минусы – меньшая, по сравнению с минеральной черепицей, долговечность и горючесть.

Рулонные материалы традиционно ассоциируются с плоскими крышами, но для скатных кровель также нашли свое применение, прежде всего в виде упомянутой битумной черепицы и наплавляемых материалов на основе стеклоткани или полиэстера. Современные рулонные материалы для скатных крыш – это высокотехнологичные

продукты, часто с армирующей основой из полимерных нетканых материалов, пропитанных модифицированным битумом (СБС- или АПП-модифицированным) или синтетическим каучуком. Для монтажа на скатах их могут крепить механически, с помощью специальных крепежных элементов, или наплавлять, используя газовые горелки, что требует строгого соблюдения правил пожарной безопасности. Основные преимущества таких материалов – отличная гидроизоляционная способность, гибкость, позволяющая работать на крышах сложной геометрии, и относительно невысокая стоимость. К недостаткам можно отнести необходимость тщательной подготовки основания (чаще всего требуется сплошная обрешетка из OSB-плит или фанеры), а также то, что некоторые виды могут поддерживать горение. В условиях Беларуси, где важна стойкость к частым переходам температуры через ноль, особенно ценятся эластичные материалы на основе СБС-модифицированного битума, которые не растрескиваются на морозе (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Распространенные материалы кровли

Выбор конкретного типа кровли для скатной крыши в белорусской строительной практике является комплексной задачей. Климатические особенности региона, такие как значительное количество осадков, снеговые нагрузки и колебания температур, диктуют требования к морозостойкости, механической прочности и надежности гидроизоляционного слоя. Экономический фактор часто балансирует между первоначальными затратами на материал и его монтаж и долгосрочными рас-

ходами на обслуживание и ремонт. Например, дешевая кровля может потребовать замены уже через 15–20 лет, в то время как более дорогая черепица или качественная металлическая кровля окупятся многолетней безупречной службой. Кроме того, нельзя сбрасывать со счетов архитектурный облик здания, который во многом формируется фактурой и цветом кровельного покрытия. Таким образом, проектировщик или будущий домовладелец должен взвесить все параметры: от угла наклона ската и несущей способности каркаса до эстетических предпочтений и планируемого бюджета, чтобы сделать оптимальный выбор, обеспечивающий защиту, долговечность и красоту здания на долгие десятилетия.

6.4. Организация водоотвода со скатных крыш. **Вентиляционные и слуховые окна**

Основная задача любой скатной крыши – эффективно и быстро отводить атмосферные осадки, прежде всего дождевую и талую воду. Если вода будет застаиваться на поверхности кровли или стекать хаотично, это неизбежно приведет к преждевременному разрушению кровельного покрытия, протечкам, намоканию утеплителя и несущих конструкций, а также к негативному воздействию на фасады и отмостку вокруг здания. Существует два принципиальных способа отвода воды со скатных крыш: неорганизованный и организованный.

Неорганизованный водоотвод, который иногда называют свободным сбросом, предполагает, что вода стекает с карнизных свесов крыши непосредственно на землю. Этот способ является самым простым с конструктивной точки зрения, так как не требует установки дополнительных элементов. Однако у него есть целый ряд существенных недостатков, которые ограничивают его применение.

Во-первых, вода, падающая с высоты, размывает отмостку, разрушает фасадную отделку в районе цоколя и негативно влияет на фундамент.

Во-вторых, в условиях зимнего периода на карнизе образуются сосульки, представляющие опасность для людей и имущества. В-третьих, при сильном или косом дожде вода может попадать на стены, приводя к их намоканию. Поэтому в современном строительстве, особенно в условиях населенных пунктов и для зданий высотой более двух этажей, неорганизованный водоотвод, как правило, не применяется. Его использование может быть оправдано лишь для небольших хозяйственных построек или в районах с малым количеством осадков.

Организованный водоотвод лишен этих недостатков и является предпочтительным и практически обязательным для гражданских зданий. Его суть заключается в том, что вода с поверхности кровли собирается и транспортируется по специальной системе к точкам сброса в ливневую канализацию или просто в определенные места на территории. Система организованного водоотвода включает в себя несколько ключевых элементов. В первую очередь, это водосточные желоба, которые устанавливаются вдоль карнизных свесов. Их задача – перехватить воду, стекающую со ската, и направить ее в вертикальные водосточные трубы. Желоба могут иметь различную форму – полукруглую, прямоугольную, трапециевидную – и изготавливаются из оцинкованной стали, меди, пластика (ПВХ) или алюминия. Выбор материала зависит от архитектурного решения, типа кровельного покрытия и климатических условий.

Для крепления желобов к карнизной доске или стропильным ногам используются специальные кронштейны или крюки. Очень важно обеспечить правильный уклон желоба вдоль карниза, который должен составлять обычно от двух до пяти миллиметров на погонный метр. Этот уклон необходим для самотечного движения воды к водоприемным воронкам. Без уклона вода будет застаиваться в желобе, что приведет к его переполнению в дождливую погоду и скоплению мусора и льда в зимний период.

Водоприемные воронки являются связующим звеном между горизонтальными желобами и вертикальными водосточными трубами. Они устанавливаются в самых низких точках системы желобов, и их количество и расположение рассчитываются исходя из площади ската крыши. Как правило, одна воронка обслуживает площадь ската до ста квадратных метров. От воронок вода поступает в водосточные трубы, которые крепятся к фасаду здания с помощью хомутов. Трубы должны быть расположены таким образом, чтобы отводимая вода попадала либо в ливневую канализацию, либо в специальные водосборные колодцы, либо, как минимум, в бетонные отмостки или на дренирующие участки, чтобы избежать размывания грунта у фундамента. В нижней части трубы часто устанавливают колено или отмет, которое отводит поток воды от стены.

Теперь перейдем к рассмотрению вентиляционных и слуховых окон. Эти элементы, располагающиеся непосредственно на скатах крыши, выполняют разные, но важные функции. Начнем с вентиляционных окон, которые правильнее называть кровельными вентиляцион-

ными элементами или аэраторами. Их основная задача – обеспечить постоянную циркуляцию воздуха в подкровельном пространстве, особенно в тех случаях, когда крыша утеплена. Дело в том, что утеплитель, размещенный между стропилами, должен быть защищен от увлажнения. В жилом помещении теплый и влажный воздух стремится вверх и, если пароизоляционный слой под утеплителем имеет дефекты, может проникать в толщу теплоизоляции. При охлаждении этот пар конденсируется, утеплитель намокает, теряет свои свойства и способствует гниению деревянных стропил. Чтобы этого не происходило, необходимо между верхней плоскостью утеплителя и кровельным покрытием оставить вентилируемый зазор. Воздух в этот зазор поступает через продухи в карнизной части крыши, а вытягивается наружу как раз через коньковые или скатные вентиляционные элементы. Таким образом, создается постоянный поток воздуха, который уносит излишки влаги, сохраняя конструкции сухими. Кровельные вентиляторы могут иметь вид небольших труб с защитными колпаками от попадания осадков или быть интегрированы в саму коньковую зону, образуя так называемый коньковый аэратор, который является практически незаметным, но очень эффективным решением.

Слуховые окна, в отличие от вентиляционных, предназначены в первую очередь для доступа людей в подкровельное пространство, для его освещения и проветривания. Их часто называют также мансардными окнами, если речь идет о жилом помещении на чердаке. Однако слуховые окна могут устраиваться и на нежилых чердаках для целей технического обслуживания. Конструктивно слуховое окно представляет собой довольно сложный элемент, так как оно является, по сути, отверстием в плоскости основного ската крыши, обрамленным собственной стропильной системой и покрытым кровельным материалом. Формы слуховых окон разнообразны: они могут быть с односкатной, двускатной, вальмовой или арочной крышей. Важнейшими аспектами при устройстве слухового окна являются обеспечение надежной гидроизоляции в местах примыкания его конструкции к основной кровле и сохранение сплошности слоев подкровельной гидро- и пароизоляции. Каркас слухового окна интегрируется в основную стропильную систему, и его боковые стенки, называемые щеками, требуют тщательной отделки и утепления.

Стоит отдельно отметить, что современные мансардные окна, устанавливаемые непосредственно в наклонный скат, являются высокотехнологичными изделиями. Они имеют многокамерные стеклопакеты

для теплоизоляции, рамы с тепловыми барьерами, системы встроенного водоотвода по периметру и удобные механизмы открывания для проветривания. Установка такого окна должна выполняться строго по инструкции производителя, с применением специальных монтажных комплектов, которые обеспечивают герметичный и теплый узел при-
мыкания к кровельному пирогу.

Система организованного водоотвода, и устройства для вентиляции подкровельного пространства, и слуховые окна должны проектироваться как неотъемлемые части крыши, с учетом всех нагрузок, климатических особенностей региона Беларуси и архитектурного облика здания. Их монтаж требует внимания к деталям и соблюдения строительных норм и правил. Грамотно выполненный водоотвод защитит здание от разрушительного действия влаги, а эффективная вентиляция и правильно установленные окна обеспечат здоровый микроклимат и долгий срок службы всей конструкции крыши, будь то холодный чердак или теплая жилая мансарда.

6.5. Совмещенные покрытия: основные виды и конструкция

Совмещенные покрытия представляют собой особый тип конструкций, в которых функции традиционной крыши и чердачного перекрытия объединены в единый элемент. В отличие от рассмотренных ранее скатных крыш с холодным или теплым чердаком, здесь отсутствует чердачное пространство как таковое. Внешняя поверхность такого покрытия, как правило, является плоской или имеет очень небольшой уклон, измеряемый обычно в процентах, и служит непосредственной основой для кровельного ковра. Широкое применение совмещенных покрытий в гражданском и промышленном строительстве Беларуси обусловлено их экономической эффективностью, сокращением сроков возведения и возможностью использования освободившегося объема под технические этажи или эксплуатируемые площадки.

Основное конструктивное отличие совмещенного покрытия от чердачного заключается в том, что все слои, обеспечивающие теплоизоляцию, пароизоляцию и гидроизоляцию, расположены в едином «пироге» непосредственно над последним этажом здания. Это предъявляет повышенные требования к качеству материалов и тщательности производства работ, так как ремонт или замена внутренних слоев в случае их повреждения сопряжена со значительными трудностями. Классификация совмещенных покрытий производится, прежде всего,

по признаку наличия и организации воздушной прослойки. По этому принципу выделяют три основных вида: неветилируемые, вентилируемые и частично вентилируемые покрытия.

Неветилируемое, или «теплое», покрытие представляет собой многослойную конструкцию, где утеплитель уложен непосредственно на несущее основание, а сверху защищен гидроизоляционным ковром. Все слои плотно прилегают друг к другу. Основным недостатком такой конструкции является риск накопления влаги в толще утеплителя. Влага поступает в виде водяного пара из внутренних помещений здания, и, не имея выхода, конденсируется в утеплителе при переходе через точку росы, особенно в холодный период года. Это резко снижает теплотехнические свойства материала, приводит к его разрушению и, как следствие, к промерзанию покрытия. Поэтому ключевую роль в неветилируемых покрытиях играет абсолютно надежная пароизоляция, устраиваемая со стороны теплого помещения.

Вентилируемое, или «холодное», покрытие лишено этого недостатка благодаря наличию специальной воздушной полости между утеплителем и гидроизоляцией. Эта полость, высотой обычно от 40 до 60 сантиметров, сообщается с наружным воздухом через специальные продухи в парапетах или с помощью дефлекторов. Постоянный ток наружного воздуха выносит избыточную влагу, которая все же проникла через пароизоляцию, высушивая утеплитель и конструкцию в целом. Такое решение более надежно и долговечно в условиях белорусского климата с его значительными перепадами температур и высокой влажностью. Однако оно сложнее в исполнении и требует более высоких парапетов.

Частично вентилируемое покрытие является компромиссным вариантом. В его толще создаются каналы или пустоты в самом утеплителе, например, с помощью специальных плит с канавками или путем укладки отдельных слоев с зазорами. Эти каналы соединяются с наружным воздухом. Такая конструкция способствует некоторому проветриванию и отводу влаги, но менее эффективна, чем полноценная вентилируемая воздушная прослойка.

Конструкция совмещенного покрытия, независимо от его типа, представляет собой многослойный «пирог». Основанием для него чаще всего служат сборные или монолитные железобетонные плиты перекрытия, реже – профилированный стальной настил по металлическим балкам. На выровненное основание укладывается пароизоляционный слой. Его назначение – предотвратить миграцию водяного пара

из помещений в толщу утеплителя. Для этого используются материалы с высоким сопротивлением паропрооницанию: полиэтиленовые или полипропиленовые пленки, наплавляемые битумно-полимерные материалы, специальные мастики. Крайне важно, чтобы пароизоляция была сплошной, без разрывов, а ее края были тщательно заведены на вертикальные поверхности и соединены с пароизоляцией стен.

Следующим, ключевым слоем является теплоизоляция. В современном строительстве применяются плитные утеплители с низким коэффициентом теплопроводности и высокой прочностью на сжатие. Широко используются экструзионный пенополистирол, плиты из каменной или стеклянной ваты повышенной жесткости. Толщина слоя утеплителя определяется теплотехническим расчетом согласно нормам ТКП по тепловой защите зданий, действующим в Республике Беларусь. Утеплитель укладывается в один или несколько слоев, часто со смещением швов для предотвращения мостиков холода. В вентилируемых покрытиях поверх утеплителя устраивается разряженная обрешетка, которая и формирует необходимый вентиляционный зазор.

Поверх утеплителя или вентиляционного зазора устраивается выравнивающая стяжка. Она может быть цементно-песчаной, асфальтобетонной или выполняться из листовых материалов (асбестоцементные листы, плоский шифер). Назначение стяжки – создать прочное, ровное и жесткое основание для последующего устройства гидроизоляционного ковра и обеспечить заданные уклоны для стока воды. Уклоны (обычно от 1,5 % до 5 %) создаются либо путем укладки утеплителя переменной толщины, либо с помощью слоя легкого керамзитобетона, либо за счет наклонной стяжки.

Завершающим и наиболее ответственным слоем является гидроизоляционный ковер, или собственно кровля. Он должен обладать абсолютной водонепроницаемостью, эластичностью, стойкостью к солнечной радиации, перепадам температур и механическим воздействиям. Традиционными материалами долгое время служили рулонные материалы на битумной основе (рубероид, пергамин). В современной практике им на смену пришли более долговечные и технологичные наплавляемые битумно-полимерные материалы на основе стеклоткани или полиэстера, а также мембранные кровли (ПВХ, ТПО, ЭПДМ-мембраны). Гидроизоляционный ковер укладывается, как правило, в два или три слоя с обязательным нахлестом полотнищ и тщательной герметизацией швов. Особое внимание уделяется примыканиям к парапетам, вентиляционным шахтам, зенитным фонарям и другим выступающим эле-

ментам, где устраиваются дополнительные усиливающие слои и фартуки из листового металла.

Важнейшим элементом совмещенного покрытия является система организованного водоотвода. Вода с поверхности плоской кровли должна удаляться быстро и надежно. Применяются два основных типа систем: наружный и внутренний водосток. Наружный водосток предполагает установку водосточных желобов и труб по периметру здания. Это решение чаще используется в малоэтажном строительстве. В многоэтажных зданиях практически повсеместно применяется внутренний водосток. Он включает в себя водоприемные воронки, размещенные в пониженных точках кровли, вертикальные стояки, проходящие внутри здания, и подземный выпуск в ливневую канализацию. Конструкция воронки – сложный узел, она должна надежно соединяться с гидроизоляционным ковром, иметь систему обогрева для предотвращения обледенения зимой и защитную решетку от мусора. Расчет количества и расположения воронок выполняется исходя из площади водосбора и интенсивности осадков.

Эксплуатация совмещенных покрытий требует регулярного осмотра и обслуживания. Необходимо следить за чистотой поверхности, состоянием гидроизоляционного ковра, проходимостью водоприемных воронок и целостностью примыканий. Правильно спроектированное и качественно выполненное совмещенное покрытие является надежной и долговечной конструкцией, позволяющей эффективно использовать всю площадь здания и отвечающей современным требованиям по энергосбережению, что особенно актуально для строительного комплекса.

7. ЛЕСТНИЦЫ, ОКНА, ДВЕРИ

7.1. Лестницы: классификация, элементы и расчет параметров

Лестница является важнейшим коммуникационным элементом любого многоэтажного здания. Ее основное функциональное назначение – обеспечение безопасного и удобного вертикального перемещения людей. Помимо утилитарной, лестница часто выполняет и архитектурно-художественную функцию, являясь композиционным центром интерьера или парадным элементом фасада. В экстремальных ситуациях лестницы служат путями эвакуации, что предъявляет к их конструкции особые требования по пожарной безопасности и надежности.

Лестницы классифицируют по множеству признаков. По назначению их принято делить на основные, служебные, вспомогательные, аварийные и пожарные. Основные лестницы, как правило, располагают в центральной части здания, они предназначены для постоянного движения людей и отличаются большей шириной и удобством. Служебные и вспомогательные лестницы обеспечивают связь с подвальными, чердачными помещениями или техническими этажами и имеют более скромные размеры. Аварийные и пожарные лестницы предусматриваются специально для эвакуации и доступа пожарных расчетов, они могут быть внутренними или наружными и должны строго соответствовать нормативным документам.

По расположению в здании различают лестницы внутренние и наружные. По материалу основных несущих элементов – деревянные, каменные, бетонные (сборные или монолитные), металлические и комбинированные. По конструктивному решению выделяют лестницы с опиранием ступеней на косоуры или тетивы, а также консольные, винтовые и сборные из крупноразмерных элементов, например, цельных лестничных маршей и площадок. Каждый из этих типов имеет свои области применения, достоинства и технологические особенности.

Чтобы понимать принципы устройства и расчета лестниц, необходимо знать их основные элементы. Основной частью любой лестницы является лестничный марш – наклонная конструкция, состоящая из ряда ступеней. Марши в многоэтажных зданиях соединяются между собой горизонтальными участками, которые называются лестничными площадками. Площадки бывают этажными, расположенными на уровне пола этажа, и промежуточными, или междуэтажными. Ступень, в свою очередь, состоит из двух частей: горизонтальной, называемой проступью, и вертикальной, называемой подступенком. Проступь является рабочей плоскостью, на которую ступает нога человека, а подступенок определяет высоту подъема (рис. 7.1). В некоторых конструкциях, например, в лестницах открытого типа, подступенок может отсутствовать.

Несущими балками, поддерживающими ступени снизу и с боков, служат косоуры и тетивы. Косоур – это наклонная балка с гребенчатой верхней гранью, на которую непосредственно укладываются ступени. Тетива – это также наклонная балка, но ступени врезаются или крепятся к ее внутренней стороне, оставаясь с торцов закрытыми. Для безопасного движения по лестнице ее оборудуют ограждениями, состоя-

щими из перил и балясин (стоек). В современных зданиях ограждения могут быть выполнены из стекла, металла, пластика, что придает лестнице легкость и выразительность. Важным элементом безопасности, особенно в общественных зданиях, является пандус – пологий наклонный съезд, предназначенный для движения колесного транспорта, детских или инвалидных колясок.

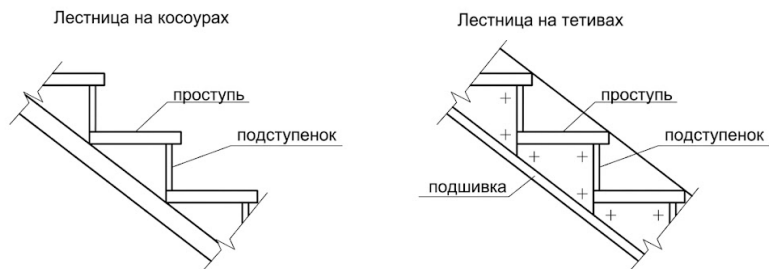


Рис. 7.1. Конструкции лестниц

Удобство и безопасность эксплуатации лестницы напрямую зависят от правильного расчета ее основных параметров. Эти параметры регламентируются строительными нормами и правилами, которые в Беларуси объединены в технические нормативные правовые акты. Ключевыми величинами для расчета являются уклон лестницы, ширина марша, высота и ширина ступеней. Уклон лестничного марша выражается отношением его высоты к длине горизонтальной проекции (заложению). Чем круче уклон, тем менее удобна лестница для повседневного хождения. В жилых и общественных зданиях уклон основных лестниц, как правило, принимается 1:2, что соответствует углу около 27 градусов. Для чердачных и подвальных лестниц уклон может быть более крутым.

Ширина лестничного марша определяется расчетным людским потоком и требованиями эвакуации. В жилых зданиях ширина основного марша обычно составляет не менее 0,9–1,0 метра, в общественных зданиях – от 1,35 метра и более, чтобы могли разойтись два человека. Ширина лестничной площадки должна быть не менее ширины марша. Важнейшей формулой, связывающей параметры ступени, является так называемая формула удобства, выведенная на основе средней длины шага человека:

$$2h + b = 600\text{--}640 \text{ мм},$$

где h – высота подступенка;

b – ширина проступи.

Например, при высоте ступени 150 мм ширина проступи составит 300–340 мм. Сумма этих двух размеров, равная примерно 450 мм, соответствует средней длине шага при спуске. Кроме того, для комфортного подъема ноги ширина проступи должна быть такой, чтобы опиралась на нее вся стопа или большая ее часть, поэтому на практике ширину проступи принимают не менее 250–300 мм, а высоту подступенка – в пределах 140–180 мм. Количество ступеней в одном марше по нормам не должно превышать 16–18 для жилых зданий, чтобы при спуске человек не утомлялся, и не менее 3 ступеней, чтобы их было легко заметить.

Рассмотрим теперь примеры конструкций лестниц из различных материалов. Деревянные лестницы чаще всего применяются в малоэтажном жилищном строительстве – в индивидуальных домах, коттеджах, а также как внутренние лестницы в квартирах двухуровневого типа.

Их достоинства – это относительно небольшой вес, эстетичный внешний вид, простота обработки и монтажа. Несущими элементами в них обычно служат тетивы или косоуры из массивного бруса, а ступени изготавливаются из твердых пород дерева – дуба, бука, ясеня. Недостатками являются горючесть, подверженность гниению и деформациям при изменении влажности, что требует специальной защитной обработки.

Бетонные лестницы – самые распространенные в массовом строительстве многоквартирных жилых, общественных и промышленных зданий. Они обладают высокой прочностью, долговечностью, огнестойкостью и хорошими звукоизолирующими свойствами. Монолитные железобетонные лестницы выполняются непосредственно на строительной площадке по опалубке, что позволяет создавать криволинейные и сложные по форме марши. Сборные железобетонные лестницы, состоящие из заранее изготовленных на заводе маршей и площадок, позволяют значительно ускорить монтаж. Такие марши обычно имеют пустоты для облегчения веса, а их поверхность часто служит готовым основанием для чистого пола. Отделка бетонных лестниц может быть самой разнообразной: керамической или каменной плиткой, мозаикой, деревом или просто окраской.

Металлические лестницы отличаются высокой прочностью при относительно малом весе и разнообразием дизайнерских решений. Они

широко применяются как наружные эвакуационные и пожарные лестницы, а также как эффектные внутренние конструкции в общественных зданиях, торговых центрах, офисах. Каркас такой лестницы сваривается из стальных профилей – швеллеров, уголков, труб. Ступени могут быть выполнены из рифленой стали, перфорированного листа, камня, стекла или дерева, уложенного на металлическое основание. Для защиты от коррозии металлические элементы грунтуют и окрашивают. К недостаткам можно отнести высокую теплопроводность и, при недостаточной отделке, повышенный шум от шагов.

Каменные лестницы, изготавливаемые из гранита, мрамора или искусственного камня, относятся к категории наиболее представительных и долговечных. Их используют в парадных интерьерах дворцов, театров, музеев, банков, а также для наружных входных групп. Как правило, это сборные конструкции, где каждая ступень вытачивается из цельного блока и укладывается на бетонное или металлическое основание. Такие лестницы требуют высокой квалификации при изготовлении и монтаже и имеют значительный вес и стоимость.

В современных архитектурных проектах часто встречаются комбинированные лестницы, в которых удачно сочетаются преимущества разных материалов. Например, монолитный железобетонный косяк может быть облицован деревом, а ограждение выполнено из стекла и нержавеющей стали. Или металлический каркас служит основой для легких стеклянных ступеней. Подбор материалов и конструктивного решения лестницы всегда является компромиссом между функциональными требованиями, экономической целесообразностью, эстетическим замыслом архитектора и условиями конкретного строительного объекта.

7.2. Окна: назначение, классификация, элементы оконных блоков

Назначение окон в зданиях многогранно. Первостепенной и очевидной функцией является обеспечение естественного освещения помещений. Солнечный свет необходим не только для создания комфортной визуальной среды и снижения нагрузки на зрение, но и оказывает положительное психофизиологическое воздействие на человека.

Второй фундаментальной функцией является естественная вентиляция и проветривание. Возможность открыть створку окна позволяет регулировать воздухообмен, удалять избыточную влагу, запахи и поддерживать здоровый микроклимат.

Третья критически важная задача – теплозащита. Современное окно выступает основным барьером на пути потерь тепла из помещения в холодный период года и защиты от перегрева в жаркое время. От его качества напрямую зависят расходы на отопление и кондиционирование.

Четвертая функция – защита от внешних шумов, то есть звукоизоляция. Особенно это актуально для зданий, расположенных в оживленных городских районах или вблизи источников шума. Пятое назначение – обеспечение визуальной связи с окружающим пространством, что важно для психологического комфорта. И наконец, окно является элементом архитектурной композиции фасада, участвуя в формировании ритма, пропорций и общего художественного образа здания.

Классификация окон осуществляется по множеству признаков, что отражает разнообразие требований к ним. По основному материалу изготовления коробки и створок различают окна деревянные, поливинилхлоридные (ПВХ), алюминиевые, комбинированные (например, дерево-алюминий) и, реже, стальные. Каждый материал обладает своими преимуществами и сферами рационального применения. Деревянные окна, традиционные для нашего региона, экологичны, имеют хорошие теплотехнические показатели, но требуют регулярного ухода. Пластиковые окна из ПВХ получили широчайшее распространение благодаря высокой герметичности, хорошим тепло- и звукоизоляционным свойствам, долговечности и минимальным требованиям к обслуживанию. Алюминиевые окна отличаются легкостью, прочностью и долговечностью, часто применяются в больших витражах и общественных зданиях, но требуют терморазрыва в профиле для использования в жилых помещениях из-за высокой теплопроводности алюминия.

По количеству створок в одном блоке окна бывают одно-, двух- и трехстворчатые, а в больших проемах – многостворчатые. По способу открывания створок классификация очень обширна. Распространены поворотные створки, открывающиеся внутрь или наружу вокруг вертикальной боковой оси. Откидные створки открываются вокруг нижней горизонтальной оси, что удобно для режима проветривания. Поворотно-откидной механизм, ставший стандартом для современных конструкций, сочетает оба варианта. Раздвижные створки перемещаются вдоль плоскости окна по направляющим, что экономит пространство внутри помещения. Подъемные створки, а также фрамуги с верхней подвеской встречаются реже. Глухие (неоткрывающиеся) створки применяются для снижения стоимости или в комбинации с открывающимися элементами в больших блоках.

По архитектурному рисунку и форме окна делятся на прямоугольные, арочные, круглые, треугольные и другие, что определяется стилистикой здания. Важным классификационным признаком является расположение в плоскости стены. Выделяют окна в одной плоскости с наружной стеной, утопленные относительно фасада (в нише) и вынесенные вперед, что влияет на освещенность, защиту от осадков и архитектурную выразительность.

Конструкция современного оконного блока представляет собой сложную систему, состоящую из нескольких основных элементов. Первый элемент – оконная коробка. Это неподвижная рама, которая жестко крепится к стеновому проему. Она является несущей основой, к которой монтируются створки. Коробка должна обладать высокой прочностью и жесткостью, чтобы противостоять ветровым нагрузкам и передавать их на стену. Вторым ключевым элементом – створки. Это открывающиеся или глухие части, в которые устанавливается светопрозрачное заполнение. Створка состоит из профиля (рамки) и стеклопакета. Третий элемент – фурнитура. Это обобщенное название всех механизмов, обеспечивающих открывание, закрывание, фиксацию и регулировку створок. Сюда относятся петли, запорные механизмы (цапфы и ответные планки), ручки, ножницы для откидного открывания, микролифты для тяжелых створок и многое другое. Качественная фурнитура определяет долговечность, удобство и безопасность эксплуатации окна (рис. 7.2).

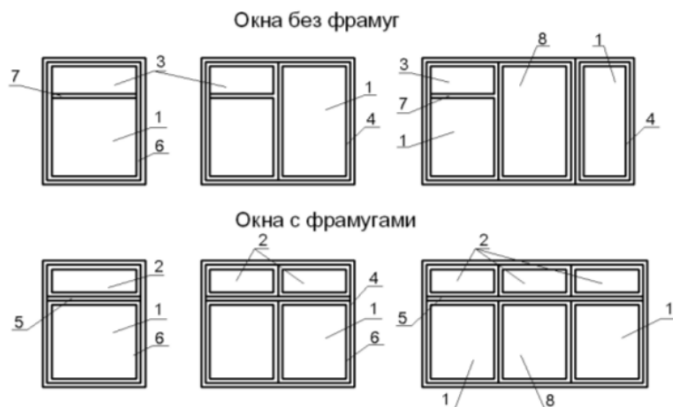


Рис. 7.2. Конструкция оконного блока:

- 1 – створка; 2 – фрамуга; 3 – форточка; 4 – обвязка оконной коробки;
- 5 – горизонтальный импост коробки; 6 – обвязка створки;
- 7 – горбылек; 8 – глухая створка

Четвертый, самый важный с точки зрения тепло- и звукоизоляции элемент – это светопрозрачное заполнение. В абсолютном большинстве случаев сегодня это стеклопакет. Стеклопакет представляет собой герметичную конструкцию из двух или более листов стекла, разделенных дистанционными рамками и скрепленных по периметру. Пространство между стеклами, называемое камерой, заполняется осушенным воздухом или инертными газами (аргон, криптон) для повышения теплоизолирующих свойств. Однокамерный стеклопакет (два стекла) и двухкамерный (три стекла) – наиболее распространенные типы. Сами стекла также могут быть специальными: энергосберегающие с низкоэмиссионным покрытием, multifункциональные, солнцезащитные, ударостойкие, шумозащитные.

Пятый элемент – уплотнители. Резиновые или силиконовые прокладки, установленные по периметру створок и в местах примыкания стеклопакета к профилю, обеспечивают герметичность, защищают от продувания и проникновения влаги.

Шестой элемент – штапик. Это декоративно-удерживающая планка, которая фиксирует стеклопакет в створке. И седьмой важный компонент – подоконная доска (внутренний подоконник) и отливы (наружный водоотводящий элемент), которые обеспечивают правильное примыкания окна к конструкциям стены и отвод воды с внешней стороны.

Расчет естественной освещенности помещений является обязательной частью проектирования и регламентируется строительными нормами. Цель расчета – определить достаточную площадь световых проемов (окон) для обеспечения в помещении нормативного значения коэффициента естественной освещенности (КЕО). КЕО выражается в процентах и показывает, какую долю от освещенности на горизонтальной поверхности под открытым небом составляет освещенность в данной точке внутри помещения. Нормативные значения КЕО зависят от назначения помещения, разряда зрительной работы, географического расположения (светового климата) и ориентации окон по сторонам света.

Основой для упрощенного проверочного расчета часто служит геометрический метод, или метод световых характеристик. Расчет ведется по формуле, которая связывает необходимую суммарную площадь остекления с площадью пола помещения, нормированным значением КЕО, рядом корректирующих коэффициентов и, собственно, световой характеристикой окна. Световая характеристика является табличным значением и зависит от соотношения размеров помещения (глубины к высоте от уровня условной рабочей плоскости до верха окна) и от отно-

шения длины помещения к его глубине. Корректирующие коэффициенты учитывают затемнение окон противостоящими зданиями, затенение несущими элементами переплета, светопропускание материала остекления (с учетом потерь в стеклопакете), загрязнение остекления в зависимости от угла его наклона и местных условий, а также отражение света от внутренних поверхностей помещения (коэффициент, учитывающий повышение КЕО за счет светового потока, отраженного от стен, потолка, пола).

Таким образом, проектирование окна – это комплексная задача. Инженер или архитектор должен выбрать тип оконного блока, его материал, конструкцию, форму и размеры, которые будут не только соответствовать архитектурному замыслу, но и обеспечивать нормативные показатели по освещенности, теплозащите, звукоизоляции и воздухопроницаемости. Правильно спроектированное и смонтированное окно на долгие годы становится надежным, энергоэффективным и эстетичным элементом здания, вносящим существенный вклад в создание комфортной и здоровой среды для жизнедеятельности человека.

7.3. Двери: основные виды, типы конструкций и дверные блоки

Двери представляют собой неотъемлемый элемент любого здания, выполняющий целый комплекс важнейших функций. Основное их назначение – обеспечение связи и изоляции между различными помещениями, а также между внутренним пространством здания и внешней средой. Помимо этой базовой задачи, двери играют ключевую роль в организации эвакуации людей в случае чрезвычайной ситуации, в защите помещений от несанкционированного проникновения, в обеспечении тепло- и звукоизоляции, а также в формировании архитектурного облика интерьеров и фасадов. Конструкция и материалы современных дверей разрабатываются с учетом всех этих требований, что делает их сложными инженерно-строительными изделиями.

Классификация дверей может проводиться по множеству признаков, и понимание этих различий крайне важно для правильного выбора и проектирования. Прежде всего, двери различают по их местоположению и назначению. Наружные двери отделяют внутренние помещения от улицы или холодных неотапливаемых помещений, таких как подъезды или тамбуры. Они подвергаются воздействию перепадов температур, осадков, солнечного излучения и потому должны обладать повышенной стойко-

стью, высокой теплоизоляцией и надежностью. Внутренние двери устанавливаются внутри отапливаемой части здания и разделяют жилые, общественные, служебные и другие помещения. Их требования часто смещены в сторону эстетики, звукоизоляции и удобства эксплуатации в условиях стабильного микроклимата. Особую группу составляют специальные двери, к которым можно отнести, например, противопожарные, дымозащитные, пуленепробиваемые, энергосберегающие или двери для помещений с особыми санитарными требованиями.

Другим фундаментальным признаком классификации является материал полотна и коробки. Деревянные двери, традиционные и широко распространенные, ценятся за свою экологичность, эстетическое разнообразие и хорошие теплоизоляционные свойства. Они могут быть изготовлены из массива ценных пород древесины или быть щитовыми, с заполнением из сотового картона или реек, облицованными шпоном или ламинатом. Металлические двери, чаще всего стальные, являются стандартом для входных групп благодаря своей исключительной прочности и безопасности. Их конструкция представляет собой каркас из стального профиля, обшитый листовой сталью, с внутренним заполнением утеплителем и обязательными ребрами жесткости. Стальные двери, выполненные из закаленного или триплексного стекла, находят применение там, где важно визуальное расширение пространства и проникновение естественного света, например, в офисах, торговых центрах, общественных зданиях. Пластиковые двери, обычно из поливинилхлоридного профиля, аналогичного оконному, обладают хорошими изоляционными качествами, стойкостью к влаге и не требуют сложного ухода. Кроме того, широко применяются комбинированные конструкции, сочетающие, к примеру, металл и дерево, или алюминиевый профиль со стеклопакетами.

Способ открывания двери является одним из самых заметных для пользователя признаков и напрямую влияет на планировку помещения и организацию движения. Распашные двери – это самый привычный и массовый тип. Их полотно крепится к коробке с помощью петель и вращается вокруг вертикальной оси. Они могут быть одностворчатыми, двустворчатыми и даже полуторными, где одна створка является основной, а вторая – вспомогательной. Распашные двери отличаются простотой, надежностью и хорошей герметичностью, но требуют свободного пространства для движения створки. Раздвижные двери, или двери-купе, перемещаются параллельно плоскости стены или вдоль

нее по специальным направляющим. Они экономят пространство, что делает их незаменимыми в малогабаритных помещениях, гардеробных, современных кухнях. Складные двери состоят из нескольких панелей, соединенных шарнирами, и при открывании складываются «гармошкой», также не требуя много места. Маятниковые двери, закрепленные на специальных напольных и притолочных петлях, способны открываться в обе стороны, что удобно для проходных помещений с интенсивным движением, таких как рестораны, больницы, производственные цеха. Кроме того, существуют вращающиеся (револьверные) двери, обычно используемые в зданиях с высокими требованиями к энергосбережению и контролю микроклимата в вестибюлях.

Конструкция самого дверного полотна также разнообразна. Филенчатые двери состоят из каркаса-обвязки, в пазы которого вставлены более тонкие филенки из дерева, фанеры, стекла или иного материала. Такая конструкция позволяет создавать рельефные поверхности и является классической для интерьерных деревянных дверей. Щитовые двери имеют в своей основе сплошной или мелкопустотный щит. Сплошной щит может быть из массива древесины или представлять собой сэндвич-панель с утеплителем внутри, облицованную с двух сторон шпоном, ламинатом или другим материалом. Пустотный щит часто имеет внутреннее заполнение в виде сот из картона или решетки из деревянных реек, что снижает вес и стоимость изделия при сохранении жесткости. Стекланные полотна, как уже упоминалось, изготавливаются из безопасного стекла и часто комбинируются с профильными рамами из алюминия, стали или дерева.

Важнейшим понятием при монтаже и проектировании является дверной блок. Это готовое к установке изделие, представляющее собой собранную воедино конструкцию, которая включает в себя дверное полотно, дверную коробку (раму), навесные петли, а часто и встроенную фурнитуру – замки, ручки, доводчики, если это предусмотрено. Дверная коробка – это жесткая рама, которая закрепляется в дверном проеме стены и является основой для навески полотна. Она компенсирует неровности проема, обеспечивает точное положение двери и служит для крепления наличников, скрывающих монтажный шов. Коробки могут быть деревянными, металлическими или из МДФ, а их форма и сечение зависят от толщины стены и типа двери (рис. 7.3).

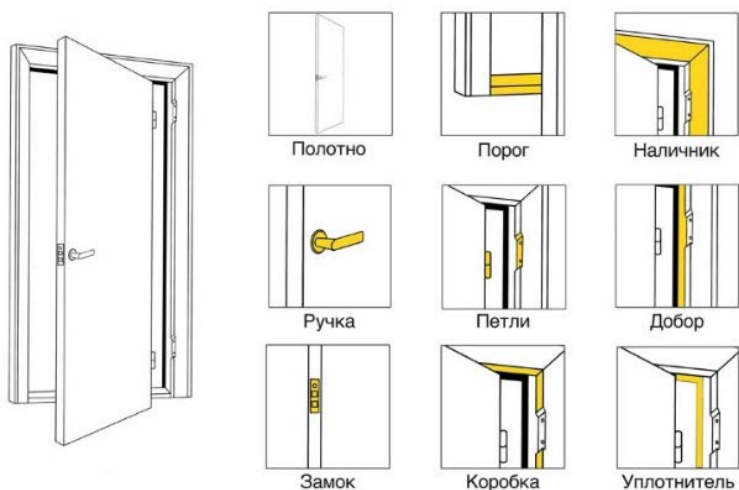


Рис. 7.3. Элементы межкомнатной двери

Стандартные дверные блоки для жилых помещений в Беларуси изготавливаются в соответствии с техническими нормами, которые регламентируют размеры, например, высоту полотна 2 000 или 2 100 мм, и ширину 600, 700, 800, 900 мм для межкомнатных дверей. Для входных групп ширина проема, как правило, больше.

При установке дверного блока между коробкой и стеной остается монтажный зазор, который заполняется монтажной пеной. Этот слой обеспечивает не только фиксацию, но и тепло- и звукоизоляцию. Для защиты от продувания и улучшения изоляционных свойств по периметру дверного полотна в коробке или в самом полотне устанавливаются уплотнительные прокладки из резины, силикона или термопластичного эластомера. Для наружных дверей, особенно металлических, критически важным элементом является порог, который обеспечивает притвор в нижней части двери. Современные конструкции часто оснащаются автоматическими порогами, которые опускаются при закрывании двери, обеспечивая высокую герметичность, и поднимаются при открывании для удобства прохода.

Выбор типа, конструкции и материала двери в строительстве всегда является компромиссом между множеством факторов: функциональным назначением помещения, требованиями пожарной безопасности и

звукоизоляции, климатическими условиями, архитектурным замыслом и, конечно, экономической целесообразностью. Грамотный инженер-строитель или архитектор должен учитывать все эти аспекты, чтобы дверь не просто закрывала проем, а эффективно выполняла весь спектр возложенных на нее задач, служа долго и надежно. В условиях Беларуси, с ее характерным климатом, особое внимание при проектировании и монтаже уделяется именно наружным дверям, их способности сохранять тепло и противостоять воздействию внешней среды, что напрямую влияет на энергоэффективность здания в целом.

7.4. Перемычки. Элементы перекрытия проемов. Сборные железобетонные перемычки

Перемычка – это конструктивный элемент, устанавливаемый над проемом в стене для восприятия нагрузки от вышерасположенной кладки, перекрытия или других конструкций и передачи этой нагрузки на боковые участки стены, называемые простенками. Без перемычек устройство любого проема в несущей стене было бы невозможным, так как кладка над проемом просто обрушилась бы. Таким образом, перемычки выполняют несущую функцию, обеспечивая целостность и устойчивость стеной конструкции. Кроме несущей, они также часто выполняют архитектурно-декоративную роль, формируя верхнюю линию проема, а в некоторых случаях служат основой для крепления оконных или дверных блоков.

В современном строительстве, особенно в массовом жилищном и гражданском, абсолютное преимущество получили сборные железобетонные перемычки. Их применение обусловлено целым рядом неоспоримых преимуществ. Во-первых, это высокая прочность и несущая способность, позволяющая перекрывать значительные пролеты и воспринимать большие нагрузки. Во-вторых, это долговечность и огнестойкость, соответствующие общим требованиям к капитальным зданиям. В-третьих, это технологичность и скорость монтажа, так как готовые элементы доставляются на объект и устанавливаются краном, что значительно сокращает сроки возведения стен. В-четвертых, это стабильность качества, обеспечиваемая заводским изготовлением в контролируемых условиях, в отличие от перемычек, изготавливаемых непосредственно на стройплощадке.

Сборные железобетонные перемычки (рис. 7.4) классифицируются по нескольким основным признакам: по назначению и несущей спо-

способности, по форме поперечного сечения, по размерам и способу армирования. По назначению их принято делить на несущие и ненесущие, или, как их иногда называют, самонесущие. Несущие перемычки рассчитываются на восприятие нагрузки не только от собственного веса и массы стены над проемом, но и от опирающихся на эту стену плит перекрытия или других конструкций. Ненесущие перемычки воспринимают нагрузку только от собственного веса и участка стены, расположенного непосредственно над проемом, при условии, что перекрытие опирается на участки стены за пределами проема. Это различие принципиально важно для проектирования и выбора типа перемычки.



Рис. 7.4. Сборные железобетонные перемычки

По форме поперечного сечения наиболее распространены перемычки брускового типа, имеющие прямоугольное сечение, и плитные перемычки, которые имеют большую ширину, сопоставимую с толщиной стены. Брусковые перемычки, часто называемые просто «брусками», имеют ширину, как правило, равную толщине кладки в полкирпича или кирпича (120–140 мм), и высоту, кратную размерам кирпича или модулю. Они устанавливаются по несколько штук в ряд в зависимости от толщины стены. Например, в стену толщиной в два кирпича (510 мм) может устанавливаться четыре брусковых перемычки шириной 120 мм каждая. Плитные перемычки имеют ширину, равную толщине стены (250, 380, 510 мм и более), и укладываются одной или двумя плитами на весь проем. Они часто применяются в наружных стенах, так как одновременно могут выполнять функцию утепленного элемента или четверти для оконного блока.

Армирование железобетонных перемычек является каркасным и зависит от их несущей способности. Ненесущие перемычки армируются, как правило, плоским или простым пространственным каркасом из стержней периодического профиля. Несущие перемычки, испытывающие значительные изгибающие моменты, армируются более мощным пространственным каркасом с установкой дополнительных продольных стержней в растянутой зоне и поперечных хомутов, предотвращающих развитие наклонных трещин. Все арматурные стержни должны иметь защитный бетонный слой, предохраняющий сталь от коррозии. Для монтажа перемычек в них закладываются монтажные петли или специальные отверстия для строповки.

Маркировка сборных железобетонных перемычек осуществляется в соответствии с государственными стандартами и содержит в себе всю необходимую информацию для их идентификации. Марка состоит из буквенно-цифрового обозначения. Буквы указывают на тип перемычки: например, ПБ – перемычка брусковая, ПП – перемычка плитная, ПГ – перемычка балочная (грузовая) для больших нагрузок и пролетов. Далее следуют цифры, обозначающие длину и ширину перемычки в дециметрах, а также иногда несущую способность в килопаскалях или порядковый номер по несущей способности. Например, марка ПБ 25-12-п означает брусковую перемычку длиной 2500 мм, шириной 120 мм, ненесущую (самонесущую). А марка ПП 30-10-ат означает плитную перемычку длиной 3 000 мм, шириной 1 000 мм (для стены толщиной 1 000 мм), несущую, предназначенную для тяжелых нагрузок.

Технология монтажа сборных железобетонных перемычек является важным этапом возведения стен. Перед установкой перемычек необходимо завершить кладку простенков до проектной отметки низа перемычки. Поверхность опоры выравнивается раствором. Перемычку поднимают краном, аккуратно заводят над проемом и опускают на подготовленное место. Глубина опирания перемычки на стену является критическим параметром и нормируется. Для несущих перемычек минимальная глубина опирания обычно составляет не менее 250 мм с каждой стороны, для ненесущих – не менее 125 мм. Это обеспечивает надежную передачу нагрузки и предотвращает скол края кладки. При монтаже необходимо контролировать горизонтальность установки перемычки с помощью уровня. Если перемычка состоит из нескольких брусков, их устанавливают вплотную друг к другу. После установки и выверки положение перемычки фиксируется, и можно продолжать кладку стены выше проема (рис. 7.5).

При проектировании и монтаже перемычек необходимо учитывать ряд специфических моментов. В наружных стенах для образования четверти, в которую будет устанавливаться оконный блок, часто применяют специальные перемычки с выступом (четвертью) или комбинируют брусковые перемычки, смещая одну из них относительно плоскости стены.



Рис. 7.5. Перемычка в оконном проеме

В местах опирания плит перекрытия на участок стены, где расположена перемычка, под плиту обязательно укладывается монолитный участок или дополнительная распределительная подушка из тяжелого бетона для равномерной передачи нагрузки. В случае, когда ширина простенка между двумя близко расположенными проемами недостаточна для нормального опирания двух отдельных перемычек, применяют общую перемычку, перекрывающую оба проема сразу, что требует специального расчета.

Кроме сборных железобетонных, в практике, особенно в малоэтажном или ремонтном строительстве, могут встречаться и другие типы перемычек, такие как металлические (из уголков или швеллеров), кирпичные (рядовые, клинчатые, арочные), монолитные железобетонные, изготавливаемые непосредственно на объекте в опалубке. Однако их применение имеет определенные ограничения по несущей способности, трудоемкости или долговечности.

8. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ И ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ

8.1. Крупнопанельные здания: достоинства, классификация

Крупнопанельное строительство представляет собой метод возведения зданий из предварительно изготовленных на заводе крупноразмерных плоскостных элементов – панелей. Эти панели, по сути, являются готовыми фрагментами будущего здания: стен, перекрытий, лестничных маршей и площадок, которые доставляются на строительную площадку и монтируются в проектное положение. Важно понимать, что в отличие от мелкоштучных материалов (кирпича, блоков), панель – это крупный конструктивный элемент, который уже на заводе наделяется необходимыми физико-техническими свойствами: несущей способностью, теплоизоляционными качествами, а часто и отделочным слоем.

Главным и неоспоримым достоинством крупнопанельного домостроения является высокая степень индустриализации строительного процесса. Перенос основных трудоемких процессов со строительной площадки в условия заводского цеха позволяет достичь значительного повышения производительности труда. На заводе создаются стабильные условия, не зависящие от времени года и погоды, что обеспечивает высокое и контролируемое качество изделий. Применение точной опалубки, механизированных линий по приготовлению и укладке бетонной смеси, специальных камер для тепловлажностной обработки бетона гарантирует соблюдение всех проектных параметров панелей по геометрическим размерам, прочности, плотности и морозостойкости.

Вторым ключевым достоинством является радикальное сокращение сроков возведения зданий. Монтаж здания из готовых элементов напоминает сборку конструктора, где каждый элемент занимает свое строго определенное место (рис. 8.1). Это позволяет вести работы высокими темпами, практически исключая так называемые «мокрые» процессы, связанные с твердением бетона или раствора в конструкции. Сокращение сроков строительства напрямую ведет к снижению накладных расходов и более быстрой отдаче вложенных средств, что имеет огромное экономическое значение.



Рис. 8.1. Железобетонные панели используют для возведения стен зданий

Третьим важным преимуществом можно считать снижение трудоемкости работ непосредственно на строительной площадке. Монтаж крупногабаритных элементов осуществляется с помощью кранов, а роль рабочих сводится в основном к их точной установке, выверке и соединению между собой. Это уменьшает общую потребность в рабочей силе на объекте и снижает долю тяжелого ручного труда. Кроме того, строительная площадка становится более организованной и менее загроможденной материалами, что повышает культуру производства и безопасность труда.

Четвертое достоинство связано с экономической эффективностью. Хотя заводское производство панелей требует значительных капиталовложений в создание производственной базы, при массовом, серийном выпуске изделий себестоимость одного квадратного метра жилья оказывается ниже, чем при многих традиционных методах. Экономия достигается за счет рационального расхода материалов (особенно при использовании эффективных утеплителей), сокращения транспортных издержек на доставку множества мелких элементов, а также за счет минимизации отходов на стройплощадке.

Пятым аспектом является возможность применения эффективных теплоизоляционных материалов в заводских условиях. Современные крупнопанельные конструкции, особенно наружные стеновые панели,

часто представляют собой многослойные элементы, где несущий слой из тяжелого или легкого бетона сочетается со слоем эффективного утеплителя (минеральной ваты, пенополистирола) и внешним защитно-декоративным слоем. Собрать такую «сэндвич»-конструкцию с обеспечением качественного соединения слоев и точным позиционированием утеплителя гораздо проще и надежнее в заводском цехе, чем на строительном объекте.

Однако, наряду с достоинствами, необходимо помнить и об определенных особенностях, требующих внимания. К ним можно отнести повышенные требования к точности изготовления и монтажа, так как отклонения в размерах панелей могут привести к сложностям при стыковке. Также важнейшей задачей является обеспечение надежности и герметичности монтажных стыков между панелями, так как именно стыки являются потенциально слабым местом в ограждающих конструкциях, подверженным теплотерям и возможным продуваниям. Современные технологии и материалы для заделки швов позволяют успешно решать эти задачи.

Для систематизации многообразия крупнопанельных зданий существует их классификация по нескольким основным признакам. Первым и фундаментальным признаком классификации является этажность здания. Конструктивные решения и номенклатура панелей для малоэтажных, среднеэтажных и многоэтажных зданий существенно различаются. С увеличением этажности возрастают нагрузки, а значит, и требования к несущей способности элементов, особенно панелей наружных и внутренних стен, а также перекрытий.

Вторым важнейшим классификационным признаком является конструктивная схема здания, то есть система передачи вертикальных и горизонтальных нагрузок. Здесь выделяют две основные схемы: здания с несущими поперечными стенами и здания с несущими продольными стенами. В первом случае основными вертикальными несущими элементами являются поперечные стены, расположенные перпендикулярно фасаду, а наружные стеновые панели могут быть как несущими, так и самонесущими или навесными. Во втором случае нагрузку несут продольные стены, часто наружные и внутренние, а перекрытия опираются на них. Существует также комбинированная схема с перекрестным расположением несущих стен и бескаркасная схема с опиранием перекрытий на все четыре стены квартиры. Выбор схемы определяет планировочную свободу, размеры и номенклатуру панелей.

Третий признак классификации связан с материалом, из которого изготавливаются панели. Наиболее распространены панели из тяжело-

го бетона на плотных заполнителях, обладающие высокой прочностью. Широко применяются также панели из легких бетонов на пористых заполнителях, например, керамзитобетона, которые имеют улучшенные теплоизоляционные свойства. Для наружных ограждающих конструкций используются эффективные многослойные (трехслойные) панели с внутренним несущим слоем из тяжелого или легкого бетона, средним слоем утеплителя и наружным защитно-декоративным слоем из плотного бетона, керамики или других материалов.

Четвертый признак – это тип наружных стеновых панелей по их конструктивному назначению. Различают панели несущие, которые воспринимают нагрузку от перекрытий и вышележащих этажей; самонесущие, которые передают нагрузку только от собственного веса на фундамент через специальные элементы; и навесные, которые являются только ограждением и крепятся к несущему каркасу или поперечным стенам здания. Этот признак тесно связан с выбранной конструктивной схемой.

Пятый признак классификации касается объемно-планировочного решения. Здания могут быть рядовыми (секционными), состоящими из повторяющихся жилых секций; башенными (точечными), имеющими компактный план; а также могут включать встроенно-пристроенные нежилые помещения. В зависимости от этого меняется номенклатура и конфигурация панелей, особенно угловых и доборных элементов.

Таким образом, крупнопанельное домостроение представляет собой высокоиндустриальную отрасль, основанную на использовании крупноразмерных сборных элементов заводского изготовления. Его основные достоинства – скорость возведения, высокое качество, экономическая эффективность при серийном производстве и снижение трудоемкости на стройплощадке. Классификация таких зданий помогает систематизировать подходы к их проектированию и строительству, учитывая этажность, конструктивную схему, материалы, тип стеновых панелей и планировочные особенности. Понимание этих основополагающих принципов необходимо для дальнейшего изучения конкретных конструктивных решений узлов и деталей крупнопанельных зданий.

8.2. Деревянные здания: типы и область применения

Деревянные здания занимают особое место в мировой и отечественной строительной практике, сочетая в себе многовековые традиции и современные технологические решения. Их актуальность в со-

временном мире, в том числе и в Республике Беларусь, обусловлена целым рядом факторов, среди которых экологичность, эстетическая привлекательность, хорошие теплотехнические характеристики и, в определенных условиях, экономическая целесообразность. Данная подглава посвящена рассмотрению основных типов деревянных зданий и сфер их эффективного применения, что является важным знанием для будущего специалиста-строителя.

Прежде всего, необходимо понимать, что деревянные здания классифицируются по нескольким ключевым признакам. Основным из них является назначение здания. Здесь можно выделить жилые дома, как индивидуальные, так и блокированные, общественные здания малой этажности, к которым относятся детские сады, школы в сельской местности, небольшие гостиницы, туристические базы и рекреационные комплексы, а также разнообразные сельскохозяйственные и производственные постройки, такие как склады, ангары, мастерские. Вторым фундаментальным признаком классификации является конструктивная система здания, то есть способ организации несущих элементов из древесины. Именно на этом признаке мы сосредоточим наше основное внимание.

Исторически первой и наиболее традиционной конструктивной системой являются здания из массивной древесины, к которым относятся срубные (бревенчатые) и брусчатые дома. В срубной конструкции несущие стены собираются из горизонтально уложенных друг на друга бревен, соединенных в углах и пересечениях специальными врубками – «в чашу», «в лапу» или с помощью современных механических соединений. Стены из оцилиндрованного бревна, прошедшего механическую обработку для придания единого диаметра, позволяют достичь высокой точности сборки и эстетичного вида. Основными достоинствами бревенчатых домов считаются высокая долговечность при правильной защите, уникальный микроклимат внутри помещений благодаря способности древесины «дышать», и неповторимый архитектурный облик. Однако такие дома подвержены значительной усадке в течение первых лет после возведения, что требует особых технологических перерывов или применения компенсирующих устройств, например, при установке окон и дверей. Также они предъявляют высокие требования к качеству материала и квалификации плотников.

Брусчатые дома представляют собой эволюцию срубной технологии. Здесь стены собираются из профилированного или клееного бруса прямоугольного сечения. Профилированный брус имеет систему пазов

и гребней на верхней и нижней гранях, что обеспечивает плотное соеденение венцов и улучшает теплоизоляцию стены. Клееный брус, изготавливаемый путем склейки под давлением отдельных ламелей (досок), лишен многих недостатков цельной древесины: он практически не дает усадки, не коробится и обладает повышенной прочностью. Дома из массивной древесины, будь то бревно или брус, находят широкое применение в коттеджном и малоэтажном строительстве, особенно в сфере индивидуального жилья, где ценятся за свой натуральный вид и атмосферу.

Второй крупной группой являются каркасные и каркасно-щитовые (панельные) деревянные здания. Эта технология является одной из наиболее распространенных в мире для малоэтажного строительства в силу своей экономичности и высокой скорости возведения. Несущую основу такого здания составляет деревянный каркас, состоящий из нижней и верхней обвязок, вертикальных стоек, горизонтальных перемычек и раскосов, обеспечивающих пространственную жесткость. Каркас обшивается с внешней и внутренней стороны листовыми материалами, а пространство между стойками заполняется эффективным утеплителем, например, минеральной ватой или эковатой. Важнейшим элементом такой конструкции является паро- и ветрозащитная мембрана, которая защищает утеплитель от увлажнения и обеспечивает долговечность всей стены.

Каркасная технология имеет несколько разновидностей. Классический метод подразумевает сборку каркаса и его заполнение непосредственно на строительной площадке. Каркасно-щитовая (панельная) технология является более индустриальной: целые стеновые панели, уже утепленные и обшитые с одной стороны, изготавливаются в заводских условиях и затем монтируются на подготовленный фундамент. Это позволяет сократить сроки строительства до нескольких недель и минимизировать влияние погодных условий. Главные преимущества каркасных домов – это легкость конструкции, не требующая массивных фундаментов, отличные теплоизоляционные свойства при относительно тонких стенах, возможность реализации сложных архитектурных форм и всесезонность строительства. Область их применения чрезвычайно широка: от индивидуальных жилых домов и дач до многоквартирных малоэтажных домов, офисных зданий, модульных гостиниц и объектов социального назначения (рис. 8.2).



Рис. 8.2. Пример каркасного дома

Отдельно следует упомянуть о деревянных зданиях со стенами из деревянных панелей типа CLT (Cross-Laminated Timber – кросс-ламинированная древесина). Это современная высокотехнологичная продукция, представляющая собой многослойные панели из склеенных под давлением слоев пиломатериалов, уложенных перпендикулярно друг другу. Такие панели обладают очень высокой прочностью, стабильностью размеров и могут использоваться не только как стены, но и как перекрытия и покрытия, что позволяет возводить из дерева здания средней этажности – в пять, шесть и более этажей. Хотя данная технология пока еще является новой для Беларуси, ее перспективы в рамках развития экологичного и индустриального строительства очевидны.

Кроме того, существуют комбинированные системы, в которых дерево используется вместе с другими материалами. Например, первый этаж дома может быть построен из кирпича или газобетона, а второй – по каркасной или брусовой технологии. Это позволяет оптимально распределить преимущества разных материалов.

Область применения деревянных зданий в Беларуси определяется комплексом факторов. Во-первых, это наличие собственной сырьевой

базы в виде лесных ресурсов. Во-вторых, растущий спрос на экологичное и энергоэффективное индивидуальное жилье. В-третьих, потребности в быстровозводимых и мобильных зданиях для различных отраслей. Деревянное домостроение идеально подходит для сельской местности, рекреационных зон у озер и лесов, где важно гармоничное вписывание объекта в природный ландшафт. Современные противопожарные и биозащитные пропитки, а также строгое соблюдение строительных норм и правил позволяют значительно повысить пожарную безопасность и долговечность деревянных конструкций, расширяя границы их применения.

Таким образом, выбор типа деревянного здания зависит от множества условий: назначения объекта, этажности, требуемой долговечности, бюджета, сроков строительства и архитектурного замысла. Специалист должен ясно понимать особенности, преимущества и ограничения каждой конструктивной системы, чтобы предложить оптимальное решение, отвечающее как требованиям технического задания, так и условиям конкретной местности. Развитие деревянного домостроения в республике видится в направлении повышения степени заводской готовности элементов, внедрения новых высокопрочных материалов на основе древесины и создания экономичных, теплых и комфортных зданий, отвечающих самым строгим современным стандартам.

9. ОСНОВЫ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

9.1. Виды проектов: типовые, индивидуальные, экспериментальные

Процесс создания любого здания начинается задолго до начала строительных работ на площадке. Этой отправной точкой является проектирование – сложная, многоэтапная деятельность, в результате которой рождается комплект документов, определяющих архитектурный облик, конструктивные решения, инженерное обеспечение и экономические параметры будущего объекта. Мы рассмотрим фундаментальные основы архитектурного проектирования гражданских зданий, сосредоточившись на классификации видов проектов и последовательности стадий их разработки. Понимание этих вопросов является ключевым для будущего специалиста, так как определяет организацию всего строительного процесса, его сроки, стоимость и конечное качество.

Прежде всего, необходимо разобраться в том, какие виды проектов существуют в современной практике. В зависимости от степени повторяемости, уникальности и целей создания проекты гражданских зданий подразделяются на три основных вида: типовые, индивидуальные и экспериментальные. Каждый из них занимает свою нишу в строительном комплексе и отвечает определенным социально-экономическим задачам.

Типовое проектирование было и остается мощным инструментом массового строительства, особенно в сфере жилья и объектов социальной инфраструктуры, таких как детские сады, школы или поликлиники. Суть типового проекта заключается в его многократном применении для возведения однотипных зданий в разных локациях. Основой для такого проекта служит типовая секция или блок-секция для жилых домов, либо типовый проект всего здания для общественных сооружений. Главное преимущество типового проектирования – значительное сокращение сроков и стоимости как самой проектной работы, так и последующего строительства за счет унификации и отработки решений. Использование типовых проектов позволяет применять стандартизированные конструктивные элементы, например, панели, лестничные марши, оконные блоки, что налаживает их массовое производство на домостроительных комбинатах. Это ведет к ускорению темпов строительства и снижению его себестоимости. Однако у типового проектирования есть и свои недостатки, главный из которых – определенная обезличенность архитектуры, недостаточный учет конкретных условий участка строительства, таких как рельеф, ориентация по сторонам света, особенности окружающей застройки. В современной практике типовое проектирование эволюционирует в сторону создания гибких типовых систем, например, каркасных или панельных, которые допускают некоторую вариативность в компоновке объемов и фасадов, что помогает нивелировать указанные недостатки.

Противоположностью типовому является индивидуальное проектирование. Как следует из названия, такой проект создается для конкретного, уникального здания, возводимого в определенном месте по специальному заказу. Индивидуальные проекты разрабатываются для объектов, к которым предъявляются особые требования: будь то представительская архитектура (административные здания, театры, музеи), здания сложной формы или функционала, либо объекты, встраиваемые в историческую или сложившуюся среду с жесткими градостроительными ограничениями. В индивидуальном проекте архитектор и инже-

неры имеют максимальную свободу для творческого поиска, оптимального учета всех нюансов участка, потребностей заказчика и создания выразительного архитектурного образа. Такой подход позволяет достичь высокой эстетической и функциональной ценности объекта, но требует значительно больше времени на проектирование, более дорогих и часто нестандартных материалов и конструкций, что в конечном итоге увеличивает сметную стоимость строительства. Индивидуальное проектирование является основой для создания архитектурных доминант и объектов, формирующих уникальный облик города.

Третий вид – экспериментальное проектирование – занимает особое место. Его цель – не немедленная реализация в массовом или единичном строительстве, а апробация новых, перспективных решений. Это могут быть принципиально новые архитектурно-планировочные концепции, например, энергоэффективные или «умные» дома, инновационные строительные материалы, неизвестные ранее конструктивные системы или технологии возведения. Экспериментальный проект служит своего рода исследовательским полигоном. На его основе может быть построено одно или несколько демонстрационных зданий, которые тщательно изучаются в процессе эксплуатации. Успешные разработки, проверенные в рамках экспериментального проектирования, затем могут быть типизированы и лечь в основу новых типовых проектов или применяться в индивидуальной практике. Таким образом, экспериментальное проектирование является двигателем прогресса в строительстве, обеспечивающим внедрение научных достижений в реальную практику.

Независимо от вида проекта, его разработка в Республике Беларусь, как и в большинстве стран с развитой строительной отраслью, осуществляется по четко установленным стадиям. Это последовательность этапов, каждый из которых имеет свои задачи, глубину проработки и форму итоговой документации. Двухстадийная система проектирования является наиболее распространенной для объектов средней сложности, к которым относится большинство гражданских зданий.

Первой стадией является стадия «Проект» (или «Эскизный проект» в некоторых классификациях). На этой стадии решаются принципиальные, фундаментальные вопросы. Основная задача – обоснование технической возможности и экономической целесообразности строительства именно такого объекта на выбранном участке. Архитекторы на этой стадии разрабатывают генеральный план участка, определяют объемно-планировочное решение самого здания: его общую форму,

этажность, взаимное расположение основных функциональных зон, конструктивную схему. Создаются эскизы фасадов, дающие представление об архитектурном облике. Инженерные разделы прорабатываются в общем виде: определяются основные принципы систем отопления, вентиляции, водоснабжения, канализации, электроснабжения. Важнейшим итогом стадии «Проект» является сводный сметный расчет, определяющий ориентировочную стоимость строительства. На основе этой стадии заказчик, совместно с органами государственной экспертизы и местными властями, принимает ключевое решение о целесообразности продолжения работ и утверждает основные параметры будущего объекта.

После утверждения «Проекта» начинается вторая, более детальная стадия – «Рабочая документация» (или «Рабочий проект»). Если на первой стадии мы отвечали на вопрос «что строить?», то здесь мы детально прописываем «как строить?». Задача этой стадии – создание полного комплекта чертежей и спецификаций, достаточных для производства строительных и монтажных работ, а также для заказа необходимого оборудования и материалов. Архитектурно-строительные чертежи становятся предельно подробными: разрабатываются планы каждого этажа с указанием всех размеров, привязок конструкций, проемов; детальные разрезы; чертежи узлов сопряжений конструктивных элементов; планы полов, потолков. Инженерные разделы превращаются в рабочие чертежи с расстановкой конкретного оборудования, трассировкой сетей, схемами подключения. Составляются спецификации на все материалы, изделия и оборудование. На основе рабочей документации уточняется и разрабатывается полная сметная документация, которая является основанием для финансирования строительства и расчетов с подрядчиками. Именно комплект рабочих чертежей поступает на строительную площадку и служит главным руководством для производителей работ.

Для особенно сложных, уникальных или крупных объектов может применяться трехстадийная система, которая включает дополнительную, предварительную стадию – «Предпроектное предложение» или «Концепция». На этой стадии выполняется анализ участка, изучаются аналоги, разрабатываются несколько принципиальных вариантов решения, из которых заказчик выбирает один для дальнейшей детальной разработки в две последующие стадии. Это позволяет минимизировать риски на раннем этапе при работе со сложными объектами.

В заключение необходимо подчеркнуть, что процесс проектирования – это не просто механическое следование стадиям, а сложный творческий и технический процесс, требующий слаженной работы коллектива специалистов: архитекторов, конструкторов, инженеров-проектировщиков всех специальностей, экономистов-сметчиков. Понимание сути типовых, индивидуальных и экспериментальных проектов, а также четкой логики стадийности, позволяет будущему строителю грамотно взаимодействовать с проектными организациями, читать и понимать проектную документацию, что является абсолютно необходимым навыком для успешной организации и контроля строительного производства.

9.2. Методика архитектурного проектирования

В основе методики лежит принцип последовательного приближения от общих решений к частным, от эскизных идей к детальным работкам. Этот процесс традиционно разделяется на несколько взаимосвязанных стадий. Начальной стадией всегда является предпроектный анализ. На этом этапе архитектор-проектировщик тщательно изучает исходные данные. Во-первых, анализируется задание на проектирование, где формулируются основные требования заказчика: тип и назначение здания, его вместимость, функциональная программа, экономические ограничения и пожелания к архитектурному облику. Во-вторых, проводится исследование участка строительства – анализируются градостроительная ситуация, инженерно-геологические условия, климатические особенности, ориентация по сторонам света, существующие подъездные пути и инженерные коммуникации, а также экологическая обстановка. В-третьих, изучаются нормативные документы, регламентирующие проектирование: строительные нормы и правила, государственные стандарты, территориальные строительные нормы, действующие в Республике Беларусь. Без глубокого предпроектного анализа любые последующие решения могут оказаться нежизнеспособными или экономически нецелесообразными.

Следующей ключевой стадией является разработка эскизного проекта или архитектурной концепции. Это творческая фаза, где на основе проведенного анализа рождается основная идея будущего здания. Архитектор определяет объемно-пространственную композицию, примерные габариты, взаимосвязь основных функциональных зон, принципиальные конструктивные решения и образное решение объекта.

На этом этапе создаются первые наброски, эскизы, схемы функционального зонирования, выполняются перспективные изображения или простые макеты. Целью эскизного проектирования является поиск и утверждение у заказчика принципиального варианта, который наилучшим образом отвечает всем условиям. Здесь же часто выполняется предварительная оценка экономических показателей проекта.

После утверждения эскизного решения начинается стадия рабочего проектирования. Именно на этой стадии идея обретает четкие технические очертания. Рабочий проект – это комплект чертежей и текстовых документов, достаточный для проведения строительных работ. Он включает в себя несколько основных разделов. Архитектурно-строительный раздел содержит подробные планы всех этажей, фасады, разрезы, схемы узлов и деталей с указанием материалов, размеров и привязок всех конструктивных элементов. Конструктивный раздел включает расчеты и чертежи фундаментов, каркаса, перекрытий, крыши и других несущих конструкций. Раздел инженерных сетей охватывает проекты водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции, электроснабжения и слаботочных систем. Также разрабатываются разделы по организации строительства и сметная документация, определяющая стоимость объекта. Каждый из этих разделов разрабатывается специалистами соответствующего профиля, но координирует всю работу главный архитектор проекта, обеспечивая целостность и непротиворечивость всех решений.

Отдельно следует отметить важность стадии авторского надзора за строительством, которая хотя и выходит за рамки чисто проектной деятельности, является ее логическим продолжением. В ходе авторского надзора проектировщик контролирует соответствие ведения строительных работ утвержденному проекту, консультирует строителей по сложным вопросам, участвует в приемке скрытых работ и вносит необходимые коррективы в документацию при выявлении неучтенных на стадии проекта обстоятельств. Это гарантирует высокое качество реализации архитектурного замысла.

Современная методика архитектурного проектирования неразрывно связана с использованием электронно-вычислительной техники. Применение систем автоматизированного проектирования, или САПР, кардинально изменило труд проектировщика, повысив его эффективность, точность и возможности. Компьютерные технологии пронизывают все этапы проектирования. На этапе предпроектного анализа с помощью геоинформационных систем и баз данных можно оператив-

но собрать и обработать информацию об участке и нормативной базе. В процессе эскизирования трехмерное моделирование позволяет быстро проработать несколько вариантов объемно-пространственной композиции, оценить их визуальное восприятие с разных точек, смоделировать инсоляцию и освещенность помещений.

На стадии рабочего проектирования роль САПР становится определяющей. Современные программные комплексы, такие как Autodesk Revit, ArchiCAD или Allplan, работающие на основе технологии информационного моделирования зданий, представляют собой настоящую революцию в методике. BIM-технология подразумевает создание не просто наборов отдельных чертежей, а единой интеллектуальной трехмерной модели здания, в которую заложена информация обо всех его компонентах: архитектурных, конструктивных, инженерных, экономических. Любое изменение, внесенное в модель, например, перемещение несущей колонны, автоматически корректирует все связанные с ней элементы: планы, разрезы, спецификации, а также может повлиять на результаты прочностных расчетов и показатели сметы. Это устраняет множество ошибок и нестыковок, неизбежных при традиционном раздельном проектировании на двухмерных чертежах.

Кроме того, автоматизированные системы позволяют проводить сложнейшие инженерные расчеты, моделировать поведение конструкций под нагрузкой, анализировать энергоэффективность здания, осуществлять фотореалистичную визуализацию будущего объекта. Сметные программы, интегрированные с моделью, автоматически подсчитывают объемы работ и материалов. Все это значительно сокращает сроки проектирования, повышает точность и качество проектной документации, облегчает взаимодействие между различными специалистами, работающими над одним проектом. Для студентов строительных специальностей в Беларуси освоение основ BIM-технологий становится не просто полезным навыком, а необходимой компетенцией, востребованной на современном рынке труда.

Важно понимать, что при всей мощности компьютерных инструментов, они остаются именно инструментами в руках проектировщика. Ключевые решения – функциональные, композиционные, эстетические – по-прежнему принимает человек на основе своих знаний, опыта и творческого чутья. Методика проектирования, обогащенная цифровыми технологиями, требует от архитектора и инженера не только умения работать в специализированных программах, но и глубокого понимания фундаментальных принципов строительства, материаловедения, физики зданий и, конечно, архитектурной композиции.

Таким образом, методика архитектурного проектирования гражданских зданий представляет собой стройный, логически обоснованный процесс, переходящий от общего к частному, от идеи к детальной реализации. Она сочетает в себе творческий поиск, научно-технический анализ и строгое соблюдение нормативных требований. Внедрение в этот процесс систем автоматизированного проектирования, особенно основанных на BIM-технологиях, стало новым этапом его развития, повысив комплексность, скорость и надежность создания проектной документации. Однако ядром методики всегда остается системный подход и профессиональное мышление проектировщика, который, опираясь на изученные ранее конструктивные элементы и схемы зданий, синтезирует их в целостный, безопасный, функциональный и эстетически значимый объект архитектуры.

9.3. Основы планировки жилых зданий

Планировка жилых зданий представляет собой одну из центральных задач архитектурного проектирования, поскольку именно она в конечном итоге определяет качество среды обитания человека, комфорт, функциональную целесообразность и экономическую эффективность объекта. Под планировкой понимается организация внутреннего пространства здания, взаимосвязь и взаимное расположение помещений, формирование путей движения людей, а также связь с внешней средой. Она является логическим продолжением и детализацией архитектурно-конструктивной схемы, рассмотренной в предыдущих главах, переводя абстрактные схемы в конкретные, обжитые пространства.

Основой планировочного решения любого жилого здания служит принцип функционального зонирования. Это означает четкое разделение всего объема здания на зоны, объединяющие помещения со сходным назначением и режимом использования. В масштабе отдельной квартиры традиционно выделяются несколько основных функциональных зон. Во-первых, это жилая зона, включающая общую комнату (гостиную) и спальни. Ее задача – обеспечить условия для отдыха, общения, сна и досуга. Во-вторых, хозяйственно-бытовая зона, куда входят кухня, подсобные помещения, кладовые, а в современных планировках часто и прачечная. Эта зона предназначена для трудовых процессов, связанных с ведением домашнего хозяйства. В-третьих, санитарно-гигиеническая зона, состоящая из ванной комнаты и санузла, которая обеспечивает выполнение гигиенических процедур. И нако-

нец, в-четвертых, коммуникационная зона – это внутренние связи между помещениями, представленные прихожей, холлом, коридорами и лестницами. Качество планировки во многом оценивается по тому, насколько рационально и компактно организованы эти связи, чтобы минимизировать непроизводительные перемещения и обеспечить изоляцию частных зон от общих.

В масштабе всего здания также присутствует свое функциональное зонирование. Здесь можно выделить жилую часть, представленную непосредственно квартирами, и общественную часть, куда относятся вестибюли, холлы, помещения для консьержа, колясочные, комнаты для проведения собраний жильцов, а в современных домах часто и коммерческие помещения на первых этажах. Важной задачей является изоляция жилой зоны от шума и постороннего внимания, поэтому общественные помещения, как правило, группируются на первых этажах или в отдельном блоке, а пути движения от входа в здание к лифтам и лестницам проектируются без необходимости прохода через жилые пространства.

Планировочная структура многоквартирного жилого дома определяется способом организации доступа в отдельные квартиры. Существует несколько классических типов таких структур, каждый из которых обладает своими преимуществами, недостатками и областями применения. Первый и наиболее распространенный в массовом строительстве Беларуси – это секционный тип. Здание состоит из повторяющихся секций, каждая из которых содержит несколько квартир, сгруппированных вокруг одного узла вертикальных коммуникаций – лестнично-лифтовой клетки. Планировка секции должна обеспечивать сквозное или угловое проветривание квартир, инсоляцию жилых комнат в соответствии с санитарными нормами, а также минимальную длину коммуникационных путей. Квартиры в секции могут располагаться по одной, двум или трем на этаже. Преимущества секционной структуры – это экономическая эффективность за счет повторяемости элементов, хорошая пожарная безопасность благодаря наличию изолированных выходов на лестничные клетки, а также относительная компактность и применимость в условиях плотной городской застройки.

Второй тип – коридорный. В этом случае квартиры располагаются по обе стороны от общего горизонтального коммуникационного пути – коридора, который связывается с вертикальными коммуникационными узлами (лестницами, лифтами). Доступ в квартиры осуществляется непосредственно из этого коридора. Такая структура характерна для

общежитий, гостиниц, а также для некоторых типов многоэтажных жилых домов. Ее преимущество – высокая плотность заселения и экономия площади за счет сокращения числа лестнично-лифтовых узлов. Однако серьезным недостатком является отсутствие сквозного проветривания в большинстве квартир (кроме торцевых), а также потенциально низкий уровень комфорта и приватности из-за наличия длинного общего коридора с множеством входных дверей.

Третий тип – галерейный. Он похож на коридорный, но общая горизонтальная коммуникация (галерея) располагается снаружи здания, часто имеет открытое или частично затененное исполнение. Квартиры в таком доме обычно имеют одностороннюю ориентацию, с выходом на галерею с одной стороны и с окнами – с противоположной, что позволяет организовать сквозное проветривание. Галерейные дома хорошо подходят для теплого климата, а в условиях Беларуси требуют тщательного утепления самой галереи или применяются в комбинированных схемах, например, в виде поэтажных открытых переходов в секционных домах повышенной этажности. Их достоинство – социальный контакт и расширенное пространство для общения жильцов на галерее, а также интересный архитектурный облик.

Помимо типа структуры, на планировку влияет этажность здания. В малоэтажном строительстве (индивидуальные дома, таунхаусы) планировка может быть более свободной, распластанной по земле, с непосредственным выходом на участок. В среднеэтажной и многоэтажной застройке планировка становится более компактной, жестко связанной с узлами вертикального транспорта. Особое внимание при проектировании высотных жилых зданий уделяется эвакуации, работе лифтового хозяйства (включая деление лифтов на группы, обслуживающие разные зоны этажности), а также усилению конструкций ядра жесткости, которое часто совмещается с планировочным центром секции.

Современные тенденции в планировке жилых зданий, актуальные и для белорусской практики, направлены на повышение гибкости, комфорта и энергоэффективности. Во-первых, это развитие идеи свободной планировки внутри квартиры, когда часть внутренних стен не является капитальной, что позволяет будущим жильцам адаптировать пространство под свои меняющиеся потребности. Во-вторых, увеличение площади общих зон – просторных светлых холлов, рекреаций, что повышает качество среды многоэтажного дома. В-третьих, широкое внедрение двухуровневых квартир, квартир с террасами и зимними

садами, что обогащает пространственные ощущения. В-четвертых, тщательная проработка планировки с учетом принципов безбарьерной среды, обеспечивающей доступность для маломобильных групп населения. И наконец, интеграция инженерного оборудования и систем вентиляции в планировочное решение, что требует координации действий архитектора и инженера на самых ранних стадиях проектирования.

Таким образом, планировка жилых зданий – это сложный синтез нормативных требований, функциональных процессов, экономических расчетов и социальных ожиданий. Грамотное планировочное решение создает не просто набор комнат, а гармоничную, удобную и здоровую среду для жизни, что является конечной целью труда архитектора и строителя. Оно должно быть рациональным, отвечающим современным стандартам комфорта и безопасности, и при этом обладать потенциалом для адаптации к будущим изменениям в образе жизни людей.

9.4. Основы планировки общественных зданий

Переходя от изучения конкретных конструктивных элементов зданий к вопросам их комплексной организации, мы подходим к основам архитектурного проектирования. В рамках данной подглавы мы сосредоточимся на специфике планировочных решений двух важных типов общественных зданий: предприятий торговли и административных зданий. Принципы их планировки, будучи подчиненными разным функциональным процессам, имеют как отличительные черты, так и общие системообразующие основы.

Планировка общественных зданий всегда исходит из анализа функционального процесса, то есть той последовательности действий, которую совершают люди внутри здания. Для торговых предприятий этот процесс связан с движением покупательских потоков, осмотром, выбором и приобретением товара. Для административных зданий ключевым является процесс трудовой деятельности, включающий прием посетителей, работу с документами, проведение совещаний и внутреннее взаимодействие сотрудников. Таким образом, первым и фундаментальным шагом проектирования является функциональное зонирование – разделение всего объема здания на группы помещений, объединенных сходным назначением и взаимосвязями.

Рассмотрим подробно принципы планировки предприятий торговли. Современные торговые здания можно условно разделить на мага-

зины с традиционным обслуживанием через прилавок и магазины самообслуживания, наиболее ярким представителем которых является супермаркет. В основе планировочной организации любого магазина лежит четкое разделение на несколько основных зон. Во-первых, это торговая зона, предназначенная непосредственно для покупателей. Во-вторых, это зона складских и подсобных помещений для хранения, подготовки и фасовки товаров. В-третьих, это административно-бытовые помещения для персонала. И наконец, в-четвертых, это технические помещения и зона для приема и разгрузки товаров. Крайне важно, чтобы эти зоны были логично взаимосвязаны, но при этом потоки – покупательские, товарные и служебные – по возможности не пересекались. Например, прием товара должен осуществляться с тыльной или боковой стороны здания, минуя вход для покупателей, а путь от разгрузочной площадки до складских помещений и далее в торговый зал должен быть кратким и удобным.

Планировка самого торгового зала требует особого внимания. Она должна обеспечивать свободное, комфортное и, что важно, направленное движение покупательского потока. Часто применяется так называемая линейная или анфиладная планировка, где покупатель последовательно проходит вдоль рядов торгового оборудования. В крупных магазинах самообслуживания распространена планировка с центральным проходом-галереей и ответвлениями в отделы. Ключевыми элементами являются входной узел, который включает тамбур, вестибюль, зону корзин и тележек, и расчетный узел – кассовую зону. Расположение касс должно быть таким, чтобы завершающий путь покупателя к выходу был очевиден и не создавал обратных потоков, пересекающих основные пути движения. Ширина проходов между торговым оборудованием строго нормируется и зависит от предполагаемой интенсивности потока, обычно она составляет не менее 1,4 метра для основных проходов. Освещение, отделка, расстановка оборудования – все это подчинено задаче презентации товара и стимулирования покупок. Важным аспектом является обеспечение доступности среды для маломобильных групп населения, что предполагает отсутствие порогов, наличие пандусов, лифтов, специально оборудованных кабин в санитарных узлах и достаточную ширину всех проходов.

Теперь обратимся к планировке административных зданий. Их основное назначение – создание условий для эффективной управленческой и офисной работы. Функциональное зонирование здесь также является отправной точкой. Можно выделить несколько ключевых

групп помещений. Первая группа – это помещения основного назначения, то есть рабочие комнаты (офисы) сотрудников, кабинеты руководителей, помещения для работы с посетителями (приемные, залы переговоров). Вторая группа – это вспомогательные помещения, такие как архив, библиотека, комнаты для копировальной техники и серверные. Третья группа – это помещения для проведения собраний – конференц-залы, актовые залы, залы заседаний, которые могут иметь отдельные входы и блоки санузлов. Четвертая группа – это общественные помещения, включающие вестибюль, гардероб, санузлы, иногда столовую или буфет. Пятая группа – технические помещения (щитовые, вентиляционные камеры).

Планировочная структура административных зданий может быть различной. Наиболее распространены коридорная и анфиладная системы. Коридорная система, при которой помещения располагаются по одну или по обе стороны от коммуникационного коридора, обеспечивает хорошую изоляцию рабочих комнат друг от друга, что важно для акустического комфорта и сосредоточенной работы. Анфиладная система, где помещения следуют друг за другом, применяется реже, обычно в зданиях с представительскими функциями, где важно создать эффект парадности. В современных офисных центрах широко применяется открытая планировка (офис открытого типа), которая предполагает размещение большого числа сотрудников в едином пространстве, разделенном лишь невысокими перегородками. Такое решение способствует коммуникации и гибкости в расстановке рабочих мест, но предъявляет повышенные требования к системе вентиляции, кондиционирования и акустической обработке помещений.

Одним из центральных понятий в проектировании административных зданий является рабочее место. Его организация регламентируется эргономическими требованиями. Для каждого сотрудника должна быть обеспечена достаточная площадь (обычно не менее 4,5–6 квадратных метров на одно стационарное место), оптимальное естественное и искусственное освещение, причем свет должен падать сбоку, преимущественно слева. Рабочие столы, как правило, располагают перпендикулярно к световому фронту, то есть к окнам. Важнейшим аспектом является инсоляция – прямое солнечное освещение помещений в течение установленной продолжительности времени, что регулируется санитарными нормами. Планировка должна обеспечивать сквозное или угловое проветривание для большинства помещений. Коридоры должны иметь достаточную ширину для эвакуации и пере-

мещения людей, а также быть хорошо освещенными. В многоэтажных зданиях ключевую роль играет размещение лестничных клеток и лифтовых холлов, которые должны быть равномерно распределены по плану, чтобы обеспечить минимальные пути эвакуации и удобные служебные связи.

Общим для обоих типов зданий является строгое соблюдение строительных норм и правил, особенно в части пожарной безопасности. Это включает правильное определение степени огнестойкости здания, класса конструктивной пожарной опасности, разделение здания на пожарные отсеки, проектирование незадымляемых лестничных клеток, эвакуационных выходов и путей. Количество, ширина и длина эвакуационных путей рассчитываются в зависимости от вместимости помещений, этажности и функционального назначения здания. Не менее важны и санитарно-гигиенические требования, касающиеся инсоляции, естественного освещения (коэффициента естественной освещенности), воздухообмена и уровня шума.

Таким образом, планировка общественных зданий представляет собой сложную задачу синтеза функциональных, технических, экономических и эстетических требований. Для предприятий торговли главным становится организация покупательских и товарных потоков, создание привлекательной и эффективной среды для продаж. Для административных зданий на первый план выходит создание комфортных, безопасных и продуктивных условий для трудовой деятельности. Понимание этих основополагающих принципов позволяет будущему специалисту грамотно подходить к анализу и разработке планировочных решений, которые лежат в основе любого качественного архитектурного проекта.

10. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

10.1. Промышленные и сельскохозяйственные здания, требования к ним

Промышленные здания – это здания, предназначенные для размещения промышленных производств и обеспечения необходимых условий для труда людей и эксплуатации технологического оборудования. Они могут быть основными (цехи, корпуса), подсобными (склады, гаражи) и энергетическими (котельные, трансформаторные подстанции). Сельскохозяйственные здания предназначены для производства, хра-

нения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции, а также для содержания животных и хранения техники. К ним относятся животноводческие и птицеводческие комплексы, теплицы, овощехранилища, ремонтные мастерские, зерносклады и элеваторы. Несмотря на различия в назначении, эти две группы объединяет их прямая связь с технологическим процессом, что и становится главным диктатором при их проектировании.

Требования к производственным зданиям комплексны и взаимосвязаны. Первостепенным является функциональное требование, которое заключается в полном соответствии объемно-планировочного и конструктивного решений технологическому процессу. Здание должно обеспечивать удобное размещение, обслуживание и ремонт оборудования, оптимальные пути перемещения сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, безопасные и удобные условия для работающего персонала. Технологический процесс определяет габариты здания, количество этажей, необходимость в мостовых кранах, системах вентиляции и освещения, а также состав вспомогательных помещений.

Технические требования направлены на обеспечение прочности, устойчивости, долговечности и огнестойкости здания. Они приобретают особую значимость из-за часто больших пролетов, высот, наличия динамических нагрузок от кранов и работающих машин, агрессивных сред (паров, газов, химических веществ) и повышенных температур. Конструкции должны сопротивляться не только статическим, но и вибрационным, ударным нагрузкам, а в некоторых случаях и сейсмическим воздействиям. Долговечность ограждающих конструкций напрямую связана с условиями внутри здания: в цехах с влажным режимом или химически агрессивной средой материалы должны обладать повышенной стойкостью к коррозии и гниению.

Экономические требования предполагают достижение минимальных приведенных затрат на возведение и эксплуатацию здания при максимальной эффективности технологического процесса. Это достигается за счет оптимизации объемно-планировочных решений, применения экономичных материалов и конструкций, снижения энергопотребления на отопление, вентиляцию и освещение, а также за счет унификации и типизации, о которых мы поговорим подробнее далее. Для сельскохозяйственных зданий, часто рассредоточенных на большой территории, важным экономическим фактором становится также минимизация затрат на внешние инженерные сети и дороги.

Архитектурно-художественные требования, хотя и отступают на второй план по сравнению с гражданскими зданиями, остаются значимыми. Современное производственное здание должно органично вписываться в окружающую застройку и ландшафт, иметь выразительный, лаконичный облик, отражающий его назначение. Качественно выполненный архитектурный проект способствует созданию благоприятной психологической атмосферы для работников и формирует положительный имидж предприятия. В сельской местности архитектура животноводческих комплексов или зернохранилищ должна гармонировать с природным окружением.

Особую группу составляют требования, связанные с обеспечением безопасных и комфортных условий труда. Это требования к естественному и искусственному освещению, инсоляции, воздухообмену, температурно-влажностному режиму, защите от шума и вибрации. В помещениях с вредными выделениями должна быть предусмотрена эффективная приточно-вытяжная вентиляция, а иногда и системы аспирации. Безопасность эвакуации людей при пожаре или аварии регламентируется строгими нормами по количеству, ширине и расположению эвакуационных выходов.

Наконец, экологические требования в современном строительстве выходят на первый план. Проекты промышленных и сельскохозяйственных зданий должны включать мероприятия по охране окружающей среды: очистку выбросов и стоков, утилизацию отходов производства, защиту почвы и водоемов от загрязнения, шумозащиту. Особенно это актуально для животноводческих комплексов, где образуются большие объемы биологических отходов, требующих специальных систем переработки.

Все эти разнородные требования успешно реализуются через принцип индустриализации строительства. Индустриализация – это комплексный метод возведения зданий и сооружений, основанный на точном применении высокопроизводительных машин и механизмов, использовании сборных конструкций и деталей заводского изготовления, а также на переходе от строительства на месте к монтажу из готовых элементов. Это главный путь повышения эффективности капитального строительства.

Основу индустриализации составляет типизация – сведение многообразия конструктивных и планировочных решений к ограниченному числу наиболее экономичных и технически совершенных типов. Типизируются не только отдельные элементы (колонны, балки, плиты), но и

целые пространственные ячейки – так называемые типовые секции или пролеты. На основе типизации развивается унификация – установление целесообразной однородности в размерах и формах конструкций, деталей и материалов, а также в методах проектирования и производства работ. Унификация позволяет применять одни и те же элементы в зданиях различного назначения, что резко увеличивает серийность их производства.

Следующий ключевой аспект – это модульная координация размеров в строительстве. Все основные планировочные и конструктивные размеры здания (пролеты, шаги колонн, высоты этажей) привязываются к единому базовому модулю, обычно равному 100 или 300 миллиметрам. Это позволяет согласовывать размеры несущих и ограждающих конструкций, технологического оборудования, мебели и в конечном итоге обеспечивает их взаимозаменяемость. Модульная система является языком, на котором общаются проектировщики, технологи и строители.

Индустриализация немыслима без развития заводского производства конструкций. Сборные железобетонные и металлические элементы, крупноразмерные стеновые и кровельные панели, оконные и дверные блоки изготавливаются в условиях цеха на высокотехнологичном оборудовании. Это гарантирует стабильное качество, высокую точность размеров и снижение влияния погодных условий на процесс изготовления. На строительной площадке происходит лишь монтаж этих элементов, который сводится к их установке в проектное положение, выверке и соединению между собой с помощью сварки, болтов или замоноличивания.

Таким образом, современное производственное здание – это сложный организм, рожденный в результате синтеза требований технологии, экономики, экологии и человеческого фактора. Его создание базируется на строгой научной основе, главным инструментом которой является индустриализация строительства, основанная на типизации, унификации и модульной координации. В последующих подглавах мы детально разберем, как эти общие принципы воплощаются в конкретных объемно-планировочных и конструктивных решениях промышленных и сельскохозяйственных зданий, начиная от выбора схемы каркаса и заканчивая устройством специальных видов полов и систем инженерного обеспечения. Понимание этой фундаментальной взаимосвязи между функцией, конструкцией и методом возведения является ключевым для будущего специалиста в области строительства.

10.2. Воздействие агрессивных сред на строительные конструкции

Производственные здания, в отличие от гражданских, предназначены для размещения технологических процессов, которые зачастую связаны с выделением различных веществ, паров, газов, жидкостей и образованием твердых отложений. Эти вещества, контактируя с материалами строительных конструкций, могут вызывать их постепенное разрушение. Данный процесс и понимается под воздействием агрессивных сред. Учет этого фактора на стадии проектирования промышленных объектов является критически важным, так как определяет долговечность, надежность и, в конечном счете, экономическую эффективность эксплуатации всего здания. Пренебрежение им ведет к аварийным ситуациям, частым и дорогостоящим ремонтам, а также к созданию опасных условий для труда людей.

Агрессивной средой принято называть любые вещества или совокупность условий, которые вызывают разрушение строительных материалов, приводящее к снижению прочности и других эксплуатационных характеристик конструкций. Эти среды классифицируются по нескольким ключевым признакам. По своему агрегатному состоянию они делятся на газообразные, жидкие и твердые. Газообразные среды – это различные пары и газы, например, пары кислот, щелочей, хлор, сернистый газ, аммиак. Жидкие среды включают в себя растворы кислот, щелочей, солей, масла, различные технологические жидкости и обычную воду, которая при определенных условиях также может выступать агрессивным агентом. Твердые среды – это пыль, порошки, сыпучие материалы, которые могут обладать абразивным действием или, растворяясь в атмосферной влаге, образовывать на поверхности конструкций агрессивные растворы.

Другим важнейшим критерием классификации является характер воздействия на материал. Здесь выделяют химическую, физико-химическую и физическую агрессию. Химическая агрессия заключается в непосредственном взаимодействии компонентов среды с материалом конструкции, приводящем к необратимым химическим реакциям. Классическими примерами служит растворение компонентов цементного камня в бетоне кислотами или коррозия арматурной стали под действием хлоридов. Физико-химическая агрессия часто связана с процессами кристаллизации солей в порах материала. Например, когда концентрированные растворы солей проникают в толщу бетона, а за-

тем высыхают, соль кристаллизуется. Растущие кристаллы создают огромное внутреннее давление, что приводит к растрескиванию и отслаиванию поверхностных слоев. Этот вид разрушения особенно характерен для конструкций в химической, металлургической и пищевой промышленности. Физическая, или механическая, агрессия обусловлена в основном абразивным износом. Она наблюдается в цехах, где происходит перемещение сыпучих материалов, деталей, либо где конструкции подвергаются постоянному трению или ударам. Полы в таких помещениях, колонны в зонах погрузки, элементы транспортных галерей изнашиваются, истираются, теряя свое сечение и прочность.

Степень агрессивности среды зависит от целого ряда факторов. Концентрация активного вещества является первым и самым очевидным из них. Как правило, чем выше концентрация кислоты, щелочи или соли, тем интенсивнее идет процесс разрушения. Температура среды играет огромную роль: с ее повышением скорость химических реакций возрастает, растворимость веществ увеличивается, а процессы диффузии агрессивных агентов в материал ускоряются. Конструкция, исправно работающая при комнатной температуре, может быстро разрушиться в условиях горячего цеха. Влажность воздуха – ключевой параметр. Для многих процессов, особенно для электрохимической коррозии металлов и для кристаллизационной коррозии бетона, наличие влаги является обязательным условием. Постоянно высокая влажность, конденсат на поверхностях, попеременное увлажнение и высыхание создают наиболее опасный режим эксплуатации. Кроме того, важно учитывать скорость движения среды. Быстро движущийся агрессивный поток, газ или жидкость, не только активнее приносит новые порции реагента к поверхности конструкции, но и может оказывать эрозионное воздействие, механически смывая уже продукты разрушения и обнажая свежий материал для дальнейшей атаки.

Основные строительные материалы – бетон, железобетон, сталь, кирпич, древесина – по-разному сопротивляются воздействию агрессивных сред. Бетон и железобетон, будучи основными материалами каркаса промышленных зданий, подвержены в первую очередь коррозии. Различают несколько видов коррозии бетона. Первый вид – это выщелачивание, растворение и унос водой гидрата окиси кальция, что приводит к повышению пористости и снижению прочности. Второй вид – кислотная коррозия, при которой кислоты, взаимодействуя с составляющими цементного камня, образуют легкорастворимые или аморфные соединения, не обладающие вяжущими свойствами. Третий

вид – сульфатная коррозия, когда сульфаты, присутствующие в грунтовых водах или технологических средах, взаимодействуют с трехкальциевым алюминатом цемента, образуя соединение, которое, кристаллизуясь, значительно увеличивается в объеме и разрывает бетон изнутри. Коррозия стальной арматуры в железобетоне представляет отдельную серьезную проблему. Она носит электрохимический характер и резко интенсифицируется в присутствии ионов хлора, которые разрушают пассивную защитную пленку на поверхности стали. Разрушение арматуры не только снижает несущую способность элемента, но и, вследствие увеличения объема продуктов коррозии, вызывает раскалывание защитного бетонного слоя.

Стальные конструкции, широко применяемые в промышленном строительстве, подвержены коррозии, которая приводит к уменьшению рабочего сечения элементов, появлению концентраторов напряжений в виде раковин и, как следствие, к снижению несущей способности. Особенно опасна так называемая язвенная коррозия, ведущая к локальным сквозным поражениям. Кирпичные конструкции, в частности стены и перегородки, могут разрушаться под действием кислот, которые разлагают составляющие глиняного кирпича и кладочного раствора. Древесина, используемая в качестве конструкционного материала в некоторых типах зданий или для вспомогательных конструкций, подвержена гниению под действием биологических агентов (грибков, бактерий) в условиях повышенной влажности, а также может разрушаться некоторыми химическими реагентами.

Защита строительных конструкций промышленных зданий от агрессивных воздействий – это комплексная задача, решаемая на стадии проектирования через выбор архитектурно-планировочных, конструктивных и собственно материаловедческих решений. Архитектурно-планировочные меры включают в себя рациональное размещение технологического оборудования, способствующее локализации агрессивных сред, устройство эффективной общеобменной и местной вытяжной вентиляции для удаления вредных паров и газов, проектирование уклонов полов и специальных трапов для быстрого отвода разлитых жидкостей. Конструктивные меры направлены на придание элементам таких форм, которые минимизируют задержку на них агрессивных веществ. Это скругленные углы, отсутствие полочек и выступов, гладкие поверхности. Очень важным является обеспечение доступности конструкций для осмотра, контроля и проведения ремонтных работ.

Непосредственная защита материалов осуществляется с помощью специальных покрытий и пропиток. Для защиты бетонных и железобетонных поверхностей применяются лакокрасочные покрытия на основе эпоксидных, полиуретановых, перхлорвиниловых смол, которые создают на поверхности непроницаемую пленку. Используются также оклейка поверхностей листовыми материалами (винипласт, полиизобутилен) и облицовка кислотоупорными плитками на химически стойких мастиках. Для повышения коррозионной стойкости самого бетона применяют специальные виды цементов: сульфатостойкий, пуццолановый, шлакопортландцемент, а также вводят в состав бетона химические добавки, повышающие его плотность и уменьшающие проницаемость. Защита металлических конструкций чаще всего сводится к нанесению антикоррозионных лакокрасочных покрытий, состоящих из грунтовок, преобразователей ржавчины и финишных эмалей. В условиях особо агрессивных сред может применяться горячее цинкование или нанесение металлизационных покрытий. Для кирпичных конструкций эффективной мерой является покрытие их химически стойкими штукатурками или облицовка.

Таким образом, проектирование конструкций производственных зданий требует от инженера глубокого понимания технологического процесса, который будет в них размещен. Необходимо провести тщательный анализ возможных источников агрессии, оценить их интенсивность, продолжительность и условия воздействия. На основе этой оценки выбирается категория агрессивности среды согласно строительным нормам, и уже в соответствии с ней назначаются материалы, марки бетона, толщины защитных слоев, типы защитных покрытий. Правильный учет воздействия агрессивных сред – это не просто техническое требование, это залог безопасной, долговечной и экономически целесообразной эксплуатации промышленного объекта на протяжении всего его жизненного цикла.

10.3. Подъемно-транспортное оборудование и его влияние на конструкции

Основное назначение подъемно-транспортного оборудования заключается в перемещении сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, а также технологического оборудования внутри производственного корпуса. Это перемещение может осуществляться как по горизонтали, так и по вертикали, и часто эти направления комбинируются. В зави-

симости от характера грузов, интенсивности грузопотоков и особенностей технологии применяются различные виды механизмов, каждый из которых предъявляет свои требования к строительным конструкциям.

Рассмотрим сначала оборудование для вертикального транспортирования, к которому в первую очередь относятся краны. Мостовые краны являются одним из наиболее распространенных видов (рис. 10.1). Они состоят из моста, перемещающегося по подкрановым путям, которые уложены на консоли подкрановых балок, и грузовой тележки с механизмом подъема, движущейся вдоль моста. Подкрановые балки, в свою очередь, опираются на консоли колонн каркаса здания. Это накладывает отпечаток на всю конструктивную схему. Колонны, воспринимающие крановые нагрузки, должны иметь развитую консоль и повышенную жесткость, особенно в поперечном направлении. Нагрузка от крана, включающая его собственный вес, вес тележки и поднимаемого груза, является динамической, что требует тщательного расчета не только прочности, но и выносливости элементов каркаса. Ширина пролета крана определяет ширину цеха, а его грузоподъемность влияет на сечение колонн и подкрановых балок. Высота цеха до низа несущих конструкций покрытия также напрямую зависит от высоты подъема крюка крана и габарита самого моста.



Рис. 10.1. Мостовой кран

Кроме мостовых, широко применяются и другие типы кранов. Козловые краны, у которых мост опирается на наземные рельсовые пути, часто используются на открытых складах или в цехах с очень большими пролетами, но они также могут устанавливаться внутри зданий. В этом случае их пути могут опираться на фундаменты или специальные эстакады, что освобождает каркас здания от крановых нагрузок, но требует дополнительного пространства. Подвесные краны перемещаются по путям, закрепленным непосредственно на несущих конструкциях покрытия, что позволяет более рационально использовать объем здания, но предъявляет повышенные требования к прочности ферм или балок перекрытия. Для обслуживания отдельных участков или выполнения вспомогательных операций применяются консольные краны, стационарные или передвижные, которые крепятся к колоннам или стенам.

Помимо кранов, для вертикального перемещения грузов и людей используются грузовые и пассажирские лифты, подъемники и грузовые платформы. Их шахты требуют устройства в перекрытиях проемов, которые необходимо окаймлять усиленными балками, а также создания надежных фундаментов под лебедочное оборудование. Вертикальные конвейеры (элеваторы) для сыпучих или штучных грузов также интегрируются в конструкцию здания, часто требуя отдельных пристроенных объемов или выделенных зон с усиленным каркасом.

Горизонтальный внутрицеховой транспорт представлен еще более широким спектром средств. Это, во-первых, всевозможные тележки и электрокары, перемещающиеся по полу цеха. Их использование диктует требования к прочности и ровности полов, а также к ширине и конфигурации проездов, которые должны быть учтены при расстановке колонн и технологического оборудования. Во-вторых, это разнообразные конвейеры и транспортеры: ленточные, пластинчатые, роликовые, подвесные. Ленточные и пластинчатые конвейеры, как правило, устанавливаются на отметке пола или на невысоких опорах. Подвесные же конвейеры монтируются под покрытием, на специальных конструкциях, крепящихся к фермам или колоннам. Это создает дополнительные нагрузки на каркас и влияет на высоту помещения, так как необходимо обеспечить габарит под перемещаемыми грузами. В-третьих, к горизонтальному транспорту можно отнести и напольные рельсовые пути для вагонеток или специальных тележек, которые требуют устройства прочного основания и могут ограничивать свободу планировочных решений.

Отдельно стоит сказать о транспорте, связывающем разные уровни и этажи здания. Это, например, монорельсовые дороги с каретками, которые могут перемещаться между этажами по наклонным участкам. Или спиральные спуски и желоба для перемещения грузов под действием силы тяжести. Их трассы необходимо предусматривать на стадии формирования объемно-планировочной схемы, так как они могут занимать значительное пространство и нуждаются в поддержке со стороны строительных конструкций.

Влияние подъемно-транспортного оборудования на конструкции здания многогранно. Помимо уже упомянутых нагрузок, это влияние проявляется в необходимости устройства многочисленных проемов в стенах и перекрытиях для прохода конвейеров, транспортеров, монорельсов или для подачи материалов снаружи. Эти проемы ослабляют конструкции и требуют устройства усиленных обрамлений. Крепление путей, приводных станций, лебедок и другого оборудования к несущим элементам каркаса также является важной задачей. Для этого в колоннах, балках и плитах часто закладываются закладные детали или оставляются специальные монтажные отверстия. Вибрации от работы механизмов, особенно мощных кранов или конвейеров, могут передаваться на каркас, что необходимо учитывать при проектировании фундаментов и выборе конструктивных узлов для гашения этих колебаний.

Важным аспектом является обеспечение безопасности и удобства обслуживания оборудования. Это требует устройства стационарных площадок, переходных мостиков, лестниц для доступа к приводным станциям или рельсам подвесных путей. Часто такие площадки интегрируются в строительные конструкции, например, опираются на консоли колонн или монтируются на фермах. Кроме того, необходимо предусматривать зоны безопасности вокруг движущихся механизмов, что влияет на планировку цеха и расстановку оборудования.

В завершение этого раздела необходимо подчеркнуть, что проектирование конструкций производственного здания и выбор подъемно-транспортного оборудования – это единый взаимосвязанный процесс. Архитектор и конструктор должны работать в тесном сотрудничестве с технологами. Исходными данными для проектирования каркаса служат не только технологические карты, но и паспорта на планируемые к установке краны, конвейеры и другие механизмы, содержащие информацию о весах, габаритах, динамических характеристиках и точках приложения нагрузок. Только такой комплексный подход позволяет создать экономичное, надежное и функциональное промышленное

здание, в котором строительные конструкции и технологическое оборудование работают как единое целое. Пренебрежение этим принципом ведет либо к перерасходу материалов на избыточно мощные конструкции, либо, что гораздо опаснее, к невозможности нормальной эксплуатации запланированного технологического процесса и даже к аварийным ситуациям.

11. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

11.1. Фундаменты промышленных зданий

Исходными данными для проектирования фундаментов промышленных зданий служат не только нагрузки от веса строительных конструкций, но и данные о технологическом процессе. Критически важными являются сведения о массе, габаритах и характере работы устанавливаемых станков, машин, печей или конвейерных линий. Оборудование может создавать значительные статические нагрузки, а также динамические воздействия – вибрации, удары, импульсные нагрузки. Кроме того, необходимо учитывать температурные воздействия от горячих цехов, возможные химические агрессивные среды, которые могут влиять на материал фундамента, и уровень грунтовых вод. Все эти факторы в совокупности определяют выбор типа фундамента, его глубины заложения, материала и конструктивного оформления.

По своему назначению и конструктивному решению фундаменты в производственных зданиях можно разделить на несколько основных групп. Первая группа – это фундаменты под несущие конструкции каркаса, то есть под колонны. Они воспринимают и передают на грунт нагрузки от каркаса, покрытия, кранового оборудования, а также ветровые нагрузки. Вторая, не менее важная группа – это фундаменты под технологическое оборудование. Их конструкция напрямую зависит от типа и характера работы машины. Третью группу составляют фундаменты под аппараты и коммуникации, такие как печи, емкости, трубопроводы. Особенностью многих промышленных фундаментов является их часто большая масса и сложная геометрическая форма, обусловленная необходимостью размещения анкерных болтов, ниш, каналов для коммуникаций.

Наиболее распространенным типом фундаментов под колонны одноэтажных промышленных зданий является отдельный столбчатый

фундамент стаканного типа (рис. 11.1). Он представляет собой, как правило, монолитную железобетонную конструкцию, состоящую из подколонника со стаканом для установки и закрепления сборной железобетонной колонны и уширенной опорной части – подошвы. Размеры подошвы определяются расчетом на прочность и устойчивость, а глубина заложения – инженерно-геологическими условиями и глубиной промерзания грунтов, что особенно актуально для климатических условий Беларуси.



Рис. 11.1. Столбчатый фундамент стаканного типа

Для зданий с тяжелым режимом работы, например, в кузнечных или прокатных цехах, часто применяют монолитные железобетонные фундаменты более массивной конструкции, иногда с развитыми ступенями.

В случаях, когда колонны расположены близко друг к другу или грунты основания обладают низкой несущей способностью, отдельные фундаменты могут объединяться в ленточные фундаменты под ряд колонн или даже в сплошную фундаментную плиту под всем зданием или его частью. Это повышает пространственную жесткость основания и позволяет более равномерно распределить нагрузку на грунт. Такие решения часто встречаются в зданиях с мостовыми кранами очень тяжелого режима работы или при строительстве на слабых и просадочных грунтах.

Особого внимания заслуживают фундаменты под тяжелое динамическое оборудование. Их основная задача – не только нести вес агрегата, но и надежно гасить вибрации, предотвращая их передачу на строительные конструкции здания и окружающее оборудование. Такие фундаменты, как правило, представляют собой массивные железобетонные блоки или коробчатые конструкции, вес которых в несколько раз превышает вес самой машины. Для особо ответственных случаев, например, под турбогенераторы или мощные прессы, фундаменты проектируют в виде сложных пространственных систем с расчетами на собственные колебания, чтобы избежать резонанса с частотой работы оборудования. Часто между фундаментом оборудования и фундаментом здания устраивают виброизоляционные швы, заполненные упругими материалами, чтобы развязать динамические воздействия.

В сельскохозяйственных зданиях, таких как коровники, птичники, овощехранилища или ремонтные мастерские, также применяются свои специфические решения. Здесь нагрузки от оборудования, как правило, менее динамичны, но присутствуют другие факторы: агрессивная среда из-за органических выделений животных, повышенная влажность, необходимость соблюдения гигиенических требований. Фундаменты под несущие конструкции часто выполняются из сборных бетонных блоков или монолитного бетона. Важным элементом является устройство надежной гидроизоляции и отмостки для защиты от атмосферной и технологической влаги. В легких конструкциях, например, ангарах или некоторых типах теплиц, могут применяться столбчатые фундаменты с металлическими или сборными железобетонными опорами.

Материалом для фундаментов промышленных зданий в подавляющем большинстве случаев служит железобетон – как сборный, так и монолитный. Сборные фундаменты, состоящие из блоков-подушек и блоков стен подвалов или стальных частей, позволяют ускорить процесс строительства. Однако монолитные железобетонные фундаменты обладают неоспоримым преимуществом при сложной форме, необходимости устройства больших отверстий, ниш или при работе в условиях высоких динамических нагрузок, так как представляют собой бесшовную конструкцию. Для фундаментов под легкое оборудование или в условиях слабоагрессивных сред иногда применяется бутовый бетон.

Конструкция фундамента неразрывно связана с устройством оснований. В промышленном строительстве часто приходится сталкиваться со слабыми грунтами. В таких случаях применяют искусственное

улучшение свойств основания: уплотнение грунта тяжелыми трамбовками, устройство песчаных или грунтовых подушек, цементацию, силикатизацию или использование свайных оснований. Сваи – забивные, буронабивные или винтовые – позволяют передать нагрузку от здания на более глубокие и прочные слои грунта. Ростерк, объединяющий головы свай, служит непосредственной опорой для фундаментных блоков или монолитной конструкции.

11.2. Несущий каркас одноэтажных зданий

Конструктивная схема каркаса одноэтажного производственного здания, как правило, представляет собой систему поперечных рам, образованных колоннами и несущими элементами покрытия, которые могут быть ригелями, фермами или балками. Эти рамы располагаются с определенным шагом вдоль здания и в поперечном направлении связываются подкрановыми балками, плитами или панелями покрытия, а также системой связей. В продольном направлении устойчивость обеспечивается фундаментными балками или обвязочными балками по колоннам, подкрановыми конструкциями и системой вертикальных и горизонтальных связей.

Теперь перейдем к рассмотрению сборных железобетонных каркасов, которые получили чрезвычайно широкое распространение в строительстве производственных зданий на территории Беларуси и многих других стран. Их популярность обусловлена долговечностью, высокой огнестойкостью, относительной экономичностью и возможностью индустриального изготовления на заводах железобетонных изделий. Основными элементами такого каркаса являются железобетонные колонны, подкрановые балки, фундаментные балки и элементы покрытия – балки, фермы или плиты.

Железобетонные колонны для одноэтажных зданий могут быть постоянного или переменного сечения, например, двухветвевые для зданий с большими крановыми нагрузками. Колонны заделываются в стаканы фундаментов, что обеспечивает жесткое соединение. Для зданий без мостовых кранов или с подвесным крановым оборудованием часто применяют колонны прямоугольного сечения. Важным элементом являются консоли или выступы на колоннах для опирания подкрановых балок. Сами подкрановые балки, воспринимающие нагрузки от мостовых кранов, обычно выполняются таврового или двутаврового сечения с усиленной верхней гранью для укладки кранового рельса.

Элементы покрытия в сборном железобетонном каркасе разнообразны. Это могут быть железобетонные балки таврового или двутаврового сечения, которые укладываются на консоли колонн или на подстропильные конструкции. Однако для перекрытия больших пролетов, которые характерны для производственных зданий, чаще применяют железобетонные фермы или безраскосные конструкции. Фермы позволяют перекрывать пролеты в 18, 24, 30 метров и более. По верхнему поясу ферм укладываются плиты покрытия, которые могут быть ребристыми, пустотными или плоскими. Вся эта система образует жесткий горизонтальный диск, распределяющий нагрузки.

Особое внимание в каркасе уделяется системе связей. Связи обеспечивают геометрическую неизменяемость каркаса, воспринимают горизонтальные нагрузки, например, от ветра или торможения кранов, а также обеспечивают устойчивость сжатых элементов. Различают связи между колоннами в продольном направлении, которые устанавливаются в торцах здания и иногда в средних температурных блоках. Также существуют связи по покрытию, которые располагаются в плоскости верхних и нижних поясов ферм или балок. Эти связи образуют горизонтальные крестовые или порталные системы, которые передают горизонтальные усилия на вертикальные связи и далее на фундаменты. Без правильно спроектированной системы связей каркас не сможет работать как единое целое.

Теперь рассмотрим стальной каркас одноэтажных производственных зданий. Его применение особенно оправдано при больших пролетах, значительных крановых нагрузках, в условиях сложной геометрии или необходимости быстрого возведения. Стальной каркас обладает меньшим собственным весом по сравнению с железобетонным, что позволяет уменьшить нагрузку на фундаменты и вести строительство на слабых грунтах. Основными элементами стального каркаса являются стальные колонны, подкрановые балки, стропильные фермы или балки, и система прогонов по ним.

Стальные колонны могут быть сплошностенчатыми постоянного или переменного сечения, а также сквозными, решетчатыми. Для их изготовления применяют прокатные двутавры или сварные составные сечения. Колонны через башмаки анкерными болтами крепятся к фундаментам. Соединение может быть шарнирным или жестким, в зависимости от расчетной схемы рамы. Подкрановые балки в стальном каркасе, как правило, сварные или прокатные двутавры повышенной жесткости, так как они непосредственно воспринимают динамические нагрузки от кранов.

Несущие конструкции покрытия в стальных каркасах – это чаще всего стропильные фермы. Они могут иметь треугольное, полигональное или сегментное очертание верхнего пояса. Материалом служат парные уголки, гнутосварные профили или трубы. Фермы соединяются с колоннами, как правило, шарнирно, через фланцевые соединения или с помощью опорных столиков. По верхним поясам ферм укладываются стальные прогоны, которые, в свою очередь, служат опорой для кровельного настила или профилированного листа. В безферменных схемах применяют стальные балки, но для больших пролетов это менее экономично.

Система связей в стальном каркасе еще более критична, чем в железобетонном, из-за меньшей жесткости и массы отдельных элементов. Здесь также предусматриваются вертикальные связи между колоннами и горизонтальные связи в плоскостях покрытия. Связи выполняются из гибкой стали – круглой или полосовой, и располагаются крестообразно. Они создают вместе с колоннами и фермами жесткие вертикальные диафрагмы и горизонтальные диски, обеспечивающие общую устойчивость. Особое внимание уделяется связям в зоне холодного чердака или в уровне нижних поясов ферм при наличии подвешенного транспорта.

При сравнении стального и сборного железобетонного каркасов можно выделить ключевые аспекты. Стальной каркас позволяет перекрывать большие пролеты с меньшим весом, монтаж его может вестись быстрее и в любых погодных условиях, он обладает высокой степенью заводской готовности. Однако он требует постоянной защиты от коррозии и обладает меньшей огнестойкостью, что часто necessitates дополнительную огнезащитную обработку. Железобетонный каркас более огнестоек и долговечен при условии качественного бетона, требует меньших эксплуатационных затрат на защиту, но имеет больший собственный вес, что увеличивает нагрузку на основание, и более чувствителен к динамическим нагрузкам, что требует тщательного расчета.

Выбор между стальным и сборным железобетонным каркасом для одноэтажного производственного здания является сложной инженерной и экономической задачей. Он зависит от множества факторов: величины пролета и шага колонн, грузоподъемности кранов, климатических условий, наличия местной производственной базы для изготовления конструкций, требований к огнестойкости и срокам строительства, а также от экономической целесообразности. Современная практика

часто склоняется к комбинированным решениям, например, когда колонны выполняются из железобетона, а конструкции покрытия большой протяженности – из стали, что позволяет оптимально использовать преимущества обоих материалов. Понимание принципов работы, достоинств и недостатков каждого типа каркаса является фундаментальным для инженера-строителя, проектирующего или возводящего промышленные объекты.

11.3. Конструкции двухэтажных и многоэтажных промышленных зданий

Основное отличие промышленных зданий от гражданских многоэтажек заключается в восприятии значительных динамических и статических нагрузок от технологического оборудования, а также в необходимости обеспечения крупных пролетов, свободных от внутренних опор, и большой высоты этажей. Эти требования формируют особый подход к выбору несущих конструкций и материалов. Двухэтажные здания часто применяются для предприятий легкой, пищевой, радиотехнической промышленности, где технологический процесс может быть эффективно организован по вертикали, например, с размещением складов сырья на первом этаже и основных производственных цехов на втором. Многоэтажные здания, этажностью обычно от трех до восьми, характерны для отраслей с легким и средним режимом работы оборудования – приборостроения, электроники, швейного производства, некоторых химико-фармацевтических направлений, где требуется компактное размещение поточных линий.

Несущий каркас является основой такого здания. В современном строительстве Беларуси, как и в целом на постсоветском пространстве, преобладают железобетонные и стальные каркасы. Железобетонный каркас, выполняемый как из сборных, так и из монолитных элементов, получил наибольшее распространение благодаря своей долговечности, огнестойкости и относительной экономичности. Типичная схема включает в себя колонны, ригели (или балки перекрытий) и диски междуэтажных перекрытий, которые вместе образуют жесткую пространственную систему. Колонны в многоэтажных зданиях имеют постоянное или переменное сечение по высоте, уменьшаясь в размерах на верхних этажах, где нагрузки меньше. Для обеспечения больших пролетов, которые могут достигать 12, 18 и даже 24 метров, применяются безригельные решения, где плита перекрытия опирается непо-

средственно на колонны через капители – утолщения в верхней части колонны, распределяющие нагрузку. Это создает свободное планировочное пространство, легко адаптируемое под changing технологические процессы.

Стальной каркас применяется тогда, когда требуется максимальная легкость конструкций, быстрота монтажа или когда пролеты и нагрузки настолько велики, что железобетонные решения становятся нерациональными. Он часто используется в строительстве многоэтажных зданий для тяжелого машиностроения или в случаях реконструкции. Преимущества стали – высокая прочность при относительно малом весе и возможность перекрывать огромные пространства. Однако ключевыми задачами при проектировании стального каркаса становятся обеспечение устойчивости, огнезащита и защита от коррозии. Узлы соединения балок и колонн – шарнирные или жесткие – рассчитываются с особой тщательностью, так как они определяют общую пространственную жесткость здания. Часто применяются комбинированные каркасы, где колонны выполняются из железобетона, а балки перекрытий – из стальных прокатных или составных профилей.

Междуэтажные перекрытия в производственных зданиях несут колоссальную нагрузку – не только от людей и мебели, как в гражданских зданиях, но и от станочного парка, складов промежуточной продукции, транспортных средств, таких как электрокары или малые погрузчики. Поэтому они проектируются с высокой несущей способностью. Наиболее распространены сборные железобетонные настилы из крупноразмерных плит, укладываемых по ригелям или балкам. Широко применяются и многопустотные плиты перекрытия, аналогичные используемым в жилищном строительстве, но большей толщины и с усиленным армированием. В зданиях со стальным каркасом перекрытия часто выполняются по профнастилу с монолитной железобетонной плитой – такая система обеспечивает и несущую способность, и жесткий диск, связывающий каркас в единое целое. В отдельных случаях, для особо тяжелых нагрузок или при необходимости снижения веса, могут применяться сборно-монолитные перекрытия с предварительно напряженными элементами.

Ограждающие конструкции стен в многоэтажном промышленном строительстве решают задачи теплоизоляции, огнестойкости и экономичности. Традиционными материалами являются железобетонные стеновые панели, кирпич и легкие бетонные блоки. Однако в последние десятилетия все большее распространение получают эффективные

слоистые стеновые конструкции с металлическим или железобетонным каркасом и утеплителем. Это могут быть сэндвич-панели с обшивками из тонколистовой стали или алюминия и сердечником из минеральной ваты или пенополиизоцианурата, а также навесные фасадные системы с вентилируемым зазором. Такие решения позволяют значительно снизить вес здания, улучшить его теплозащитные характеристики и ускорить процесс монтажа.

Особого внимания заслуживают вопросы вертикального транспорта и инженерного обеспечения. Помимо обязательных лестничных клеток, являющихся путями эвакуации, в многоэтажных производственных зданиях обязательно предусматриваются грузовые лифты и подъемники, часто грузоподъемностью в несколько тонн, для перемещения оборудования, сырья и готовой продукции между этажами. Не менее важны грузовые платформы и пандусы для автотранспорта. Инженерные коммуникации – мощные электрические сети, водопровод, канализация, вентиляционные и аспирационные системы – проектируются с учетом их сосредоточенного воздействия на конструкции. Часто для их размещения предусматриваются специальные технические этажи, межэтажные пространства или вертикальные шахты, увеличивающие строительный объем здания.

Фундаменты под многоэтажными промышленными зданиями, испытывающими большие нагрузки как по вертикали, так и по горизонтали (от работы оборудования), требуют тщательного расчета. Как правило, это свайные фундаменты с монолитным ростверком или фундаменты глубокого заложения, особенно в условиях слабых грунтов, характерных для многих регионов Беларуси. Важно обеспечить равномерную осадку всех частей здания, чтобы избежать перекосов, опасных для работы прецизионного оборудования.

11.4. Ограждающие конструкции

Стены производственных зданий, выполняющие функции ограждения и часто не несущие значительных нагрузок от вышележащих конструкций, классифицируются по нескольким признакам. По характеру статической работы различают самонесущие, навесные и ненесущие стены. Самонесущие стены опираются на самостоятельные фундаменты или фундаментные балки и несут нагрузку только от собственного веса в пределах своей высоты. Навесные стены, являющиеся наиболее распространенными в современном строительстве, представляют со-

бой панели, которые крепятся к колоннам каркаса и передают на них свой вес. Несущие стены, часто используемые в виде заполнения каркаса, воспринимают свой вес только в пределах одного этажа и опираются на элементы каркаса или фундаментные балки. По материалу стены подразделяются на крупнопанельные, из легких металлических конструкций с сэндвич-панелями, кирпичные и из других каменных материалов. Для одноэтажных зданий широко применяются стеновые ограждения из железобетонных панелей размером на одну или две колонны. Такие панели могут быть сплошными, часто из легкого или ячеистого бетона, или ребристыми, с эффективным утеплителем. В районах с расчетной температурой ниже минус тридцати градусов Цельсия, что актуально для климатических условий Беларуси, применяются трехслойные панели с внутренним и наружным железобетонными слоями и эффективным теплоизоляционным материалом между ними. Соединение панелей с колоннами каркаса осуществляется с помощью стальных закладных деталей и сварки, при этом особое внимание уделяется герметизации стыков, для чего используются упругие прокладки, мастики и герметики. В зданиях с повышенными требованиями к теплоизоляции или с агрессивной внутренней средой применяются навесные стеновые сэндвич-панели с металлическими обшивками и минераловатным или пенополиизоциануратовым утеплителем. Такие панели отличаются малым весом, высокой скоростью монтажа и хорошими эксплуатационными свойствами.

Покрытие производственного здания является сложной многофункциональной конструкцией, объединяющей несущие и ограждающие элементы. Оно защищает внутреннее пространство от атмосферных осадков, холода, перегрева и обеспечивает отвод воды. Конструкция покрытия включает в себя несущие элементы, к которым относятся балки, фермы, арки или рамы, и собственно ограждающую часть — кровлю с тепло- и гидроизоляционными слоями. По типу несущих элементов покрытия могут быть разделены на плитные, балочные и рамные. Плитные покрытия выполняются из железобетонных крупноразмерных панелей, укладываемых по несущим конструкциям каркаса, таким как фермы или балки. Такие панели бывают ребристыми, часто с предварительно напряженной арматурой для перекрытия больших пролетов. В современных металлических каркасах широко применяются покрытия по стальным прогонам, где ограждающим элементом служат профилированные стальные листы или сэндвич-панели, уложенные по прогонам и образующие скатную кровлю. Важ-

нейшим элементом ограждающей части покрытия является кровля. В производственных зданиях применяются как рулонные кровли из битумных или полимерных материалов, так и металлические кровли из профлиста или металлочерепицы. Для плоских или малоуклонных кровель, характерных для железобетонных панельных покрытий, устраивается традиционный кровельный ковер из нескольких слоев рубероида или более современных мембран, укладываемых на выравнивающую стяжку и утеплитель. Обязательным элементом такой кровли являются внутренние водостоки с воронками, отводящие воду в ливневую канализацию. В скатных кровлях по стальным прогонам водоотвод, как правило, наружный, организованный через систему желобов и водосточных труб. Теплоизоляция покрытия является критически важной для энергоэффективности здания. Она может располагаться как сверху несущих плит под кровельным ковром, так и в составе самих сэндвич-панелей. При проектировании покрытия обязательно учитываются нагрузки от снега, ветра, а в некоторых случаях и от подвесного транспорта или технологического оборудования.

Особенностью производственных зданий является необходимость обеспечения естественного освещения и вентиляции больших площадей, что зачастую невозможно только через оконные проемы в стенах. Для этой цели служат специальные конструкции – фонари. Фонарь представляет собой надстройку над покрытием здания, имеющую светопрозрачное или комбинированное заполнение. Он выполняет несколько функций: во-первых, обеспечение верхнего естественного света, который проникает глубоко в цех; во-вторых, естественная вытяжная вентиляция за счет разности температур и давления; в-третьих, дымоудаление в случае пожара. По своему поперечному профилю фонари подразделяются на несколько основных типов. Светоаэрационные фонари, наиболее распространенные, имеют вертикальное или наклонное остекление и открывающиеся створки для вентиляции. Они устанавливаются, как правило, перпендикулярно направлению господствующих ветров для усиления аэрационного эффекта. Световые фонари, предназначенные преимущественно для освещения, имеют сплошное остекление, часто наклонное для лучшего проникновения света, и не имеют открывающихся элементов. Зенитные фонари, получившие широкое распространение в современных зданиях, представляют собой локальные светопрозрачные купола или панели, встраиваемые непосредственно в плоскость покрытия. Они обеспечивают рассеянный свет и часто не требуют специальных несущих конструкций.

Конструктивно фонарь состоит из несущего каркаса, который опирается на основные конструкции покрытия – фермы или балки, и заполнения. Каркас традиционно выполнялся из стали, но сегодня все чаще применяются легкие алюминиевые профили. Заполнение – это светопрозрачные элементы из стекла, поликарбоната или специальных прозрачных пластиков. Управление открывающимися створками аэрационных фонарей может быть механическим, электрическим или автоматическим, в зависимости от системы управления микроклиматом цеха. При проектировании фонарей необходимо тщательно рассчитывать их воздействие на несущие конструкции покрытия, особенно ветровые и снеговые нагрузки, а также предусматривать надежные системы отвода конденсата и дождевой воды, которые могут скапливаться на внутренних поверхностях.

В заключение следует подчеркнуть, что проектирование ограждающих конструкций производственных зданий – стен, покрытий и фонарей – является комплексной задачей, требующей учета множества взаимосвязанных факторов. К ним относятся технологические требования производства, климатические условия региона строительства, вопросы энергосбережения, долговечности материалов, а также экономическая эффективность и скорость возведения. Современные тенденции в промышленном строительстве Беларуси и других стран направлены на применение легких, высокоэффективных ограждений с высокими теплотехническими характеристиками, использование сборных элементов заводской готовности, что позволяет минимизировать сроки строительства и затраты на эксплуатацию. Грамотное решение ограждающего контура здания не только создает комфортные условия для труда, но и напрямую влияет на стоимость содержания предприятия и его экологическую ответственность.

11.5. Полы, перегородки, окна, двери и ворота промышленных зданий

Полы в промышленных зданиях представляют собой сложную многослойную конструкцию, воспринимающую все эксплуатационные воздействия. Они являются одним из самых нагруженных и изнашиваемых элементов здания. Конструкция пола всегда включает в себя основание, подстилающий слой, прослойку, гидроизоляцию при необходимости и само покрытие, или чистый пол. Основанием может служить естественный грунт, уплотненный до требуемой степени, или

железобетонное перекрытие. Подстилающий слой, часто из тощего бетона, распределяет нагрузку на основание. Прослойка связывает покрытие с нижними слоями, а гидроизоляция защищает от грунтовой влаги или технологических жидкостей.

Выбор типа покрытия пола является ключевым решением, зависящим от характера производства. Для цехов с интенсивным движением колесного транспорта, таких как склады или сборочные цеха, применяют цементно-бетонные полы, обладающие высокой прочностью на сжатие и абразивную износ. При значительных ударных нагрузках и необходимости повышенной прочности устраивают полы из железобетонных плит или торкрет-бетона. В помещениях, где возможны проливы кислот, щелочей, масел или органических растворителей, используют химически стойкие покрытия. Это могут быть полы из кислотоупорного бетона с применением жидкого стекла и специальных заполнителей, покрытия из керамических или клинкерных плиток, уложенных на стойкие мастики, а также наливные полимерные полы на основе эпоксидных или полиуретановых смол, которые создают бесшовное, плотное и инертное покрытие.

Для теплых и сухих помещений с незначительными механическими воздействиями иногда применяют деревянные полы из досок или паркетные, но это скорее исключение. В цехах с повышенными требованиями к чистоте, например в пищевой или фармацевтической промышленности, устраивают беспыльные и легко моющиеся покрытия, часто с плавными переходами от стен к полу для упрощения санитарной обработки. Важным аспектом является также устройство температурных и деформационных швов в полах, которые компенсируют изменение линейных размеров при колебаниях температуры и влажности, предотвращая образование трещин. Эти швы заполняются упругими материалами, такими как герметики или специальные профили.

Перегородки в производственных зданиях служат для разделения внутреннего пространства на отдельные помещения: бытовые, административные, лабораторные, а также для выделения особо чистых или пожароопасных технологических зон внутри цеха. В отличие от капитальных стен, перегородки, как правило, являются ненесущими конструкциями. Требования к ним варьируются в очень широких пределах. Для обычных конторских или бытовых помещений применяют гипсокартонные, гипсоволокнистые или пазогребневые перегородки по каркасной или бескаркасной схеме. Их достоинства – легкость, ско-

рость монтажа и возможность создания гладкой поверхности под отделку.

Однако в условиях цеха перегородки часто должны обладать особыми свойствами. В зонах с возможным воздействием влаги используют влагостойкие материалы, например, цементно-стружечные плиты или стекломагниевые листы. В помещениях с повышенными требованиями к гигиене перегородки выполняют из гладких, непористых материалов, допускающих частую мойку, таких как сэндвич-панели с пластиковым или металлическим покрытием, либо облицовывают керамической плиткой. Для зон с высокими температурами или риском возгорания применяют огнестойкие перегородки из кирпича, легких бетонных блоков или специальных огнезащитных плит по металлическому каркасу. Нередко возникает необходимость в перегородках с повышенными звукоизоляционными характеристиками, что достигается применением многослойных конструкций с воздушными промежутками и звукопоглощающими материалами внутри. Важным элементом являются также остекленные перегородки, которые обеспечивают визуальный контроль за процессом, не нарушая световой среды помещения. Их выполняют из стеклоблоков или с применением профильных систем со специальным ударопрочным или огнестойким стеклом.

Окна в промышленных зданиях решают задачи естественного освещения и вентиляции, но их конструктивное решение сильно отличается от жилых домов. Промышленные окна, как правило, имеют большую площадь и часто объединяются в непрерывные ленточные проемы, расположенные в верхней части стен или в специальных фонарях на крыше. Такое расположение позволяет добиться глубокого и равномерного проникновения света вглубь цеха, что критически важно для безопасной и эффективной работы. По способу открывания распространены поворотные, откидные и средне- и верхнеподвесные створки, управление которыми нередко осуществляется механически с пола с помощью систем тяг и тросов. В современных зданиях все чаще применяются автоматизированные системы.

Материал оконных переплетов – преимущественно алюминий или ПВХ, реже сталь. Алюминиевые профили отличаются прочностью, долговечностью и позволяют создавать легкие конструкции больших размеров. Они часто используются в остеклении светопрозрачных фонарей. Для остекления применяется стекло повышенной прочности: закаленное, многослойное (триплекс) или армированное. В цехах с

особыми условиями, например, с вибрацией или возможными ударными воздействиями, это является обязательным требованием безопасности. В холодных цехах могут устанавливаться двойное или даже тройное остекление в отдельных или спаренных переплетах для снижения теплопотерь. В то же время в горячих цехах важной задачей становится не сохранение тепла, а возможность эффективного аварийного дымоудаления, поэтому часть оконных фрамуг проектируется как дымовые, с автоматическим или дистанционным открыванием.

Двери и ворота в промышленных зданиях обеспечивают пропуск людей, транспортных средств, технологического оборудования и готовой продукции. Их классификация очень обширна. По назначению различают двери для людей и ворота для транспорта, хотя это деление условно, так как крупные двери также могут использоваться для проезда. Двери в бытовые и административные помещения мало отличаются от применяемых в гражданском строительстве. Двери же, ведущие непосредственно в цех, должны соответствовать его специфике: быть противопожарными в пожароопасных зонах, обладать повышенной звукоизоляцией в шумных цехах или иметь тамбур-шлюзы в помещениях с особым микроклиматом.

Ворота являются одним из самых характерных элементов промышленной архитектуры. Их размеры определяются габаритами пропускаемого транспорта, будь то электрокары, погрузчики, грузовики или железнодорожные вагоны. По способу открывания различают несколько основных типов. Распашные ворота – классический вариант, но для больших проемов они неудобны из-за необходимости значительного свободного пространства перед фасадом. Более экономичны в этом плане откатные (сдвижные) ворота, которые перемещаются вдоль стены по направляющей. Подъемно-секционные ворота, состоящие из нескольких горизонтальных панелей, поднимающихся под потолок, очень популярны благодаря своей компактности и возможности автоматизации. Для высоких проемов, например, в авиационных ангарах, применяют вертикально-подъемные ворота. В цехах с интенсивным внутренним движением часто устанавливают складывающиеся (или «гармошкой») и рулонные ворота, которые обеспечивают максимально быстрое открывание и закрывание.

Материал полотна ворот – обычно стальные профилированные листы или сэндвич-панели с утеплителем внутри для отапливаемых цехов. Важнейшим требованием является надежность и долговечность фурнитуры, механизмов и приводов, которые испытывают значитель-

ные нагрузки при частых циклах открывания-закрывания. Для ворот, расположенных на путях эвакуации, обязательным является наличие легко открываемых изнутри запоров, даже если основные приводы электрические. В отапливаемых цехах ворота больших размеров становятся источником колоссальных теплопотерь, поэтому их оснащают воздушно-тепловыми завесами, которые создают поток теплого воздуха перед проемом, отсекая холодный воздух с улицы.

12. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

12.1. Унифицированные габаритные схемы зданий агропромышленного комплекса

Унификация в строительстве сельскохозяйственных зданий представляет собой систему установления рационального минимального числа типоразмеров объемно-планировочных и конструктивных элементов, узлов и деталей. Основной целью унификации является создание условий для индустриализации строительства, повышения его экономической эффективности, сокращения сроков возведения объектов и снижения трудозатрат. В контексте габаритных схем унификация означает, прежде всего, стандартизацию пролетов, шагов колонн и высот до низа несущих конструкций. Это позволяет использовать типовые строительные конструкции, такие как фермы, балки, плиты покрытия и стеновые ограждения, изготавливаемые на специализированных предприятиях.

Разработка унифицированных габаритных схем (УГС) для зданий агропромышленного комплекса ведется с учетом требований технологического проектирования. Технологи определяют необходимые площади, объемы, линейные размеры производственных зон, проходов и проездов, исходя из принятых методов ведения хозяйства, норм размещения животных, птицы или оборудования. Затем эти требования согласуются с конструктивными и экономическими возможностями строительной индустрии. В результате создается ограниченный набор параметров, который, с одной стороны, удовлетворяет большинство технологических потребностей, а с другой – позволяет применять стандартные конструкции.

Ключевыми параметрами любой унифицированной габаритной схемы являются ширина пролета (L), шаг колонн или несущих стоек (B) и высота здания (H). Для одноэтажных зданий, которые преоб-

ладают в сельскохозяйственном строительстве, эти параметры формируют так называемую сетку колонн, которая обозначается как $L \times B$. Например, сетка 18×6 метров означает, что здание имеет пролеты шириной 18 метров и колонны, расположенные вдоль здания с шагом 6 метров. Выбор той или иной сетки зависит от назначения здания.

Для зданий, предназначенных для содержания крупного рогатого скота, свиней или овец, часто применяются схемы с пролетами 12, 15, 18, 21 и 24 метра. Шаг колонн при этом обычно составляет 6 метров, что является наиболее распространенным и экономичным размером, позволяющим эффективно использовать стандартные плиты покрытия и подкрановые пути (если они предусмотрены). В птицеводческих помещениях, где требуется большое свободное пространство без внутренних опор для размещения клеточных батарей или напольного оборудования, часто применяются большепролетные конструкции шириной 36, 48, 60 и даже 72 метра. Такие здания перекрываются пространственными конструкциями – арками, рамами или висячими системами.

Высота сельскохозяйственных зданий также унифицирована и тесно связана с технологией. В животноводческих помещениях она определяется необходимостью создания комфортного микроклимата: удаления вредных газов, избыточной влаги и тепла. Высоты до низа несущих конструкций (ферм) обычно составляют 2,4; 2,8; 3,0; 3,3; 3,6; 4,2 и 4,8 метра. В зданиях с навозными каналами или сложным технологическим оборудованием высота может быть увеличена. В кормохранилищах, например сенажных траншеях, высота может быть не нормирована сверху, так как это часто бывают открытые или полукрытые сооружения.

Особое внимание при разработке унифицированных габаритных схем уделяется зданиям ремонтно-механических мастерских, гаражей для сельскохозяйственной техники и складским помещениям. Здесь, помимо технологических требований к планировке, критически важным становится параметр грузоподъемности подъемно-транспортного оборудования, обычно мостовых кранов. Сетки колонн для таких зданий часто принимаются 18×6 , 24×6 или 18×12 метров, а высота определяется в зависимости от габаритов обслуживаемой техники и высоты подъема крюка крана. Унификация здесь позволяет использовать типовые железобетонные или стальные колонны, подкрановые балки и крановые пути.

Важным аспектом является унификация для зданий, возводимых в разных климатических регионах Беларуси. Габаритные схемы, как правило, остаются неизменными, но варьируются толщина и состав

ограждающих конструкций (стен, покрытий), характеристики остекления и системы вентиляции для соответствия требованиям по теплозащите, которые различаются для, условно говоря, Брестской и Витебской областей. Это реализуется через применение разных марок стеновых панелей или слоев утеплителя в кровельном пироге при сохранении одних и тех же несущих конструкций каркаса.

Внедрение унифицированных габаритных схем напрямую связано с модульной координацией размеров в строительстве. Это означает, что все основные планировочные и конструктивные размеры здания (пролеты, шаги, высоты) привязываются к базовому модулю, равному 100 миллиметрам (1М). Это позволяет обеспечивать совместимость элементов, изготовленных на разных предприятиях, и их взаимозаменяемость. Все унифицированные размеры, как правило, кратны более крупным модулям, например, укрупненному модулю 3М (300 мм) или 6М (600 мм).

Использование УГС имеет ряд неоспоримых преимуществ. Во-первых, это значительное снижение стоимости проектирования, так как применяются типовые решения и чертежи. Во-вторых, сокращаются сроки строительства за счет использования готовых конструкций заводского изготовления. В-третьих, повышается качество строительства, поскольку сборка ведется из стандартизированных, проверенных элементов. В-четвертых, упрощается процесс реконструкции или расширения предприятия – новые корпуса стыкуются со старыми на основе единой сетки колонн. Кроме того, это облегчает планировку территории сельскохозяйственного предприятия, так как здания с унифицированными параметрами легче компоновать в единый функциональный комплекс.

Однако нельзя не отметить и некоторые ограничения, которые накладывает унификация. Главным из них является определенная жесткость, не всегда позволяющая в полной мере учесть уникальные особенности конкретной технологии или рельефа местности. Иногда стремление уложиться в типовую схему может привести к неоптимальному использованию внутреннего объема или незначительному увеличению площади застройки. Поэтому современные нормативные документы и каталоги унифицированных конструкций предусматривают не одну, а несколько рекомендуемых габаритных схем для каждого типа зданий, давая проектировщику и технологу возможность выбора.

В Республике Беларусь разработка и применение унифицированных габаритных схем для объектов агропромышленного комплекса

регламентируется государственными строительными нормами и отраслевыми каталогами типовых конструкций. Эти документы постоянно актуализируются с учетом появления новых материалов, конструктивных систем и прогрессивных технологий в сельском хозяйстве, таких как роботизированные доильные залы или системы компьютерного климат-контроля в животноводческих комплексах.

Таким образом, унифицированные габаритные схемы представляют собой каркас, вокруг которого строится вся система проектирования и возведения сельскохозяйственных зданий. Они являются связующим звеном между технологией сельскохозяйственного производства и строительной индустрией, обеспечивая рациональное и экономичное воплощение проектов в жизнь. Понимание принципов их формирования и применения является обязательным для специалиста строительной отрасли, работающего в сфере агропромышленного комплекса, так как позволяет грамотно читать проектную документацию, выбирать эффективные конструктивные решения и осуществлять авторский надзор за строительством этих важных объектов.

12.2. Железобетонные и деревянные несущие конструкции сельскохозяйственных производственных зданий

Сельскохозяйственные производственные здания представляют собой особую категорию сооружений, функциональное назначение которых предъявляет специфические требования к несущим конструкциям. Эти требования обусловлены, во-первых, необходимостью перекрытия значительных пролетов без промежуточных опор для создания больших внутренних пространств, удобных для размещения техники, животных или хранения продукции. Во-вторых, эксплуатационная среда в таких зданиях зачастую характеризуется повышенной влажностью, наличием агрессивных веществ, например, аммиака в животноводческих комплексах или минеральных удобрений в хранилищах, а также значительными перепадами температур. В-третьих, важнейшим фактором остается экономическая целесообразность, включающая как стоимость материалов и монтажа, так и долгосрочные затраты на обслуживание. В данном контексте железобетонные и деревянные несущие конструкции нашли самое широкое применение, каждая из групп обладая своим набором преимуществ, ограничений и областей рационального использования.

Железобетонные конструкции в сельскохозяйственном строительстве подразделяются на несколько основных видов, выбор между ко-

торыми зависит от конкретных инженерных и экономических задач. Наиболее распространенными являются сборные железобетонные конструкции, которые изготавливаются на заводах и монтируются на строительной площадке. К ним относятся колонны, ригели, подкрановые балки, фермы и плиты покрытия. Их использование позволяет значительно ускорить темпы строительства и обеспечить высокое качество бетона за счет заводских условий изготовления. Для перекрытия особенно больших пролетов, например, в манежах для техники или коровниках-беспривязного содержания, активно применяются предварительно напряженные конструкции, которые обладают повышенной трещиностойкостью и позволяют уменьшить расход материала. Монолитный железобетон, хотя и требует более сложной организации работ с установкой опалубки и бетонированием на месте, незаменим при создании конструкций сложной геометрии или в случаях, когда транспортные габариты ограничивают доставку крупных сборных элементов. Часто используется и комбинированный подход, когда каркас здания собирается из сборных элементов, а отдельные узлы или фундаменты выполняются монолитными для обеспечения необходимой жесткости и надежности.

Применение железобетонных несущих конструкций в сельскохозяйственных зданиях имеет четкую функциональную направленность. В животноводческих комплексах, таких как коровники или свинарники, железобетонный каркас обеспечивает долговечность и устойчивость в условиях постоянной влажности и химического воздействия. Колонны и ригели, образующие каркас, должны иметь соответствующее защитное покрытие или быть изготовлены из бетона с повышенной плотностью и низкой проницаемостью. В зданиях для хранения продукции, например, в овощехранилищах или складах минеральных удобрений, важна способность конструкций выдерживать значительные статические и динамические нагрузки от штабелируемых грузов, а также сопротивление возможной коррозии. Здесь часто используются безбалочные перекрытия или перекрытия по ригелям с плитами, образующие гладкий потолок, удобный для соблюдения санитарных норм. В птицеводческих помещениях, где предъявляются высокие требования к чистоте и простоте дезинфекции, гладкие поверхности железобетонных конструкций являются значительным преимуществом. Кроме того, железобетонные фермы и арки позволяют создавать пролеты в двадцать четыре, тридцать и более метров, что необходимо для современных механизированных ферм.

К числу неоспоримых достоинств железобетонных несущих конструкций в сельском хозяйстве относятся их высокая долговечность и капитальность, огнестойкость, которая критически важна для зданий, где возможно скопление горючих материалов, и исключительная устойчивость к статическим и динамическим нагрузкам. Они мало подвержены воздействию биологических факторов, таких как гниение или повреждение насекомыми, что является ключевым в агрессивной среде. Однако имеются и существенные недостатки. К ним относится большой собственный вес, требующий устройства мощных, а значит, более дорогих фундаментов, а также необходимость применения тяжелой грузоподъемной техники для монтажа, что может быть затруднительно в отдаленных сельских районах. Кроме того, высокая теплопроводность бетона требует дополнительных затрат на эффективное утепление ограждающих конструкций для создания необходимого микроклимата. Транспортные расходы на доставку крупногабаритных сборных элементов также могут составлять значительную часть сметной стоимости.

Деревянные несущие конструкции, в свою очередь, имеют давние традиции использования в сельском строительстве, особенно в регионах, богатых лесными ресурсами, что актуально для Беларуси. Современные деревянные конструкции далеки от примитивных срубов и представляют собой инженерно продуманные системы. Основными типами являются каркасные конструкции из цельной или клееной древесины, а также конструкции из деревянных ферм и арок. Каркас, состоящий из стоек, балок и раскосов, обшивается плитными материалами и эффективным утеплителем, образуя легкую и теплую ограждающую систему. Для создания больших пролетов все чаще используется клееный брус, который благодаря своей технологии изготовления обладает повышенной прочностью, стабильностью геометрических размеров и позволяет создавать длинномерные элементы сложных криволинейных форм. Деревянные фермы, собираемые из досок с помощью металлозубчатых пластин или врубок, представляют собой экономичное решение для перекрытия пролетов до восемнадцати-двадцати метров.

Область рационального применения деревянных несущих конструкций в сельскохозяйственных производственных зданиях включает, прежде всего, здания с умеренными нагрузками и неагрессивной средой. Это, например, склады для хранения сухих кормов, мастерские, гаражи, теплицы с деревянным каркасом, а также некоторые ти-

пы животноводческих помещений при условии надежной гидро- и пароизоляции. Дерево идеально подходит для быстровозводимых и временных сооружений, а также для реконструкции или надстройки существующих зданий благодаря своему малому весу. В последнее время наблюдается тенденция к использованию клееных деревянных конструкций в капитальных сельскохозяйственных объектах, таких как специализированные рынки или выставочные павильоны агрокомплексов, где эстетический вид натуральной древесины сочетается с высокой конструктивной надежностью.

Преимущества деревянных конструкций многообразны. Главное из них – это малый вес при достаточно высокой прочности, что позволяет обходиться более легкими и экономичными фундаментами и упрощает процесс монтажа, часто без привлечения тяжелой техники. Древесина обладает отличными теплоизоляционными свойствами, что способствует энергоэффективности здания и созданию благоприятного микроклимата. Это экологически чистый, возобновляемый материал, а обработка и монтаж деревянных конструкций менее энергоемки по сравнению с железобетоном. Однако недостатки также серьезны и требуют обязательного учета. Древесина горюча, что накладывает строгие требования к противопожарным мероприятиям, включая обработку антипиренами и конструктивную защиту. Она подвержена биологическому разрушению – гниению, поражению грибками и древоточцами, особенно в условиях повышенной и переменной влажности, типичных для многих сельскохозяйственных объектов. Это вынуждает проводить тщательную обработку всех элементов современными антисептическими пропитками, обеспечивать эффективную вентиляцию конструкций и надежную гидроизоляцию от капиллярной влаги. Долговечность правильно защищенной и эксплуатируемой деревянной конструкции может быть очень высокой, но она требует большего внимания в ходе обслуживания по сравнению с железобетоном.

Выбор между железобетонными и деревянными несущими конструкциями для конкретного сельскохозяйственного здания является комплексной задачей. Решение принимается на основе анализа множества факторов: величины пролетов и действующих нагрузок, агрессивности внутренней среды и требуемого температурно-влажностного режима, наличия местных строительных материалов и производственных баз, требований к скорости строительства, сметных ограничений и даже архитектурных предпочтений. Как правило, для крупных капи-

тальных объектов с тяжелым режимом эксплуатации, таких как промышленные коровники или склады минеральных удобрений, предпочтение отдается железобетону. Для зданий вспомогательного назначения, ремонтных мастерских, складов сухой продукции, а также в случаях, когда важна быстрота возведения и экономия на фундаментах, оптимальным решением может стать деревянный каркас. Нередко применяется и комбинированный подход: например, несущий каркас выполняется из железобетона для обеспечения долговечности, а конструкции покрытия из легких деревянных ферм с эффективным утеплителем для улучшения теплотехнических характеристик.

Особое внимание при проектировании и возведении несущих конструкций сельскохозяйственных зданий из любого материала должно уделяться защите от коррозии и биоповреждений. Для железобетона это означает использование бетонов с низкой проницаемостью, возможно, с применением гидрофобизирующих добавок, тщательное уплотнение бетонной смеси, обеспечение достаточной толщины защитного слоя для арматуры и, в особо агрессивных средах, использование арматуры с антикоррозионным покрытием или добавок-ингибиторов коррозии в бетон. Для дерева обязательна комплексная пропитка огнебиозащитными составами, устройство надежной гидроизоляции в узлах опирания на фундамент и обеспечение постоянной вентиляции подкровельного пространства и внутренних полостей каркаса для удаления возможного конденсата. Конструктивные решения должны исключать застой воды и обеспечивать быстрый сток осадков.

Таким образом, железобетонные и деревянные несущие конструкции составляют основу современного сельскохозяйственного строительства, предлагая инженерам и проектировщикам широкий спектр решений. Понимание их специфических свойств, областей рационального применения и требований к защите в условиях сельскохозяйственного производства позволяет создавать экономичные, долговечные и функциональные здания, отвечающие высоким технологическим стандартам агропромышленного комплекса. Развитие технологий, таких как производство высокопрочного и напрягающего бетона, а также появление новых видов клееной древесины и высокоэффективных защитных составов, продолжает расширять возможности обоих материалов, делая сельскохозяйственное строительство более эффективным и адаптивным.

12.3. Ограждающие конструкции и окна сельскохозяйственных зданий

Ограждающие конструкции сельскохозяйственных зданий, к которым относятся наружные стены, покрытия (кровли), перекрытия над неотапливаемыми подпольями или проездами, должны прежде всего обладать высокими теплозащитными качествами. Это обусловлено необходимостью создания стабильного внутреннего климата для биологических объектов и сокращения огромных энергозатрат на отопление, особенно в животноводческих комплексах и птицефабриках. Однако, в отличие от гражданских зданий, здесь на первый план выходит проблема влажностного режима. В воздухе помещений для содержания скота и птицы всегда содержится большое количество водяных паров, выделяемых при дыхании животных, а также с мочой, с поверхности кормов и системы поения. Поэтому паронепроницаемость внутренних слоев ограждения и способность к выводу влаги из конструкции критически важны. В противном случае происходит накопление конденсата внутри утеплителя, что резко снижает его теплофизические свойства и ведет к разрушению материала.

Для стеновых ограждений широко применяются многослойные конструкции. Часто это три слоя: внутренний несущий слой из кирпича, керамзитобетонных или арболитовых блоков; средний слой эффективного утеплителя, такого как минеральная вата или плиты из пенополистирола; и наружный защитно-декоративный слой, например, из облицовочного кирпича или навесных панелей. Особое внимание уделяется устройству надежной пароизоляции с внутренней теплой стороны. В качестве пароизоляции используют специальные пленки или, например, покрытие внутренней поверхности стен керамической плиткой на влагостойком клее, что также облегчает санитарную уборку. В зданиях с каркасной конструктивной схемой стены часто выполняются по принципу сэндвич-панелей, где между наружными и внутренними обшивками из профилированного металла или асбестоцементных листов закладывается утеплитель. Такие решения обеспечивают быстрый монтаж и хорошие эксплуатационные качества.

Покрытия сельскохозяйственных зданий, особенно для крупнобаритных коровников, свинарников или хранилищ, также имеют свою специфику. Широко распространены плоские или малоуклонные кровли по стальным или железобетонным фермам. В составе кровельного

пирога обязательно присутствуют пароизоляция, утеплитель значительной толщины, выравнивающая стяжка и гидроизоляционный ковер. Для гидроизоляции традиционно использовался рубероид, но сейчас все чаще применяются более долговечные материалы: полимерные мембраны или наплавляемые битумно-полимерные материалы. В зданиях, где возможны повышенные температуры и испарения, например, в кормоцехах или моечных, важно предусмотреть в конструкции покрытия эффективную вентилируемую прослойку для удаления влажного воздуха и предотвращения конденсата на внутренней поверхности.

Окна в сельскохозяйственных зданиях – это сложный и многозадачный элемент. Их функции выходят далеко за рамки простого освещения и проветривания. Для животноводческих помещений окна являются важнейшим источником естественного света, который напрямую влияет на продуктивность и здоровье животных. Нормы освещенности для разных видов скота и птицы строго регламентированы. Поэтому общая площадь световых проемов, их расположение и конфигурация рассчитываются исходя из требований зоогигиены. Часто применяют ленточное остекление, расположенное на значительной высоте от пола, чтобы свет попадал глубоко в помещение, и чтобы животные не могли повредить стекла.

Конструктивно окна должны быть чрезвычайно надежными, простыми в обслуживании и обеспечивать возможность различных режимов вентиляции. Широко используются распашные, поворотные или откидные створки с надежными запорными механизмами. Материал рам – дерево, ПВХ или алюминий – должен быть устойчив к постоянной влажности и воздействию агрессивных веществ, например, аммиака, который присутствует в воздухе животноводческих помещений. Все чаще применяются стеклопакеты, которые значительно улучшают теплозащиту, хотя их первоначальная стоимость выше. В некоторых случаях, особенно в родильных отделениях или помещениях для молодняка, часть окон может быть оборудована специальными инфракрасными прозрачными пленками или иметь двойное остекление с увеличенным воздушным зазором для лучшей теплоизоляции.

Особую категорию представляют собой светопрозрачные ограждения в зданиях для выращивания растений – теплицах и оранжереях. Здесь ограждающая конструкция практически целиком состоит из светопропускающих элементов. Современные промышленные теплицы

используют покрытия из специального стекла, сотового поликарбоната или полимерных пленок. Эти материалы должны обладать высокой светопропускающей способностью в полезном для растений спектре, прочностью, чтобы выдерживать ветровые и снеговые нагрузки, а также долговечностью. Конструкции каркасов теплиц, обычно металлических, рассчитываются на минимальное затенение внутреннего пространства.

Нельзя обойти вниманием и вопрос устройства ворот и дверей в сельскохозяйственных зданиях. Они подвергаются интенсивным механическим нагрузкам, часто должны пропускать крупногабаритную технику и при этом обеспечивать сохранение тепла. Ворота в машинных дворах, навозных проездах или кормоцехах делаются распашными или откатными, с усиленным каркасом и обшивкой из стального листа. Для сохранения тепла в животноводческих помещениях часто применяют тамбуры или двойные ворота, а также используют гибкие прозрачные шторы из ПВХ-пленки в проемах, через которые регулярно проходит техника.

Каждое решение должно приниматься с учетом конкретного технологического назначения здания, климатических условий региона Беларуси и современных доступных материалов. Грамотно выполненные ограждения являются залогом не только успешного производства, но и минимизации ресурсных затрат на протяжении всего срока службы постройки, что в условиях крупного агропромышленного комплекса имеет первостепенное экономическое значение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кривошапко, С. Н. Архитектурно-строительные конструкции: учебник / С. Н. Кривошапко, В. В. Галишникова. – М.: Юрайт, 2024. – 475 с.
2. Сельскохозяйственные здания и сооружения / Д. Н. Топчий, В. А. Бондарь, О. Б. Кошлатый, Н. П. Олейник, В. И. Хазин. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: ВО «Агропромиздат», 1985. – 480 с.
3. Константинов, А. А. Гражданские и сельскохозяйственные здания и сооружения. Проектирование лестниц: метод. указания / А. А. Константинов. – Горки: БГСХА, 2016. – 54 с.
4. Константинов, А. А. Светотехнический расчет: метод. указания / А. А. Константинов. – Горки: БГСХА, 2016. – 20 с.
5. Константинов, А. А. Гражданские и сельскохозяйственные здания и сооружения. Малоэтажный жилой дом: учеб.-метод. пособие / А. А. Константинов. – Горки: БГСХА, 2019. – 298 с.
6. Хруцкая, Н. П. Строительные материалы и конструкции зданий и сооружений : учеб.-метод. пособие / Н. П. Хруцкая, А. А. Константинов, В. В. Копытовский. – Горки : БГСХА, 2023. – 350 с.
7. Романов, И. А. Основы автоматизации проектирования : учебно-методическое пособие / И. А. Романов, О. В. Тишкович. – Горки : БГСХА, 2025. – 166 с.
8. Малков, И. Г. Архитектура и планировка сельских поселений / И. Г. Малков, Д. В. Кольчевский, И. И. Малков. – Гомель : Белорусский государственный университет транспорта, 2024. – 240 с.
9. Другомилов, Р. А. Архитектурное благоустройство сельских поселений: традиции и современность / Р. А. Другомилов, Ю. А. Мажайский. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2021. – 96 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ	4
1.1. Основные термины и определения	4
1.2. Классификация зданий и сооружений.....	7
1.3. Нагрузки и воздействия на здания.....	11
1.4. Комплекс требований к зданиям и сооружениям	16
1.5. Основы индустриального строительства: унификация, типизация, стандартизация и Единая модульная система (ЕМС)	20
2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ И КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ.....	25
2.1. Основные элементы зданий и их назначение	25
2.2. Конструктивные схемы зданий.....	28
2.3. Обеспечение пространственной жесткости и устойчивости зданий.....	32
2.4. Деформационные швы: назначение и конструкция	35
3. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ	39
3.1. Требования к основаниям и фундаментам	39
3.2. Виды фундаментов и их конструктивные решения	43
3.3. Материал фундаментов и глубина их заложения	46
4. СТЕНЫ И ПЕРЕГОРОДКИ	50
4.1. Классификация стен и требования к ним.....	50
4.2. Стены из мелкоштучных материалов	54
4.3. Стены из крупноразмерных элементов	58
4.4. Многослойные стены и теплоизоляция ограждающих конструкций.....	62
4.5. Перегородки: виды и основные требования к ним.....	66
5. ПЕРЕКРЫТИЯ И ПОЛЫ	70
5.1. Назначение, классификация и требования к перекрытиям	70
5.2. Деревянные перекрытия	74
5.3. Железобетонные перекрытия	78
5.4. Конструкции полов, их элементы и назначение	81
6. КРЫШИ И КРОВЛИ	84
6.1. Виды покрытий и требования к ним.....	84
6.2. Скатные крыши: типы форм, элементы и конструктивные схемы	88
6.3. Кровли скатных крыш	91
6.4. Организация водоотвода со скатных крыш. Вентиляционные и слуховые окна	95
6.5. Совмещенные покрытия: основные виды и конструкция.....	98
7. ЛЕСТНИЦЫ, ОКНА, ДВЕРИ	101
7.1. Лестницы: классификация, элементы и расчет параметров	101
7.2. Окна: назначение, классификация, элементы оконных блоков.....	105
7.3. Двери: основные виды, типы конструкций и дверные блоки	109
7.4. Перемычки. Элементы перекрытия проемов. Сборные железобетонные перемычки	113
8. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ И ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ	117
8.1. Крупнопанельные здания: достоинства, классификация	117
8.2. Деревянные здания: типы и область применения.....	120

9. ОСНОВЫ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ	124
9.1. Виды проектов: типовые, индивидуальные, экспериментальные	124
9.2. Методика архитектурного проектирования	128
9.3. Основы планировки жилых зданий	131
9.4. Основы планировки общественных зданий	134
10. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ	137
10.1. Промышленные и сельскохозяйственные здания, требования к ним	137
10.2. Воздействие агрессивных сред на строительные конструкции	141
10.3. Подъемно-транспортное оборудование и его влияние на конструкции	144
11. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ	148
11.1. Фундаменты промышленных зданий	148
11.2. Несущий каркас одноэтажных зданий	151
11.3. Конструкции двухэтажных и многоэтажных промышленных зданий	154
11.4. Ограждающие конструкции	156
11.5. Полы, перегородки, окна, двери и ворота промышленных зданий	159
12. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ	163
12.1. Унифицированные габаритные схемы зданий агропромышленного комплекса	163
12.2. Железобетонные и деревянные несущие конструкции сельскохозяйственных производственных зданий	166
12.3. Ограждающие конструкции и окна сельскохозяйственных зданий	171
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	174