

Основы проектирования промышленных зданий

Глава I

Общие положения проектирования промышленных зданий

§ 2. виды промышленных зданий

Промышленные предприятия классифицируют по отраслям производства. **Отрасль производства** — составная часть отрасли народного хозяйства, к которой относятся промышленность, сельское хозяйство, транспорт, строительство и др.

Классификация отраслей производства в промышленности устанавливается по различным признакам, например, по однородности экономического назначения продукции (производственного или потребительского), виду обрабатываемого сырья, характеру технологического процесса и т. п. Всего насчитывается более 15 крупных отраслей (электроэнергетика, черная металлургия, цветная металлургия, машиностроение, металлообработка и др.)

Крупные отрасли промышленности, в свою очередь, делят на более мелкие по признаку назначения продукции или происхождения сырья, по однородности технологических процессов и т. п. Таких более мелких отраслей свыше 160. Например, в машиностроение, как в крупную отрасль промышленности, входят автомобилестроение, тракторостроение, станкостроение и др.

Строительство как отрасль народного хозяйства разделяют по принципу экономического назначения на следующие отрасли строительного производства: **промышленное строительство, транспортное, сельскохозяйственное, жилищное, коммунальное, строительство учреждений здравоохранения** и др. В свою очередь, каждая такая отрасль может делиться на более мелкие по различным признакам. Промышленное строительство делится на строительство предприятий тяжелого машиностроения, строительство пред-

приятий металлургической промышленности и т. п., т. е. по признакам назначения продукции и виду технологических процессов.

Отраслевая классификация положена в основу создания сети проектных, научно-исследовательских и производственных организаций в строительстве, таких, например, крупных проектных организаций по проектированию металлургических заводов, как Гипромез, заводов тяжелого машиностроения — Гипротяжмаш, гидротехнических сооружений — Гидропроект, зданий высших учебных заведений — Гипровуз и др.

Отраслевая специализация проектных, научно-исследовательских и производственных строительных организаций — одно из важных условий технического прогресса. Она позволяет быстрее совершенствовать объекты строительства, быстрее накапливать опыт, отбирая все лучшее, оправдавшее себя в практике, достигать высоких количественных и качественных показателей в строительстве.

На основе отраслевой классификации производства построена и классификация промышленных зданий. В начале изучения настоящего курса [2, с. 10] было сказано, что промышленные здания независимо от отрасли промышленности разделяют на четыре основные группы: производственные, энергетические, здания транспортно-складского хозяйства и вспомогательные здания или помещения.

К производственным относят здания, в которых размещены цехи, выпускающие готовую продукцию или полуфабрикаты. Производственные здания по назначению разделяют на многие виды соответственно отраслям

производства. Это могут быть металлообрабатывающие, механосборочные, термические, кузнечно-штамповочные, мартеновские цехи, цехи по производству железобетонных конструкций, ткацкие цехи, цехи по обработке пищевых продуктов, цехи вспомогательного производства, например, инструментальные, ремонтные и др.

К энергетическим относят здания ТЭЦ (теплоэлектростанций), снабжающих промышленные предприятия электроэнергией и теплом, котельные, электрические и трансформаторные подстанции, компрессорные станции и др.

Здания транспортно-складского хозяйства включают гаражи, стоянки напольного промышленного транспорта, склады готовой продукции, полуфабрикатов и сырья, пожарные депо и т. п.

К вспомогательным относятся здания для размещения административно-канторских помещений, помещений общественных организаций, бытовых помещений и устройств (душевых, гардеробных и пр.), пунктов питания и медицинских пунктов. Вспомогательные помещения в зависимости от вида производства можно располагать непосредственно в производственных зданиях.

Объемно-планировочные и конструктивные решения промышленных зданий зависят от их назначения, характера размещения в них технологических процессов и отличаются значительным разнообразием. Такие здания можно классифицировать по следующим признакам:

1. По числу пролетов — однопролетные и многопролетные одноэтажные промышленные здания. Однопролетные здания (рис. 2.1, а) целесообразны для небольших производственных, энергетических или складских зданий. Они применяются также для размещения производств, требующих значительной величины пролетов (от 36 м и более — большепролетные здания) и значительной высоты (более 18 м). Однопролетные здания характерны, например, для производств с расположением технологического

оборудования на специальных конструкциях — «этажерках», не связанных с несущими конструкциями самого здания (рис. 2.1, в).

Многопролетные (рис. 2.1, б) — наиболее распространенный тип одноэтажных промышленных зданий, широко используемый в различных отраслях промышленности. Многопролетные здания с одинаковыми или близкими параметрами пролетов (шириной и высотой) без внутренних открытых дворов называются зданиями **сплошной застройки** (рис. 2.2) и могут достигать в плане значительных размеров (несколько сотен метров по ширине и длине).

2. По числу этажей — одноэтажные и многоэтажные. В современном строительстве преобладают одноэтажные здания (примерно 80% общего объема строительства), так как они имеют определенные преимущества. В них лучше условия для размещения оборудования, организации производственных потоков, применения различных транспортных и грузоподъемных устройств. В любом месте здания может быть установлено технологическое оборудование любого веса, поскольку оно ставится непосредственно на грунт. В одноэтажных зданиях обеспечивается большая маневренность при изменении технологического процесса.

Применение многоэтажных промышленных зданий (рис. 2.3) ограничивается производствами с относительно легким технологическим оборудованием, размещаемым на междуэтажных перекрытиях (легкая промышленность, приборостроение, полиграфическая промышленность и пр.).

Многоэтажные здания также целесообразны в случаях, когда технологический процесс организован по вертикальной схеме и материалы могут перемещаться за счет собственного веса (например, склады сыпучих материалов). Многоэтажные промышленные здания проектируют, кроме того, при ограниченных размерах территории. Многоэтажные промышленные здания нередко выполняют с так называемыми техническими этажами (рис. 2.3, г), в которых располагают тех-

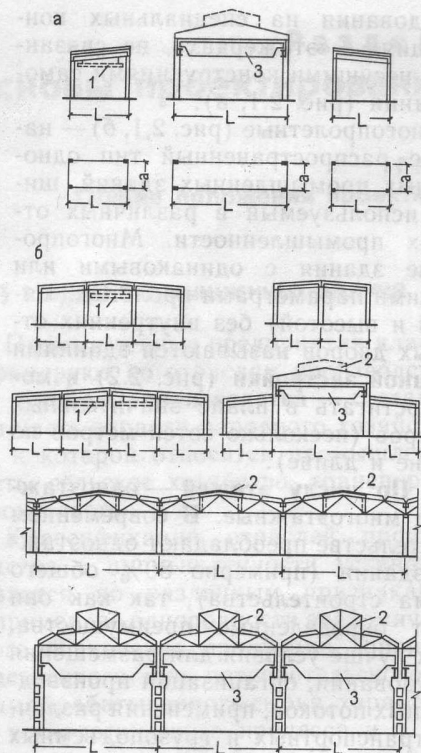


Рис. 2.1. Виды одноэтажных промышленных зданий
 а — однопролетные; б — многопролетные; в — однопролетные с напольным транспортом; 1 — подвесной кран; 2 — фонарь; 3 — опорный кран

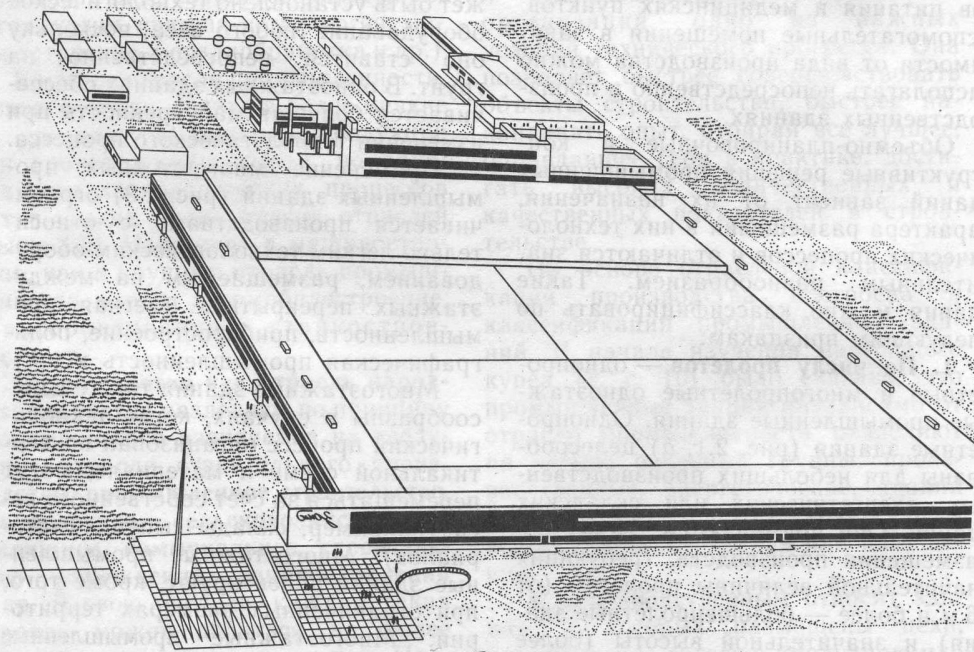
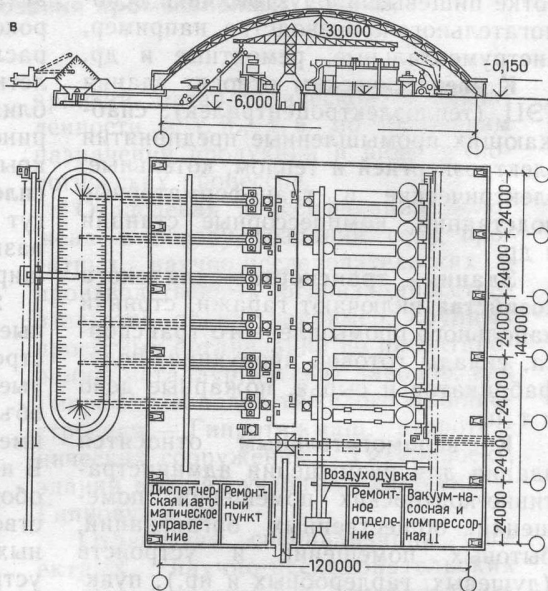


Рис. 2.2. Промышленное здание сплошной застройки

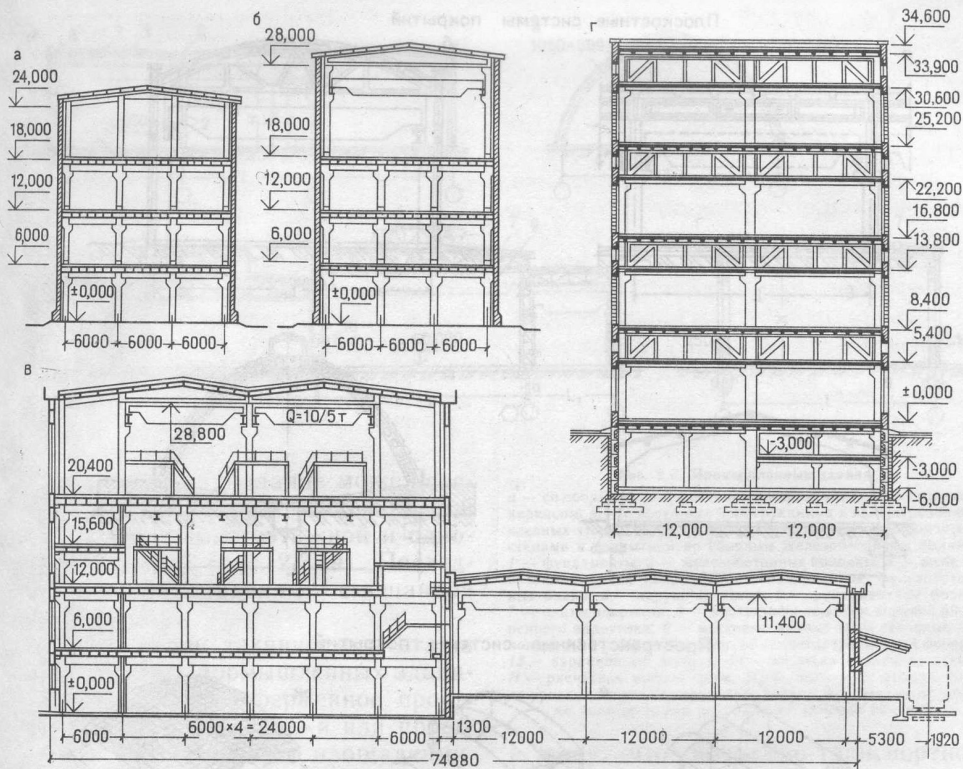


Рис. 2.3. Виды многоэтажных промышленных зданий
а — четырехэтажное; б — четырехэтажное с верхним крановым этажом; в — смешанной этажности; г — с техническими этажами

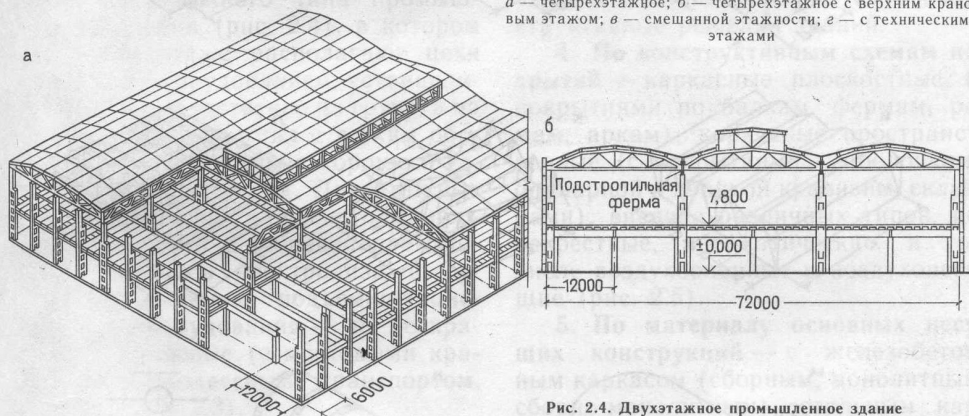
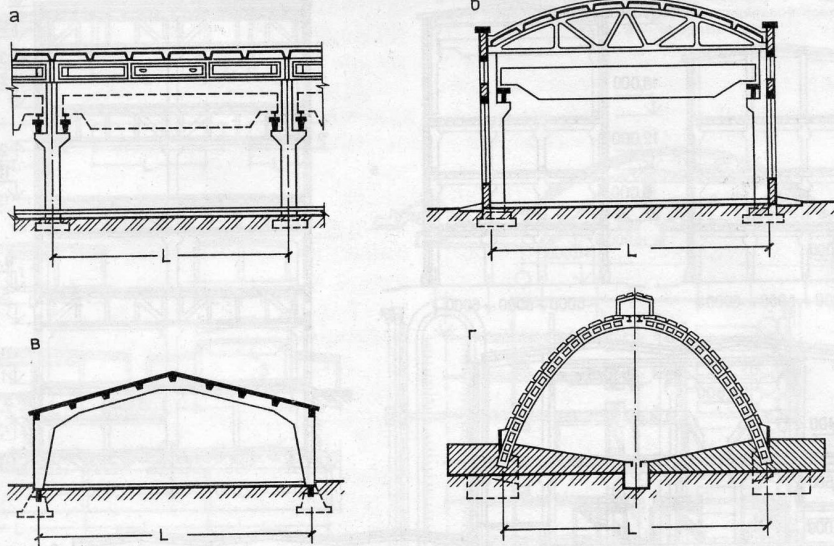


Рис. 2.4. Двухэтажное промышленное здание
а — общий вид; б — поперечный разрез

нологические коммуникации (короба вентиляции, электрические проводки, трубопроводы и т. п.), а также в некоторых случаях вспомогательные помещения. В многоэтажных зданиях чаще всего применяют сетку колонн: 6×6 ; 6×9 ; или 6×12 м. В зданиях же с техническими этажами, при высоте несущей

конструкции перекрытия (например, фермы) в пределах всей высоты технического этажа, пролеты удаётся увеличивать до 24 м. Верхний этаж во всех типах многоэтажных промышленных зданий может быть свободен от промежуточных вертикальных опор (рис. 2.3, б, в).

Плоскостные системы покрытий



Пространственные системы покрытий

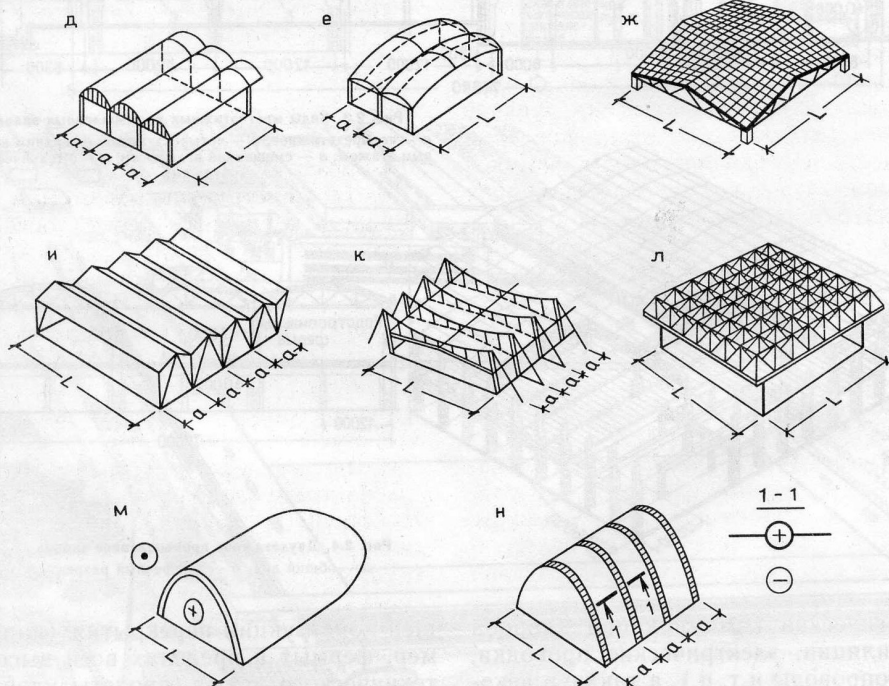


Рис. 2.5. Конструктивные схемы покрытий каркасных промышленных зданий

плоскостные: а — по балкам; б — по фермам; в — по рамам; г — по аркам; пространственные: д — оболочки одинарной

кривизны, е — оболочки двойной кривизны; ж — оболочки двойной кривизны в виде гиперболического параболоида; и — складки; к — висячее вантовое; л — перекрестное; м — пневматическое воздухоопорное; н — пневматическое воздушонесущее

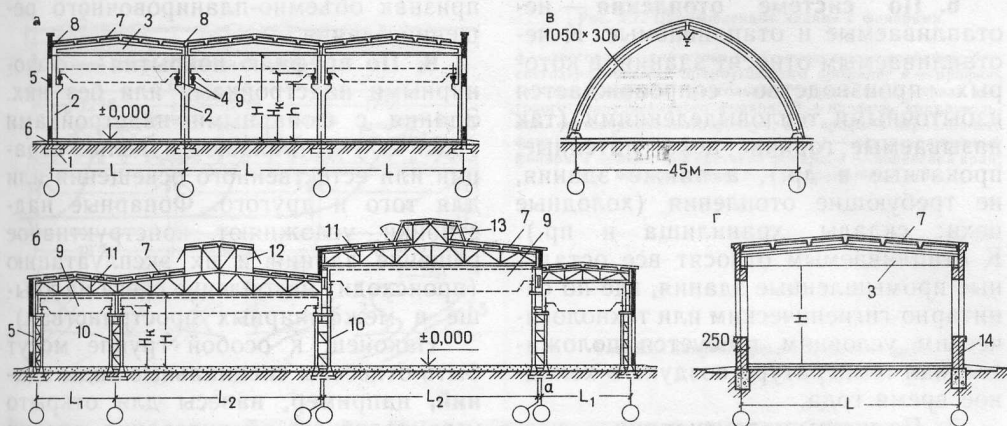


Рис. 2.6. Промышленные здания

а — со сборным железобетонным каркасом; б — со стальным каркасом; в — с несущими конструкциями в виде деревянных клееных трехшарнирных арок; 2 — с несущими кирпичными стенами и покрытием по сборным железобетонным балкам; 1 — фундаменты; 2 — железобетонные колонны; 3 — железобетонные балки покрытия; 4 — подкрановые железобетонные балки; 5 — наружная стена; 6 — фундаментные балки; 7 — плиты покрытия; 8 — места расположения воронок внутреннего водостока; 9 — мостовые краны; 10 — стальные колонны; 11 — стальные фермы; 12 — светоаэрационный фонарь; 13 — аэрационный фонарь; 14 — несущая кирпичная стена; Н — расчетная высота цеха; H_K — высота от уровня пола до уровня головки подкранового рельса; h — высота от уровня пола до верха подкрановой консоли колонны

Промышленное здание может состоять из одноэтажных частей разной высоты или из многоэтажной и одноэтажной частей (рис. 2.3, в). Последние называют зданиями смешанной этажности.

При наличии технического этажа в одноэтажных промышленных зданиях используют межферменное пространство, цокольные этажи или пространства под рабочими площадками. Постепенно этот прием привел к появлению двухэтажного типа промышленного здания (рис. 2.4), в котором на первом этаже располагают цехи с тяжелым оборудованием, устанавливаемым непосредственно на грунт, а на втором — производства с легким оборудованием, требующие хорошего естественного освещения. Двухэтажные здания используют для некоторых производств легкой и пищевой промышленности, цехов электролиза и др.

3. По наличию подъемно-транспортного оборудования — на бескрановые и крановые (с мостовыми кранами или подвесным транспортом, см. рис. 2.1 и 2.3).

Все промышленные здания (одноэтажные и многоэтажные), как правило, снабжают подъемно-транспортным оборудованием для перемещения готовой продукции, изделий в процессе их изготовления, сырья или технологического оборудования при его монтаже или демонтаже (более подробно об этом см. § 3). Однако при изучении видов промышленных зданий надо иметь

в виду, что подъемно-транспортное оборудование оказывает большое влияние на объемно-планировочные и конструктивные решения зданий.

4. По конструктивным схемам покрытий — каркасные плоскостные (с покрытиями по балкам, фермам, рамам, аркам), каркасные пространственные (с покрытиями — оболочками одинарной и двоякой кривизны, складками), висячие различных типов, перекрестные, пневматические, в том числе воздухоопорные и воздуходонущие (рис. 2.5).

5. По материалу основных несущих конструкций — с железобетонным каркасом (сборным, монолитным, сборно-монолитным), стальным каркасом, кирпичными несущими стенами и покрытием по железобетонным, металлическим или деревянным конструкциям (рис. 2.6). Кроме перечисленных классификационных признаков можно выделить еще несколько, определяемых условиями технологического процесса и требуемыми характеристиками среды производственных помещений.

6. По системе отопления — неотапливаемые и отапливаемые. К неотапливаемым относят здания, в которых производство сопровождается избыточными тепловыделениями (так называемые горячие цехи: литейные, прокатные и др.), а также здания, не требующие отопления (холодные цехи: склады, хранилища и пр.). К отапливаемым относят все остальные промышленные здания, где по санитарно-гигиеническим или технологическим условиям требуется положительная температура воздуха в холодное время года.

7. По системам вентиляции — с естественной вентиляцией или аэрацией через специальные проемы в ограждающих конструкциях; искусственной приточно-вытяжной вентиляцией с помощью вентиляторов и системы воздухопроводов; кондиционированием воздуха, т. е. с искусственной вентиляцией, создающей постоянные заданные параметры воздушной среды (температура, влажность, степень чистоты воздуха). Кондиционирование воздуха всегда применяют в так называемых герметизированных зданиях (полностью изолированных от внешней среды), предназначенных для производств, требующих особой точности или чистоты при изготовлении продукта.

8. По системам освещения — с естественным, искусственным или совмещенным (интегральным) освещением. Естественное освещение осуществляют через светопроемы в стенах (окна) и в покрытии (фонари).

Искусственное освещение — основное в зданиях без естественного освещения или в зданиях без фонарей. В зданиях без естественного освещения и без фонарных надстроек применяют электрические лампы, дающие спектр, близкий к естественному, благодаря чему легче обеспечить требуемые санитарно-гигиенический и производственный режимы, в частности герметизированные здания легче осуществить без естественного освещения.

Последние три признака определяют еще один классификационный

признак объемно-планировочного решения здания.

9. По профилю покрытия — с фонарными надстройками или без них. Здания с фонарными надстройками (рис. 2.7) устраивают в целях аэрации или естественного освещения или для того и другого. Фонарные надстройки усложняют конструктивное решение здания и их эксплуатацию (происходит накопление снега на крыше в межфонарных пространствах).

Наконец, к особой группе могут быть отнесены **специальные виды зданий**, например, навесы для открыто установленного оборудования, здания для взрывоопасных производств, здания для производств с высокой степенью радиации, здания, совмещенные с технологическим оборудованием, — так называемые «здания-агрегаты» (рис. 2.8).

В состав промышленного предприятия кроме промышленных зданий обычно входят **промышленные сооружения**¹. К ним относятся *сооружения для промышленного транспорта* (эстакады для мостовых кранов, наклонные галереи и др.), *сооружения для коммуникаций* (тоннели, каналы, отдельные опоры и эстакады и пр.), *устройства для установки оборудования* (фундаменты под машины), *этажерки* (в зданиях и открытые) *для размещения*

¹ В практике различают понятие «здание» и «сооружение». Сооружение — это понятие более широкое, оно охватывает все произведения архитектуры. Здания непосредственно связаны с жизненной деятельностью человека и содержат помещения для пребывания людей. Здания относят к архитектурным сооружениям. К инженерным или промышленным сооружениям обычно относят: мосты, тоннели, плотины, зерновые элеваторы, доменные печи и т. д. узкое утилитарное назначение которых непосредственно не выдвигает задачи создания материальной среды для той или иной жизненной деятельности самих людей. В то же время инженерные сооружения, особенно такие, как мосты или плотины, организуя собой природный пейзаж или входя составной частью в архитектурный ансамбль города, становятся одним из факторов создания его архитектурной среды. В этой своей роли они могут иметь большое архитектурно-художественное значение и с большим правом отнесены к рубрике так называемых архитектурных сооружений. Таким образом, указанное разделение в достаточной степени условно.

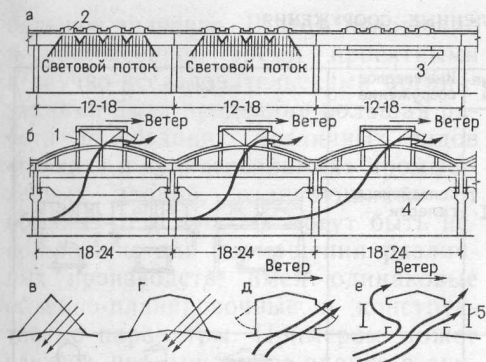
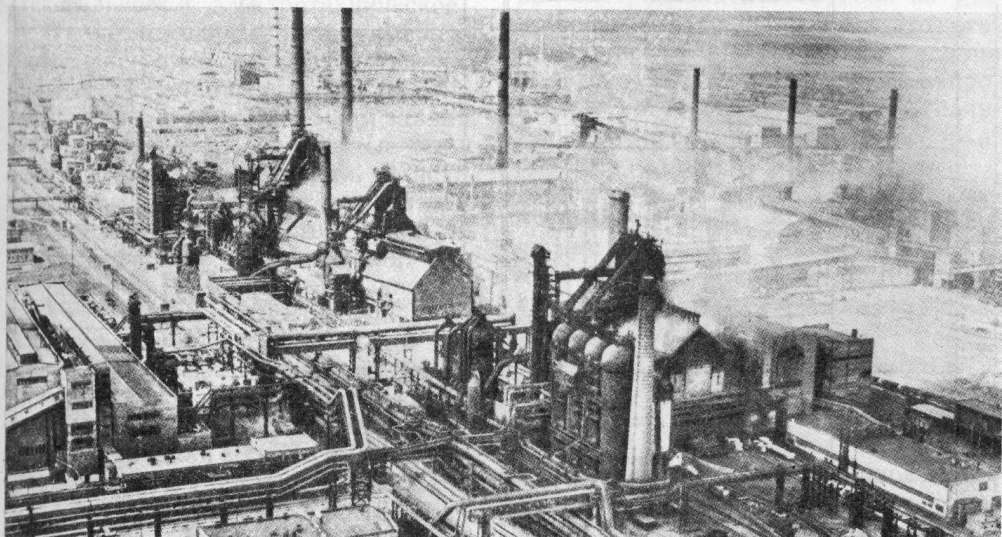


Рис. 2.7. Промышленные здания с фонарями

а — световыми зенитными (светопрозрачные колпаки); б — светоаэрационными прямоугольного профиля; в — профиль светового зенитного треугольного фонаря; г — профиль светового трапециевидного фонаря; д — профиль прямоугольного светоаэрационного фонаря с ветроотбойными щитами; е — профиль аэрационного фонаря с ветроотбойными щитами; 1 — светоаэрационный фонарь; 2 — зенитный световой фонарь; 3 — подвесной кран; 4 — мостовой кран; 5 — ветроотбойный щит

Рис. 2.8. Здание-агрегат. Доменный цех



оборудования, специальные сооружения (емкости для хранения жидкостей, бункера для хранения сыпучих материалов, дымовые трубы, градирни для охлаждения оборотной воды, водонапорные башни и пр.) (табл. 2.1).

Следует отметить, что нередко промышленные сооружения представляют собой элементы здания. Например, эстакада для мостового крана в одноэтажном промышленном здании входят в состав несущих конструкций здания².

Промышленные здания часто подразделяют и по размерам пролетов: на мелкопролетные (6, 9, 12 м), сред-

непролетные (18, 24, 30, 36 м), крупнопролетные (свыше 36 м — 60, 90, 120 м и более). Пролеты небольшой величины применяют в основном во вспомогательных и складских, а также в многоэтажных производственных зданиях. Пролеты средней величины в настоящее время имеют наибольшее распространение.

Можно предположить, что в строительной практике будут все больше применять крупнопролетные промышленные здания, так как пространство, свободное от вертикальных опор, облегчает размещение оборудования, не стесняет модернизацию технологических процессов. Однако при этом следует иметь в виду возможности устройства подъемно-транспортного оборудования. При применении наполь-

² Промышленные сооружения изучаются в курсе «Строительные конструкции»

ТАБЛИЦА 2.1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Группа	Инженерное сооружение	Схема	Группа	Инженерное сооружение	Схема
I	Опоры под аппаратуру и емкости		II	Конвейерные галереи	
	Этажерки				
II	Тоннели		III	Водонапорные башни	
	Каналы			Резервуары	
	Опоры для ЛЭП, светильников, молниеотводов			Бункеры	
	Отдельно стоящие опоры для трубопроводов			Силосы	
	Эстакады для трубопроводов			Очистные сооружения	
	Открытые крановые эстакады			Дымовые и вентиляционные трубы	
	Разгрузочные эстакады		IV	Градири	
				Подпорные стенки	

ных самоходных кранов возможности увеличения пролетов зданий значительно возрастают.

Промышленные здания с большими пролетами, отвечающие требованиям современного автоматизированного производства, могут быть решены с несущими конструкциями покрытий в виде арок, оболочек, складок. Такие конструкции позволяют размещать произ-

водства в однопролетных зданиях (см. рис. 2.1, в).

В условиях быстроускоряющегося технического прогресса проблема повышения «гибкости», т. е. приспособляемости здания к размещению различного оборудования, различных технологических процессов, которые совершенствуются значительно быстрее, чем изнашивается здание, приобретает

большое значение. В этом отношении в послевоенное время проектными и научно-исследовательскими организациями была проделана большая работа по созданию различных видов **«гибких»** и **«универсальных»** промышленных зданий, отличающихся от обычных тем, что они могут быть использованы для размещения различных производств, имея одинаковые объемно-планировочные и конструктивные параметры. Примером может служить промышленное здание с двумя разнородными производствами (текстильное и электротехническое).

В настоящее время различные цехи и отделения одного производства, как правило, размещают или, как говорят, **«блокируют»** в одном большом здании. Отсюда возникают упомянутые выше здания **сплошной застройки**. В недалеком прошлом основное место в промышленном строительстве занимала так называемая **«павильонная»** застройка, при которой почти каждый цех размещался в отдельном здании. Блокирование дает значительный экономический эффект, сокращая территорию предприятия, протяженность коммуникаций, площадь ограждающих конструкций здания и, следовательно, эксплуатационные расходы за счет сокращения теплопотерь и т. п.

Вместе с тем не потеряла своего значения и **павильонная застройка**. Она применяется в тех случаях, когда, например, блокирование невозможно по технологическим условиям (вредные воздействия производства одного цеха на другой) или когда павильон-

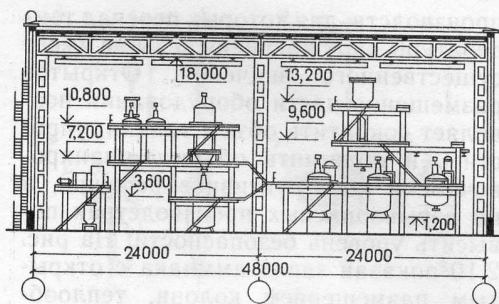


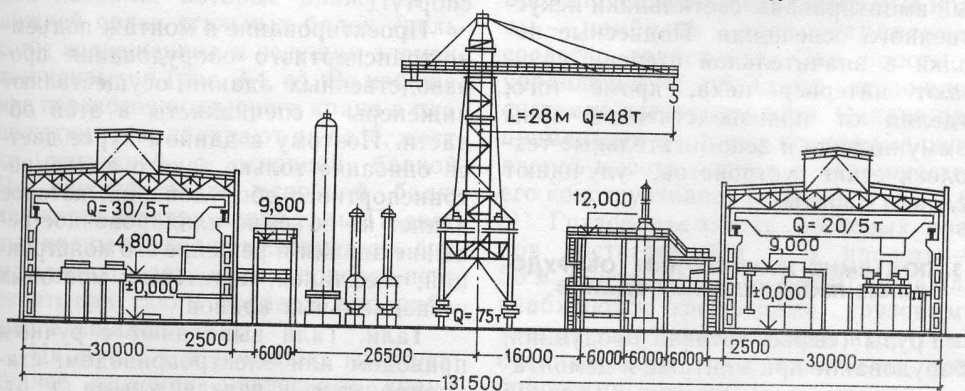
Рис. 2.9. Поперечный разрез промышленного здания со встроенными этажерками

ная застройка целесообразна по экономическим соображениям (относительно небольшие по объему здания с автономным технологическим процессом могут быть построены значительно быстрее, чем большое блокированное здание).

Как сказано ранее, получают распространение здания с большими пролетами (одно- и многопролетные), в которых технологическое оборудование устанавливают **на этажерках** (рис. 2.9). Эти здания применяют, например, в химической промышленности. Павильонная застройка целесообразна также в тех случаях, когда технологический процесс сопровождается значительными газо- или тепловыделениями, удаляемыми с помощью аэрации через отверстия в наружных стенах и покрытии.

В последнее время стало широко применяться **открытое размещение технологического оборудования** тех

Рис. 2.10. Завод аммиака с открытым расположением технологического оборудования



производств, для которых перепад температуры окружающей среды не имеет существенного значения. Открытое размещение части оборудования позволяет сократить объем здания, упростить и облегчить объемно-планировочное и конструктивное решение, а на взрывоопасных производствах повысить уровень безопасности. На рис. 2.10 показан завод аммиака с открытым размещением колонн, теплообменной и другой аппаратуры.

Здания с **фонарными надстройками** широко распространены в промышленном строительстве. В **бесфонарных зданиях** сплошной застройки часто применяют так называемое «психологическое» освещение в виде окон по периметру здания, с помощью которого работающие не теряют зрительной связи с внешней средой, так как полное отсутствие естественного света оказывает отрицательное психологическое и физиологическое воздействие на работающих.

Несомненно также, что здания без естественного освещения требуют значительного расхода электроэнергии, исключают естественное проветривание через окна и фонари. Для ряда производств бесфонарные здания вообще непригодны. Поэтому здания с фонарными надстройками различного профиля и в настоящее время сохраняют свое значение.

Как указывалось, в одноэтажных зданиях межферменное пространство используют для технологических нужд, нередко отделяют от помещения с помощью **подвешенного потолка**, в который вмонтированы светильники искусственного освещения. Подвесные потолки в значительной степени улучшают интерьер цеха, кроме того, отделяя от производственной зоны коммуникации и вспомогательные технологические устройства, улучшают условия работы.

§ 3. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Грузы (сырье, готовая продукция, оборудование при монтаже и демонтаже) внутри промышленных зданий

перемещают с помощью подъемно-транспортного оборудования, нередко называемого «внутрицеховым транспортом». Вид транспорта влияет на конструкции и объемно-планировочное решение промышленного здания. Правильный выбор подъемно-транспортного оборудования в значительной мере предопределяет строительные технико-экономические показатели промышленного здания.

Внутрицеховой транспорт подразделяют на две группы: а) транспорт периодического действия; б) транспорт непрерывного действия.

К первой группе относят: напольный безрельсовый и рельсовый транспорт (автокары, автопогрузчики и т. п.), подвесной транспорт (тали, кошки, подвесные краны и т. п.), сюда также входят мостовые и другие виды кранов; ко второй — конвейеры всех видов, пневматический и гидравлический транспорт.

Выбор того или иного вида внутрицехового транспорта зависит от технологического процесса, характера грузов, необходимости модернизации процесса производства. Целесообразно применять такие виды транспорта, которые мало влияют на объемно-планировочное и конструктивное решения промышленного здания, т. е. отказываться, где возможно, от применения мостовых кранов и тех видов транспорта, которые затрудняют модернизацию технологического процесса. Отдается предпочтение напольному безрельсовому подвесному, конвейерному, пневматическому и гидравлическому транспорту.

Проектирование и монтаж подъемно-транспортного оборудования производственных зданий осуществляют инженеры — специалисты в этой области. Поэтому в данном курсе дается описание только такого подъемно-транспортного оборудования, которое влияет на объемно-планировочное решение здания и решение его конструкций, т. е. талей, подвесных, мостовых и специальных кранов.

Тали. Тали выполняют с ручным приводом или электроприводом, стационарными и передвижными, с от-

крытыми и закрытыми кабинами и без них (рис. 3.1, а-е).

Кошка представляет собой таль, закрепленную на тележке, которая может передвигаться по нижней полке двутавровой балки (монорельсу) при помощи ручной цепной передачи. Монорельс подвешивают к нижнему поясу несущих конструкций покрытия (рис. 3.2). Кошки бывают двух типов. У одних тали подвешивают к тележке, имеющей четырехколесный механизм передвижения, грузоподъемность таких кошек 0,5—3 т; у других — подъемный механизм и тележка представляют собой одно целое, грузоподъемность таких кошек 1—10 т (рис. 3.3).

Тали электрические, или тельферы, выполняют грузоподъемностью 0,125—10 т с высотой подъема груза до 18 м. Они отличаются от кошек тем, что подъем груза и передвижение тали с грузом вдоль монорельса осуществляют посредством электрического механизма. Управление производится дистанционно или из кабины.

Тали состоят из трех основных узлов: механизмов подъема, тележки с механизмом передвижения и обоймы с крюком (см. рис. 3.3, б)

Кошки и тали обслуживают лишь узкую полосу рабочего пространства вдоль монорельса (см. рис. 3.1, ж), в этом их недостаток.

Подвесные краны. Подвесные краны (кранбалки) применяют при пролетах зданий до 30 м и небольшой массе поднимаемого груза (до 10 т). Они состоят из основной двутавровой стальной балки, снабженной на концах катками, которые движутся по нижней полке стальных балок (рельсов), подвешенных к несущим элементам покрытия (рис. 3.4, а). Во избежание перекосов подвесного крана в плане катки устанавливают на базе, жестко связанной с основной балкой. По нижней полке основной балки движется электрическая таль. Подвесные краны позволяют перемещать грузы вдоль пролета цеха и поперек него, охватывая таким образом всю рабочую площадь.

На рис. 3.4, б показано конструктивное решение подвесного крана.

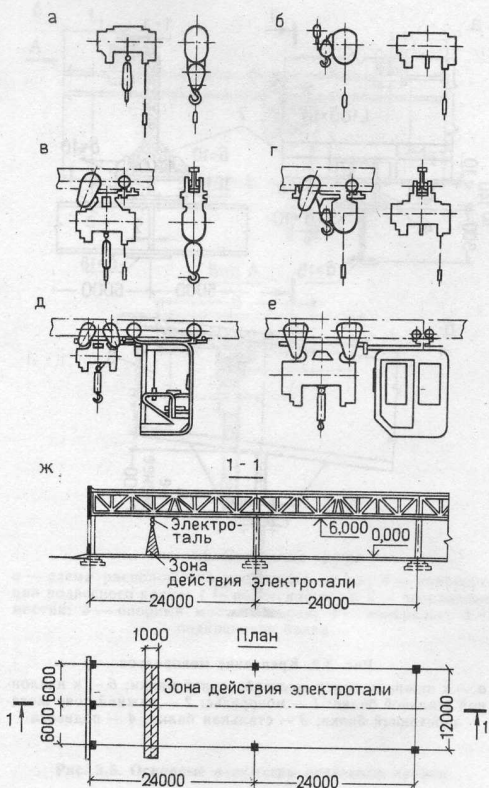


Рис. 3.1. Электротали

а, б — подвесные неподвижные; в, г — самоходные; д, е — с прицепной кабиной; ж — зона действия электротали

Крепление рельсов подвесных кранов к несущим конструкциям покрытий осуществляют так же, как монорельсов для талей. Основные параметры подвесных кранов и их привязка к разбивочным осям зданий пролетами 12, 18 и 24 м приведены на рис. 3.5.

Мостовые краны. В одноэтажных промышленных зданиях мостовые краны — наиболее распространенное средство транспорта. Они просты в управлении и обладают несложной системой электропитания. Однако при применении мостовых кранов увеличивается высота здания и усложняется его конструктивное решение. (рис. 3.6, г). Грузоподъемность мостовых кранов достигает 630 т, а пролеты — 50 м. Мостовые краны имеют крюк или снабжаются грейферами, грузовыми электромагнитами, лапами и другими специальными грузозахватными устройствами.

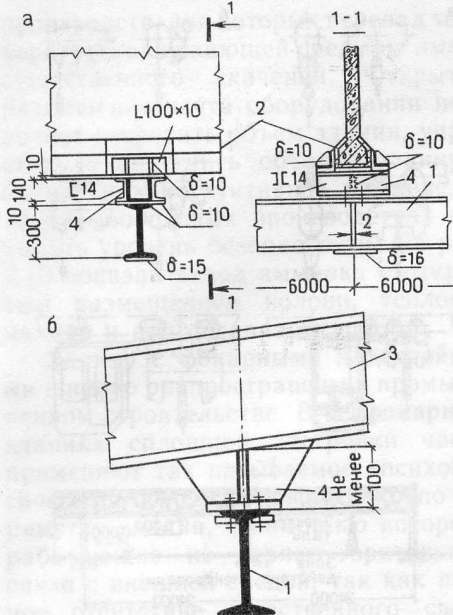


Рис. 3.2. Крепление монорельса

a — к нижнему поясу железобетонной балки; *б* — к наклонной стальной балке: 1 — монорельс; 2 — нижний пояс железобетонной балки; 3 — стальная балка; 4 — подвеска

Мостовые двухбалочные краны (рис. 3.6) могут быть малой грузоподъемности — до 5 т, средней — до 50 т, большой — до 250 т и более. Краны грузоподъемностью 15—500 т снабжают двумя крюками, один из которых имеет большую грузоподъемность (механизм главного подъема), а другой — меньшую (механизм вспомогательного подъема). Условное обозначение грузоподъемности крана с двумя крюками — 30/5 т, что означает: механизм главного подъема рассчитан на 30 т, а вспомогательного — на 5 т.

Мостовой кран состоит из моста, поставленного на катки, и тележки с механизмами подъема и передвижения. Мост крана выполняют из двух или четырех стальных балок или ферм, которые соединяют между собой попарно поперечными связями. Тележка состоит из стальной рамы с колесами, ее устанавливают на рельсы, которые уложены по верхним поясам средних балок или ферм моста. На тележке располагают механизмы для вертикального перемещения груза, перемещения тележки вдоль моста — поперек пролета здания и перемещения крана вдоль пролета здания.

Мостовой кран перемещается вдоль цеха по рельсам, уложенным на подкрановые балки, которые опираются на консоли колонн каркаса или пилостры стен. Все механизмы мостового крана имеют самостоятельные электродвигатели. Управление механизмами крана сосредоточено в кабине крановщика, которую подвешивают к мосту крана или размещают на грузовой тележке. Электродвигатели кранов питаются током посредством троллейных проводов, которые подвешивают к подкрановым балкам или несущим конструкциям покрытия. При расположении троллейных проводов вдоль пролета между габаритом крана

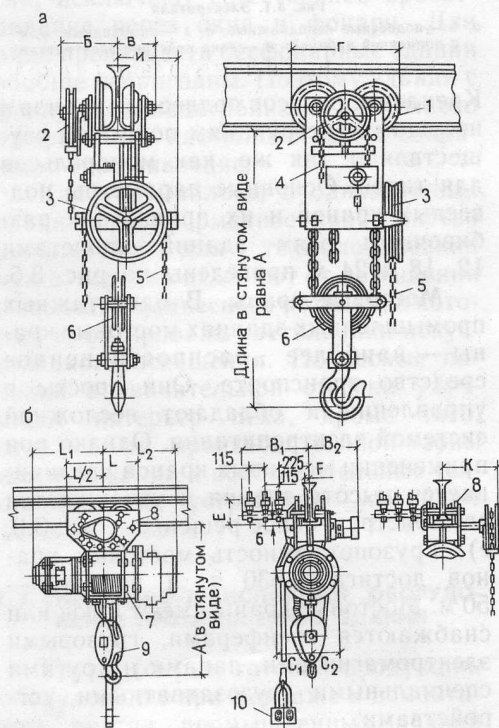


Рис. 3.3. Механизмы малой грузоподъемности

a – кошка с рывачным подъемным механизмом и механизмом передвижения; *б* – тади электрические передвижные грузоподъемностью 1, 2 и 3 т; *1* – ходовые колеса; *2* – тяговое колесо механизма передвижения; *3* – тяговое колесо подъемного механизма; *4, 5* – тяговые калиброванные цепи; *б* – цепной блок с траверсой и крюком; *7* – механизм подъема; *8* – тележка с механизмом передвижения; *9* – обойма с крюком; *10* – ключочный аппарат управления

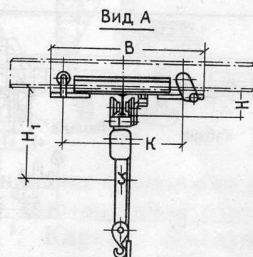
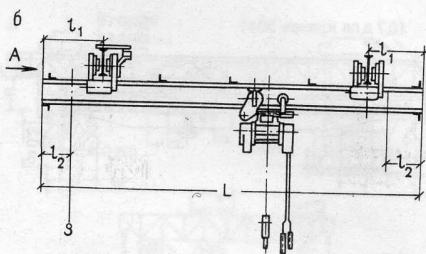
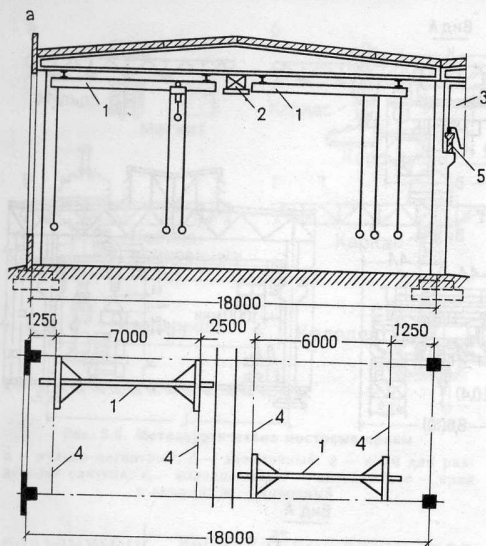


Рис. 3.4. Подвесные краны

а — схема расположения подвесного крана; б — конструкция подвесного крана: 1 — подвесной кран; 2 — переходный мостик; 3 — опорный мостовой кран; 4 — монорельс; 5 — подкрановая балка

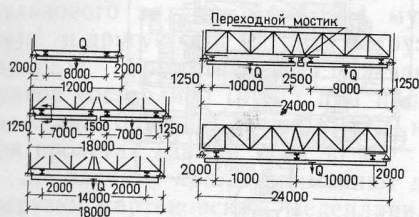


Рис. 3.5. Основные параметры подвесных кранов

и покрытием свободное пространство должно быть 100 мм (рис. 3.6, г).

Мостовые краны в зависимости от интенсивности их работы разделяют на краны весьма тяжелого непрерывного действия, весьма тяжелого, тяжелого, среднего и легкого режимов работы. Режим работы крана определяют продолжительностью его работы в единицу времени эксплуатации цеха.

К кранам весьма тяжелого непрерывного действия, весьма тяжелого и тяжелого режимов работы (коэффициент использования 0,8—0,4) относятся, например, краны, транспортирующие расплавленный металл. Их используют главным образом в металлургии (мартеновские, конвертерные, литейные, прокатные и другие цехи).

Краны среднего режима работы (коэффициент использования около 0,25) наиболее распространены. Их применяют в механосборочных цехах, на заводах сборного железобетона и в ряде других производств.

Краны легкого режима работы (коэффициент использования около 0,15) предназначены только для монтажа, ремонта и демонтажа оборудования.

В случаях, когда промышленные здания оборудуют мостовыми кранами с тяжелым режимом работы, для их ремонта без перерыва в работе вдоль крановых путей устраивают проходы размером 400×1800 мм (рис. 3.7, а). Доступ в кабину крана осуществляют с посадочных площадок, которые закрепляют на колоннах каркаса (рис. 3.7, б).

Металлургические мостовые краны представляют собой особую группу мостовых кранов, включающую: мультиманнитные, завалочные, литейные, краны для разведения слитков, колодцевые, краны с лапами, ковочные и закалочные.

Мульдо-магнитные краны применяют в сталеплавильных цехах. Они обычно имеют тележку с двумя

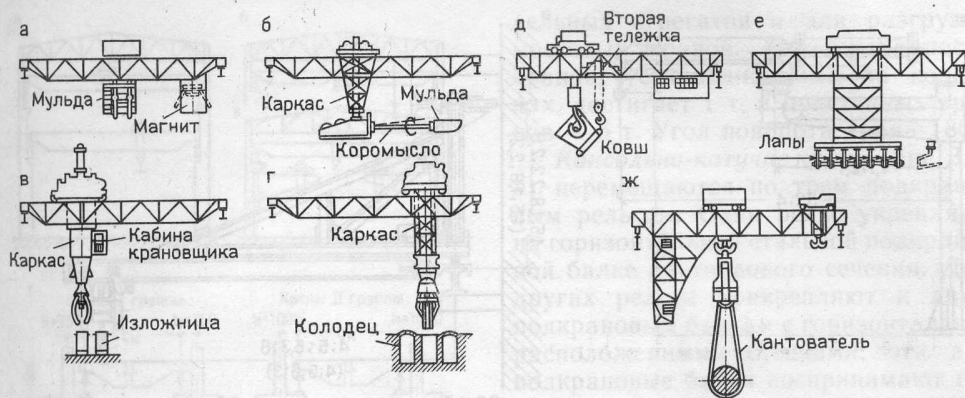


Рис. 3.8. Металлургические мостовые краны

а — мульдого-магнитный; б — завалочный; в — кран для разделения слитков; г — колодезный; д — литейный; е — кран с лапами; ж — ковочный

подъемными лебедками: одну для мульдогового захвата (на 3—4 мульды)¹ и другую для магнита загрузки скрапа)². Грузоподъемность таких кранов составляет 10/5 т при пролетах крана 10,5—31,5 м (рис. 3.8, а) или при пролетах здания 12 и 36 м.

Завалочные краны применяют для загрузки мартеновских, медеплавильных и других печей. К раме тележки этого крана прикреплен свешивающийся вниз каркас, внутри которого установлен вертикальный стержень с подвешенным к нему хоботом с площадкой, на которой установлены механизмы перемещения с кабиной крановщика. Концом коромысла кран захватывает из соседнего пролета загруженную шихтой мульду. Перемещаясь вдоль пролета и поворачивая хобот в горизонтальной плоскости на 180°, кран переносит мульду к печи. После этого тележка передвигается по мосту крана и заводит хобот с мульдой в печь, где переворачивает мульду вокруг горизонтальной оси и таким путем опорожняет ее. Грузоподъемность таких кранов 20/3 и 20/5 т при пролетах 16 и 20 (рис. 3.8, б).

Назначение кранов для разделения слитков — выжимание слитков из изложниц¹. Каркас, свисающий с тележки этого крана, оборудован механизмом с клещами. Изложницу захватывают клещами за приливы и приподнимают, после чего слиток выталкивают из нее вертикальным стержнем, связанным с гидравлическим или винтовым механизмом. Грузоподъемность таких кранов 20/15—75/25 т при силе давления на слиток 175—400 т при пролетах 25 и 27 м (рис. 3.8, в).

Литейные краны (заливочные и разливочные) предназначены для подъема ковшей, наполненных расплавленным чугуном или сталью, а также для переноски ковшей к литейным формам и для разливки металла путем наклона ковша. Для опрокидывания ковша на тележке крана имеется вспомогательный механизм или же на мосту крана устанавливают вторую тележку с лебедкой, передвигающуюся по нижнему поясу моста. Грузоподъемность главного крюка крана 75—630 т, а крюков вспомогательной тележки 15—90 т. Пролеты таких кранов могут быть 16—28 м (рис. 3.8, д).

Краны с лапами служат для перемещения слитков металла в разогретом состоянии. Они имеют грузовую траверсу с управляемыми (отклоняющимися) лапами. Тележка — вра-

¹ **Мульда** — стальная коробка для загрузки материалов в сталеплавильную печь или форма для отливки из жидкого металла слитков.

² **Скрап** — металлическое сырье в виде лома и отходов производства, предназначенное для переплавки.

¹ **Изложница** — специальная чугунная форма, имеющая вертикальное сквозное коническое отверстие; изложница служит для заливки в нее расплавленного металла и для образования после его охлаждения слитков.

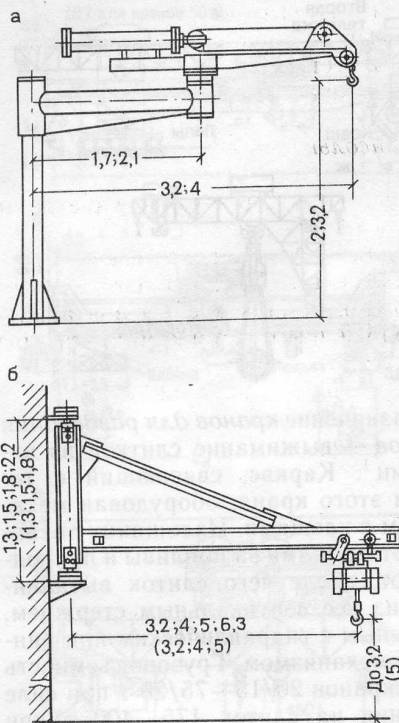


Рис. 3.9. Специальные краны

а — консольный на колонне; б — консольно-настенный; в — консольно-настенный передвижной; г — трехпутный штабелер

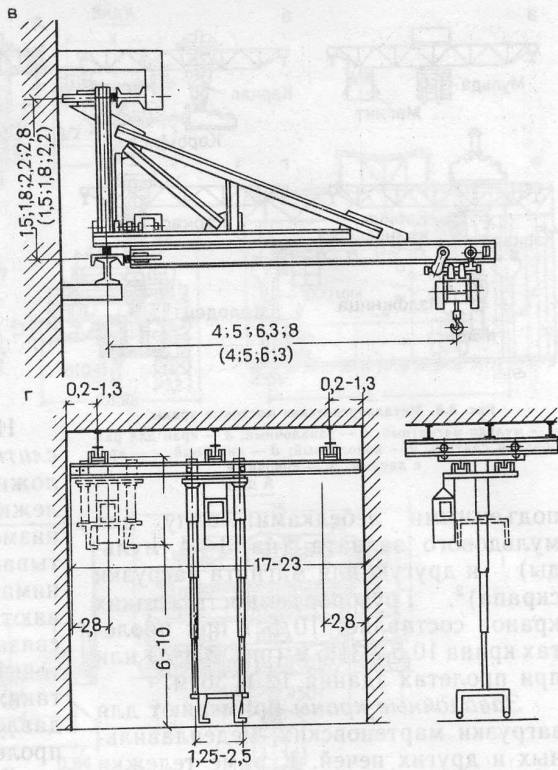
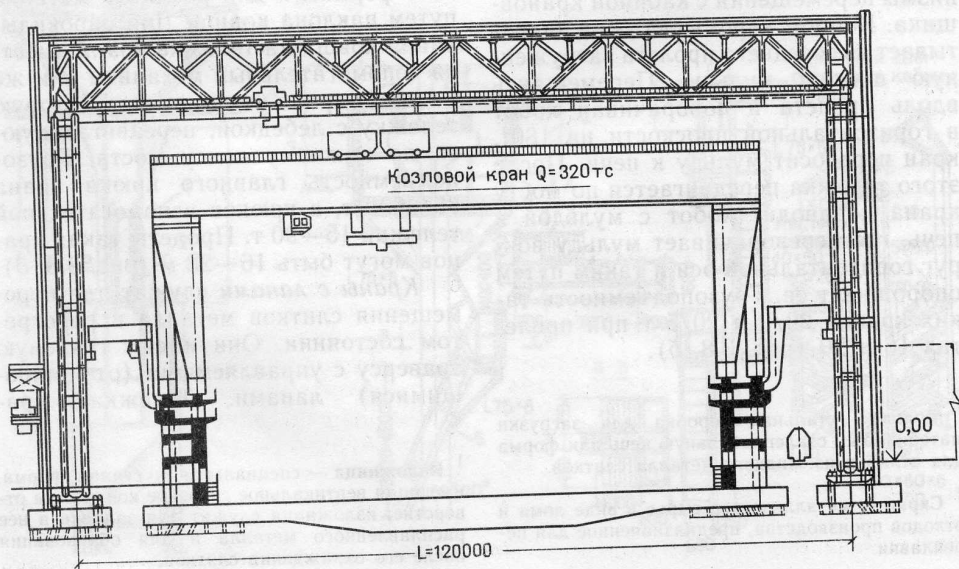


Рис. 3.10. Расположение козлового крана в одноэтажном промышленном здании



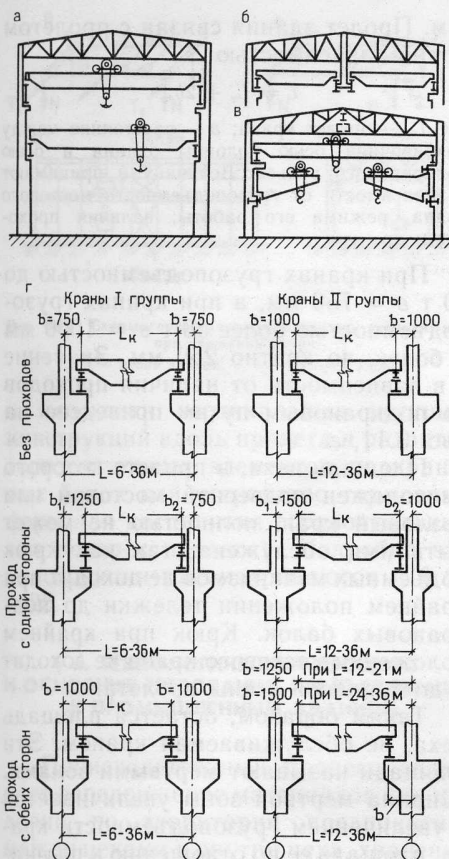


Рис. 3.11. Расположение мостовых кранов в промышленных зданиях

а — двухъярусное; б — подвеска крановых путей в середине пролета ферм; в — подвеска под мостовым краном катучих консольных кранов; г — зависимость между пролетами зданий и пролетами мостовых кранов

шающаяся с жестким или гибким подвесом траверсы. Грузоподъемность лап — 7,5 или 15 т при пролетах 28 или 31 м (рис. 3.8, е).

Ковочные краны имеют две тележки, расположенные на параллельных путях; главную — с подвешенным на крюке кантователем и вспомогательную — крюковую. Такие краны изготовляют грузоподъемностью 75/30, 250/75 и 300/100 т при пролетах соответственно 27,5; 30,5 и 33,5 м (рис. 3.8, ж).

К специальным кранам относят консольно-поворотные краны, устанавливаемые на специальные колонны (рис. 3.9, а) или на стены (рис. 3.9, б). Их применяют для обслуживания от-

дельных агрегатов и для разгрузки мостовых кранов. Грузоподъемность кранов, устанавливаемых на колоннах, достигает 1 т, а пристенных кранов — 5 т. Угол поворота крана 180°.

Консольно-катучие краны (рис. 3.9, в) перемещаются по трем подкрановым рельсам. Один рельс укрепляют на горизонтальной стальной подкрановой балке двутаврового сечения. Два других рельса прикрепляют к двум подкрановым балкам с горизонтально-расположенными стенками; эти две подкрановые балки воспринимают горизонтальные усилия, вызванные моментом, опрокидывающим кран. Грузоподъемность таких кранов в пределах 10 т при высоте подъема груза до 10 м.

Краны-штабелеры (рис. 3.9, г) имеют грузовую тележку с жесткой колонной, по которой перемещается каретка с вилочным захватом. Колонна может быть поворотной и телескопической. Краны-штабелеры бывают мостовыми или подвесными, с управлением с пола или из кабины. Они предназначены для обслуживания складов, имеют грузоподъемность 0,2—5 т и пролет 5—23 м.

Козловые краны (рис. 3.10) обычно используют для работы на открытых площадках или внутри промышленных зданий. Такие краны упрощают конструктивную схему здания и освобождают от крановой нагрузки вертикальные несущие конструкции здания, но требуют несколько большие площади для их расположения. Кроме того, козловые краны требуют принятия особых мер безопасности, поскольку они передвигаются по полу, где находятся люди.

Козловые краны состоят из передвижного моста, установленного на высоких опорах, по которому перемещаются тали, грузовая тележка, поворотный кран или иное грузоподъемное устройство. Пролеты козловых кранов могут быть > 100 м, а грузоподъемность — до 500 т. Управление с пола или из кабины.

Размещение мостовых кранов. Можно в одном пролете здания расположить несколько мостовых кранов

или других грузоподъемных устройств. Если потребное число мостовых кранов не удастся разместить в одном ярусе, их размещают в двух или трех ярусах (рис. 3.11, а). При изготовлении в больших пролетах громоздких, но сравнительно легких изделий и при необходимости большого числа транспортных операций применяют краны небольшого пролета. При этом подкрановые балки одним концом подвешивают к несущим конструкциям покрытия (см. рис. 3.11, б). Если необходима одновременная работа на на одной и той же площади нескольких кранов, то ниже мостовых кранов располагают консольно-катучие или консольные краны (см. рис. 3.11, в).

Для свободного перемещения крана и целесообразного использования пространства размеры подъемно-транспортного оборудования и размеры здания должны быть взаимоувязаны. Пролеты мостовых кранов в зависимости от пролетов зданий должны соответствовать величинам, показанным на рис. 3.11, г. Краны грузоподъемностью до 50 т относят к первой группе, свыше 50 т — ко второй.

Краны с магнитами на траверсе грузоподъемностью 20 т и более, а также краны для раздевания слитков и краны колодцевые всех грузоподъемностей относят к кранам второй группы. При установке на одном общем подкрановом пути двух или более мостовых кранов разной грузоподъемности пролет выбирают по крану наибольшей грузоподъемности.

При расположении мостовых кранов в одном пролете здания в два яруса пролет крана нижнего яруса может быть меньше пролета крана верхнего яруса на величину, кратную 0,5 м.

Для каждого пролета здания установлен лишь один основной пролет крана, отличный от пролета здания на 1,5 м для кранов первой группы и на 2 м для кранов второй группы. При наличии прохода (с одной или двух сторон) вдоль подкрановых путей мостовых кранов первой группы установлен размер пролета крана, отличающийся от размера пролета здания на

2 м. Пролет здания связан с пролетом крана зависимостью

$$L = L_k + 2b,$$

где L_k — пролет крана; b — расстояние между разбивочной осью колонны здания и осью подкранового рельса. Величину b принимают в зависимости от грузоподъемности мостового крана, режима его работы, наличия проходов и др.

При кранах грузоподъемностью до 50 т $b = 750$ мм, а при кранах грузоподъемностью более 50 т $b = 1000$ мм и более, но кратно 250 мм. Значение b в зависимости от наличия проходов по подкрановым путям приведено на рис. 3.11, г.

Площадь цеха, в пролете которого расположен подвесной мостовой или козловый кран, полностью не может быть ими обслужена, так как крюк подъемных механизмов не доходит при крайнем положении тележки до подкрановых балок. Крюк при крайнем положении мостового крана не доходит и до торцевой стены пролета.

Таким образом, остается площадь цеха, не обслуживаемая краном. Эти площади называют **мертвыми зонами**. Ширина мертвой зоны увеличивается с увеличением грузоподъемности крана, площадь ее по отношению к площади цеха уменьшается с увеличением пролета крана.

Подвесные мостовые краны, мостовые опорные краны, консольные краны передают на несущие конструкции здания вертикальные и горизонтальные нагрузки. Вертикальные нагрузки складываются из собственной массы (веса) крана, наибольшей допускаемой массы (веса) перемещаемого груза при наиболее неблагоприятном расположении тележки, т.е. в крайнем положении к подкрановой балке. Горизонтальные нагрузки возникают в результате торможения крана в целом (нагрузка вдоль пролета) и торможения тележки (нагрузка поперек пролета).

Для восприятия конструкциями здания горизонтальных сил, вызываемых подъемно-транспортным оборудованием, предусматривают конструкции — «связи» (рис. 3.12), обеспечивающие необходимую жесткость конструктивной системы здания (связи

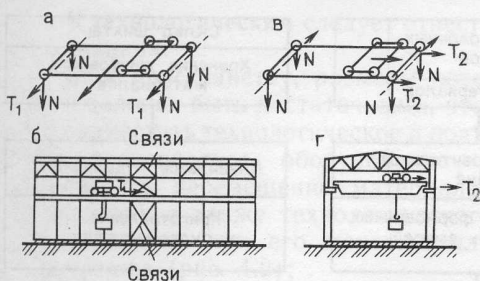


Рис. 3.12. Схемы горизонтальных нагрузок, возникающих при движении крана

а, б — вдоль здания; в, г — поперек здания

в плоскости вертикальных несущих конструкций вдоль пролета и развитие горизонтальных элементов подкрановых балок или устройство тормозных ферм для восприятия горизонтальных сил поперек пролета). Подробно эти конструкции рассматриваются в § 24 и 25.

§ 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПРОМЫШЛЕННЫМ ЗДАНИЯМ

Производственный процесс включает передвижение материалов или изделий по территории предприятия, между цехами и внутри цеха, хранение их на складе или в цехах и собственно **технологический процесс**, при котором происходит качественное изменение обрабатываемого материала.

Технологические процессы весьма разнообразны. Например, технологические процессы получения стали в мартеновских и конвертерных цехах представляют собой изменение химического состава, физических и химических свойств исходных материалов. Технологические процессы механической обработки исходного материала (например, металла) в механических цехах связаны преимущественно с приданием ему новой формы и частично с изменением физических свойств. Технологические процессы сборки (в сборочных цехах), например машин, состоят в создании такого взаимного расположения и сопряжения деталей, которые необходимо для образования и работы конструкции машины. Технологический процесс окраски или от-

делки, например деталей машины, связан с изменением их внешнего вида, с приданием им новых эстетических качеств или других свойств, например сопротивляемости агрессивному воздействию среды.

Технологические процессы разрабатывают на основе закономерностей, изучаемых отдельными отраслями технологии (химической, технологии металлов, деревообработки и др.), т.е. на основе науки о способах обработки или переработки исходного продукта (сырья), полуфабрикатов изделий.

При проектировании промышленного предприятия в целом или его отдельного цеха составляют технологическую часть проекта и решают все вопросы, связанные с выбором способа производства, типов оборудования, его производительности и т. п. В эту часть на первой стадии проектирования входит технологическая схема, устанавливающая последовательность операций в технологическом процессе и, следовательно, последовательность расстановки оборудования и компоновки производственных помещений (рис. 4.1).

Технологическую часть проекта составляют инженеры-технологи данной отрасли производства. Архитектор и инженер-строитель совместно с инженером-технологом, а также со специалистом по промышленному транспорту размещают оборудование по схеме в заданной последовательности, komponуя расположение цехов, выбирая материал и конструкции здания, отвечающие условиям технологического процесса.

Для рационального решения промышленного здания очень важно, чтобы архитектор и инженер-строитель знали основы технологии производства, для которого проектируют здание. В свою очередь, инженеры-технологи должны знать основы строительного дела. Только при совместной творческой работе этих специалистов, при понимании ими технологических и строительных задач можно рассчитывать на рациональное решение здания, обеспечивающее как требуемые условия для людей, занятых на этом произ-

К технологическим следует отнести требования:

а) к пространству, размеры которого должны быть достаточными, чтобы разместить технологическое и подъемно-транспортное оборудование и обеспечить перемещение материалов и изделий, а также технологического оборудования при его монтаже или демонтаже (рис. 4.2);

б) к рабочему пространству для людей, занятых на производстве, и к пространству для передвижения людей в помещении (проходы). При этом общее пространство здания, т.е. объем производственных помещений (включая пространство для оборудования и рабочее пространство) по санитарно-гигиеническим соображениям, согласно действующим Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий (СН 245—71), должно составить не менее 15 м^3 на одного работающего, а площадь — не менее $4,5 \text{ м}^2/\text{чел.}$ Следует также иметь в виду, что в условиях ускоряющегося научно-технического прогресса при определении размеров пространства в ряде случаев целесообразно учитывать перспективы совершенствования технологического процесса;

в) к воздушной среде для обеспечения здоровых условий труда человека, требуемого качества продукции или сохранности технологического оборудования, на которое могут влиять температура воздуха, его влажность, степень загрязнения вредными веществами. Например, в ткацком производстве, особенно в производстве высокосортных тканей, к воздушной среде предъявляют жесткие требования, так как при влажности воздуха больше или меньше определенных величин качество ткани понижается в результате обрыва нитей, образования узлов и пр.;

г) к световому режиму для обеспечения требуемой освещенности пространства цеха, рабочих мест и необходимого спектрального состава света. Согласно СН 245—71, в промышленных зданиях без естественного освещения или при недостаточном по биологическому действию естественном освещении предусматривают специальные

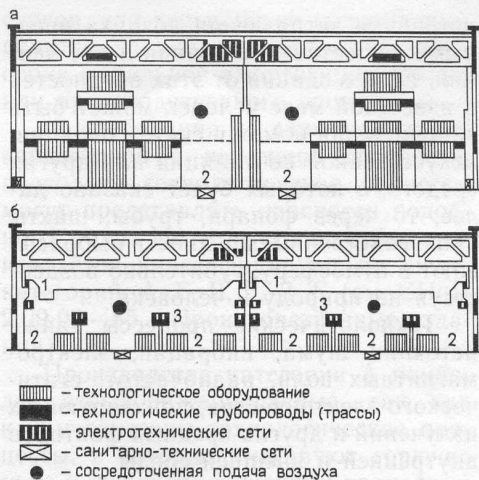


Рис. 4.2. Использование пространства

а — в здании без кранов с эстажерками; б — в здании с краями без эстажерок: 1 — мостовой кран; 2 — пространство для перемещения людей, материалов и изделий; 3 — пространство для монтажа и демонтажа оборудования

мероприятия, компенсирующие недостатки искусственного освещения. Несомненно, что естественный свет более благоприятен для человека. Поэтому выбор светового режима представляет собой важный этап проектирования;

д) к акустическому режиму для обеспечения требуемого уровня шума и изоляции от посторонних звуков, превышающих допустимый уровень, мешающих технологическому процессу и уютящих рабочих.

Очевидно, что перечисленные технологические требования ставятся в зависимости от вида производств. Для одних производств, например, параметры воздушной среды или акустический режим не имеют существенного значения. Для других, наоборот, требования, связанные с состоянием воздушной среды, наиболее важны.

В свою очередь производственный процесс активно воздействует на окружающую среду, изменяя ее характер нередко в сторону, неприемлемую по технологическим и санитарно-гигиеническим требованиям. При этом следует иметь в виду не только искусственную среду, созданную в промышленном здании, но и природную среду, окружающую его.

Многие технологические процессы —

источники загрязнения воздуха вредными веществами в здании и вне здания. Если в здании от этих вредностей в известной мере человек может быть защищен при помощи систем аэрации, искусственной вентиляции или других средств, о которых будет сказано далее, то через фонари, трубы, шахты производственные вредности выбрасывают в атмосферу, губительно воздействуя на природу и человека.

Технологические процессы также источник шума, вибрации, электромагнитных волн, радиочастот, статического электричества, ионизирующих излучений и других вредных факторов внутренней и внешней среды.

Для промышленных предприятий и производств, тепловых электрических станций, складских зданий и сооружений, являющихся источниками выделения производственных вредностей в окружающую среду, установлена так называемая **санитарная классификация** (см. СН 245—71, раздел 8), согласно которой все промышленные предприятия разделяют на пять классов. К первому классу относят предприятия, имеющие производства с наиболее вредными выделениями, к пятому — с наименее вредными выделениями.

В соответствии с санитарной классификацией устанавливают санитарно-защитные зоны, т. е. пространство вокруг промышленного предприятия, где не должно строиться никаких объектов, связанных с длительным пребыванием людей (рис. 4.3). Размеры санитарно-защитных зон составляют для первого класса 1000 м, для пятого — 50 м. Защиту людей, работающих на предприятиях, от технологических вредностей осуществляют мерами строительного характера за счет санитарно-технического и инженерного оборудования здания.

Наибольший эффект достигают от совершенствования самого технологического процесса. Поэтому в СН 245—71 предлагаются меры, которые необходимо предусматривать при разработке технологической части проектов: замена вредных веществ менее вредными, замена твердого или жид-



Рис. 4.3. Схема расположения промышленного предприятия относительно границы населенного пункта

кого топлива газообразным, герметизация технологического оборудования для предотвращения утечки вредных отходов в пространство цеха, внедрение автоматических герметизированных производственных процессов и др. Например, перевод московских тепловых электрических станций на газообразное топливо позволил значительно оздоровить воздушный бассейн Москвы, сделать его наиболее чистым по сравнению с другими крупными городами мира.

Для современного промышленного строительства с технологическими процессами, являющимися источниками выделения вредных веществ, должна предусматриваться очистка от них выбросов в атмосферу и рекуперация.¹

Снизить шум в производственных помещениях также возможно строительными средствами (звукоизоляция и звукопоглощение). Однако наиболее эффективна борьба с шумом в самом источнике путем замены процессов и технологических операций, вызывающих шум и вибрации, другими процессами и операциями с меньшей интенсивностью этих факторов.

К **техническим** требованиям относятся:

а) требования к **прочности** строительных конструкций здания, зависящей от применяемых материалов и типов конструкций, их способности вос-

¹ Рекуперация (от лат. recuperatio — обратное получение), возвращение части материалов или энергии для повторного использования в том же технологическом процессе.

принимать передаваемые на них силовые и несиловые воздействия, т. е. воздействия от технологического оборудования (нагрузки) и воздействия среды (температуры, влаги, агрессивных химических примесей, содержащихся в воздухе и пр.);

б) требования к **устойчивости** (жесткости) строительных конструкций многих промышленных зданий по сравнению с гражданскими имеют особое важное значение. Следует учитывать наличие динамических нагрузок, в ряде случаев значительных, при работе подъемно-транспортного оборудования (мостовых кранов, подвесных кранов, напольного транспорта) и технологического оборудования (станков для механической обработки, кузнечно-прессового оборудования и пр.). Динамические нагрузки могут вызывать вибрации, опасные для конструкций здания и вредные для работающих;

в) требования к **долговечности** материалов и основных конструкций здания, зависящей от ряда факторов, таких, как ползучесть, морозостойкость, влагостойкость, коррозиестойкость и биостойкость. Долговечность определяет срок службы здания, т. е. потерю требуемых эксплуатационных качеств основными конструкциями.

Промышленные здания по долговечности разделяют на четыре степени со сроками службы 20—100 лет и выше. Долговечность, выраженная в указанном количестве лет, весьма условна. Она сокращается при плохой эксплуатации зданий (например, при допустимой перегрузке конструкций, при отсутствии контроля за их состоянием и нарушении сроков профилактических ремонтов) и, наоборот, возрастает при хорошо организованной технической эксплуатации.

При проектировании отнесение здания к той или иной группе по долговечности устанавливается в зависимости от народнохозяйственного значения предприятия (электростанция — длительный срок службы, временный склад — короткий срок), концентрации в нем материальных ценностей (оборудование), запасов сырьевых ре-

сурсов, для переработки которых возводится здание, от предполагаемого срока моральной амортизации здания или производственного процесса;

г) требования по **взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности**, поскольку технологические процессы могут представлять опасности подобного рода. По этим признакам производства классифицируют на шесть категорий: А, Б, В, Г, Д, Е (см. СНиП 2.09.02—85. Производственные здания).

Производства категории А наиболее взрывопожароопасны, так как к ним отнесены технологические процессы, в которых участвуют горючие газы и жидкости с низкими пределами взрываемости и температурами вспышки паров. При смешении они образуют взрывоопасные смеси, способные также взрываться и гореть при взаимодействии с водой и кислородом воздуха.

Производства категории Б менее взрывопожароопасны (более высокие пределы вспышки паров и взрываемости); к этой категории относятся также производства с горючими пылями и волокнами, образующими взрывоопасные смеси с воздухом.

Производства категории В относятся только к пожароопасным (высокие пределы вспышки паров и пылевых смесей или работы, связанные с твердыми сгораемыми веществами). Производства категорий Г и Д связаны с обработкой несгораемых веществ соответственно в горячем и холодном состояниях. К категории Е отнесены все только взрывоопасные производства, когда после взрыва не происходит горение.

Категорию производства назначают по нормам технологического проектирования данной отрасли производства или в результате специальных исследований при производстве нового вида.

В соответствии с категорией производства в техническое решение здания вводят определенные ограничения, обеспечивающие повышение безопасности работающих, снижение вероятности возникновения пожара и ущерб-

ба в результате взрыва и пожара. Так, для производства категории А, Б, В здания должны быть не выше шести этажей с огнестойкостью¹ I и II степени; для категорий Г и Д этажность не более десяти этажей при I и II степени огнестойкости, а при III, IV или V степени огнестойкости этажность зданий соответственно не должна превышать трех, двух и одного этажа.

От требуемой степени огнестойкости зависит выбор материалов и основных несущих и ограждающих конструкций здания. Например, для зданий I степени огнестойкости все конструкции должны быть несгораемыми, для зданий V степени огнестойкости они могут быть сгораемыми, например, из дерева. Кроме того, для взрывоопасных производств (категории А, Б и Е) наружные ограждающие конструкции целесообразно делать «легкосбрасываемыми» взрывной волной, образующейся при взрыве.

Устройство легкосбрасываемых конструкций играет роль как бы предохранительного клапана в сосуде с высоким давлением. При этом легкосбрасываемая ограждающая конструкция разрушается от взрыва, но основные несущие конструкции, определяющие возможность функционирования здания, остаются неповрежденными или поврежденными незначительно.

К легкосбрасываемым конструкциям относят окна с обычным стеклом, двери, распашные ворота, фонарные переплеты, легкие ограждения с применением асбестоцементных, алюминиевых и стальных листов с легкими утеплителями и т. п. В отдельных случаях предусматривают специальные отверстия в стенах или покрытии, закрытые легкими ограждениями (рис. 4.4). Число легкосбрасываемых ограждений устанавливается по расчету.

Во избежание распространения огня при возникновении пожара здания

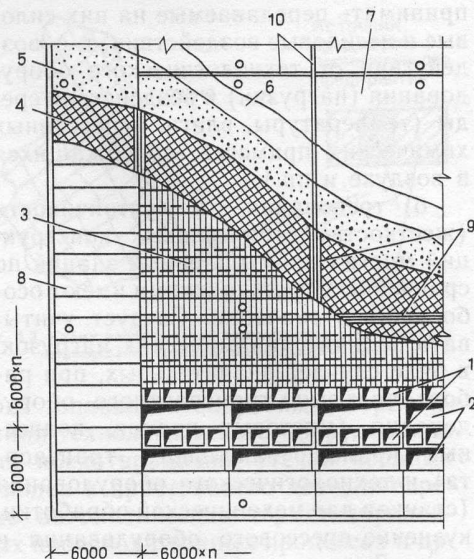


Рис. 4.4. Устройство легкосбрасываемого покрытия. План 1 — железобетонные плиты с проемами; 2 — проемы между плитами; 3 — волнистые асбестоцементные листы; 4 — теплоизоляция; 5 — цементная стяжка; 6 — рулонный гидроизоляционный ковер; 7 — защитный слой (посыпка гравием); 8 — обычные железобетонные плиты покрытия; 9 — асбестоцементные уголки; 10 — деформационные швы

разделяют противопожарными стенами (брандмауэрами) или зонами [2, с. 15]. Размеры площади этажа между противопожарными стенами назначают в зависимости от категории производства, степени огнестойкости здания и этажности. При этом площадь будет тем меньше, чем выше этажность и чем меньше степень огнестойкости конструкций здания;

д) требования к санитарно-техническому и инженерному оборудованию здания, которые в зависимости от технологического процесса предусматривают отопление, ту или иную систему вентиляции или кондиционирования воздуха, водоснабжение, устройство лифтов для работающих и т. п.

На архитектурно-художественные качества промышленных зданий часто не обращают должного внимания, оправдывая это их утилитарным характером. Такая точка зрения иногда бытует среди специалистов, плохо представляющих пути решения задач, поставленных в Программе КПСС (новая редакция которой утверждена XXVII съездом КПСС) об изменении социальной сущности труда при ком-

¹ Огнестойкость зданий см.: Архитектура гражданских и промышленных зданий. Том II. Основы проектирования. М., 1976, с. 15; а также СНиП-2.01.02—85. Противопожарные нормы.

мунизме: труд на благо общества станет для всех первой жизненной потребностью, осознанной необходимостью, способности каждого будут применяться с наибольшей пользой для народа.

Создаваемые в настоящее время промышленные предприятия и входящие в них производственные здания и сооружения должны отвечать требованиям современной организации производственного процесса и, следовательно, обеспечивать условия сближения физического и умственного труда, превращения труда в первую жизненную потребность людей.

Можно представить, что в созданной искусственной среде, т. е. в промышленном здании, с учетом указанных выше технологических (функциональных) и технических требований можно организовать производственный процесс, поскольку объемно-планировочная и техническая структура промышленного здания обуславливается прежде всего материальными требованиями социального, в данном случае трудового процесса.

Каждый социальный процесс связан с сознательной деятельностью человека и поэтому затрагивает сферу его не только материальных, но и духовных интересов. Следовательно, в формировании искусственной производственной среды, т. е. здания, всегда присутствует кроме материального духовный элемент, выражающийся в эстетических или архитектурно-художественных качествах здания.

Поэтому промышленные здания, как и гражданские, независимо от их назначения должны удовлетворять вполне определенным архитектурно-художественным требованиям как во внешнем своем облике, так и в интерьере.

Архитектурно-художественные качества здания, как известно из предыдущего [2, с. 39], достигаются средствами архитектурной композиции, к которым относятся симметрия и асимметрия, ритм, пропорции и т. п.

Очевидно, что во всех видах зданий, а в промышленных особенно, применяемые средства архитектурной

композиции не должны нарушать их функциональную и техническую целесообразность.

Поэтому хорошую архитектурную композицию промышленных зданий, т. е. такое построение, которое предполагает установление единства функционального назначения, конструктивного решения и художественной выразительности, часто бывает достигнуть сложнее, чем при проектировании гражданских зданий, допускающих большую творческую свободу действий.

Архитектурно-композиционные решения промышленных зданий должны учитывать:

а) **градостроительные требования**, если производственное предприятие или промышленное здание предполагается возводить в системе городской застройки. В этом случае композиция должна учитывать те архитектурные условия, которыми определяется застройка данного района, подчиненная, например, созданию целостного архитектурного ансамбля или предполагающая, что проектируемое промышленное здание должно стать композиционным центром какой-то части района или, наоборот, не нарушать его сложившегося архитектурного облика;

б) **требования, предъявляемые к архитектуре комплекса**, предполагающие, что само промышленное предприятие должно представлять собой выразительный в архитектурно-художественном отношении ансамбль, т. е. согласованное расположение группы производственных, вспомогательных, энергетических и складских зданий и сооружений с обеспечением его полной технологической целесообразности, градостроительных требований и природного окружения. Последнее особенно важно при строительстве промышленных узлов, отдельных стоящих промышленных предприятий, гидроузлов и т. п., размещение которых в природном окружении требует не только мер по защите природной среды, но и по сохранению привлекательности и своеобразия окружающего ландшафта.

Научно-технический прогресс в

технологии производства позволяет создавать в городах так называемые **промышленно-селитебные районы**, в которых жилье непосредственно сочетается с промышленными предприятиями, не являющимися источниками вредных загрязнений среды. В связи с этим архитектурные ансамбли приобретают новые качества в результате сочетания зданий гражданского и промышленного назначения;

в) требования, предъявляемые к **архитектуре здания**, предполагающие выразительное, привлекательное по внешнему облику решение каждого здания или сооружения, входящего в состав промышленного комплекса. При этом следует иметь в виду, что архитектурно-художественное решение должно достигаться не за счет использования декоративных средств и, следовательно, материала, инертного по отношению к работе конструкции, а главным образом в результате форм самих конструкций в чистом их виде, поскольку современная техника создаст огромные возможности для получения выразительных в архитектурном отношении решений, если конструкции гармоничны, пропорциональны, проработаны в деталях и пр.;

г) требования, предъявляемые к **интерьеру**, который, как и внешний вид здания, должен быть привлекательным, создавать по всем своим показателям, т. е. по пространству, свету, цвету ограничивающих его поверхностей, конструкциям, образующим элементы композиции интерьера, среду, соответствующую условиям производственного социалистического труда.

Следует отметить, что производственный цех, представляющий собой целесообразно организованное светлое помещение, отвечающее санитарно-гигиеническим условиям, с качественно выполненными ограждающими конструкциями и строительными деталями, находящимися в хорошем

эксплуатационном состоянии, уже несет в себе определенные эстетические качества.

К требованиям **экономическим** относятся:

а) **экономичность объемно-планировочных решений**;

б) **экономичность конструктивных решений**;

в) **экономичность средств, идущих на архитектурно-художественные решения**;

Они и для промышленных зданий устанавливаются по показателю экономической эффективности капитальных вложений, который выражается через приведенные затраты.

Экономичность объемно-планировочных, конструктивных и архитектурно-художественных решений промышленных зданий предполагает достижение минимума единовременных и эксплуатационных затрат за счет рациональных проектных решений, сокращения срока строительства и ускорения ввода предприятий в эксплуатацию.

Необходимо стремиться к снижению затрат на строительство зданий, освобождая материальные и денежные средства на технологическое оборудование, с помощью которого производятся новые материальные ценности.

Например, размещение оборудования на открытом воздухе, которое допускают некоторые технологические процессы, удорожает само оборудование, но резко сокращает затраты на строительные-монтажные работы.

Для выбора экономически целесообразных решений Строительными нормами и правилами проектирования промышленных зданий установлено деление их на четыре класса в зависимости от предполагаемых сроков эксплуатации предприятия и его основных фондов согласно данным планирования, развития той или иной отрасли народного хозяйства.

Особенности модульной координации, унификации и типизации в промышленном строительстве.

Для одноэтажных промышленных зданий установлены привязки колонн крайних и средних рядов, наружных продольных и торцевых стен, колонн в местах устройства температурных швов и в местах перепада высот между пролетами одного или взаимно перпендикулярных направлений (рис. 10.9). Как видно, выбор «нулевой привязки» (т. е. совпадение наружной грани колонн с разбивочной осью) или привязки на расстоянии 250 или 500 мм от наружной грани колонн крайних рядов зависит от грузоподъемности мостовых кранов, шага колонн и высоты здания.

Такая привязка позволяет сократить типоразмеры конструктивных элементов, учитывать действующие нагрузки, устанавливать подстропильные конструкции и устраивать проходы по подкрановым путям.

Геометрические оси торцевых колонн основного каркаса смещают с поперечных разбивочных осей внутрь здания на 500 мм, внутренние поверхности торцевых стен должны совпадать с поперечными разбивочными осями, т. е. иметь нулевую привязку (см. рис. 10.9, а). При этом отпадает необходимость в доборных элементах в несущей конструкции ограждающей

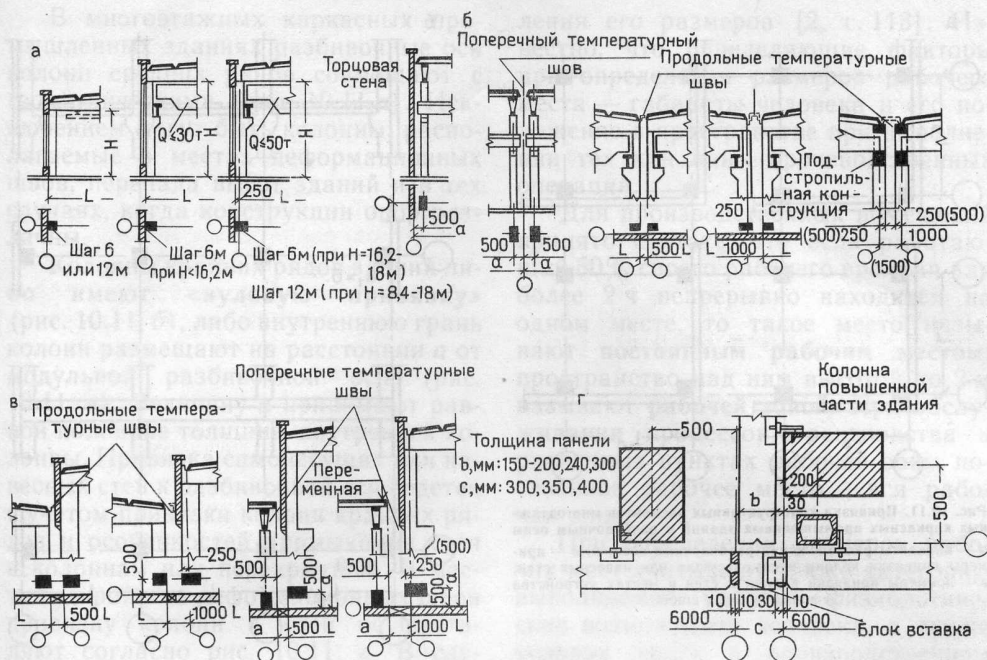


Рис. 10.9. Привязка конструктивных элементов одноэтажных каркасных промышленных зданий к разбивочным осям
 а — колонны и стены; б — колонны в местах температурных швов; в — колонны в местах перепада высот; г — то же, со вставкой в зависимости от толщины стен

части покрытия и появляется возможность свободного размещения фахверка (или каркаса) торцевой стены.

Температурные швы, как правило, устраивают на спаренных колоннах. Ось поперечного температурного шва должна совпадать с поперечной разбивочной осью, а геометрические оси колонн смещают от нее на 500 мм (см. рис. 10.9, б). В продольных температурных швах привязку колонн к продольным разбивочным осям осуществляют по тем же правилам, что и колонн крайнего ряда. Размер вставки, устраиваемой в покрытии, зависит от величины привязки, и его принимают 300, 350, 400, 500, 1000 и 1500 мм (см. рис. 10.9, г). В зданиях со стальным или смешанным каркасом продольные температурные швы выполняют на одной колонне с устройством скользящих опор.

Перепад высот между пролетами одного направления или при двух взаимно перпендикулярных пролетах (см. рис. 10.9, в) устраивают на спа-

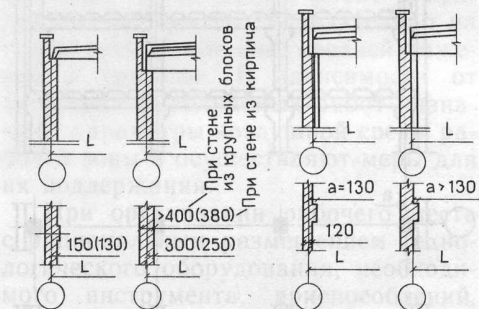


Рис. 10.10. Привязка несущих наружных стен к продольным разбивочным осям

ренных колоннах со вставкой с соблюдением правил для колонн крайнего ряда и колонн у торцевых стен. Размеры вставок 300, 350, 400, 500 или 1000 мм (см. рис. 10.9, г).

Вставки в 300, 350 и 400 мм не подчиняются правилам унификации, однако значительно упрощают конструктивное решение температурных швов и узлов перепада высот в покрытиях.

Привязку осей подкрановых рельсов к продольным разбивочным осям в зданиях, оборудованных мостовыми кранами при их грузоподъемности

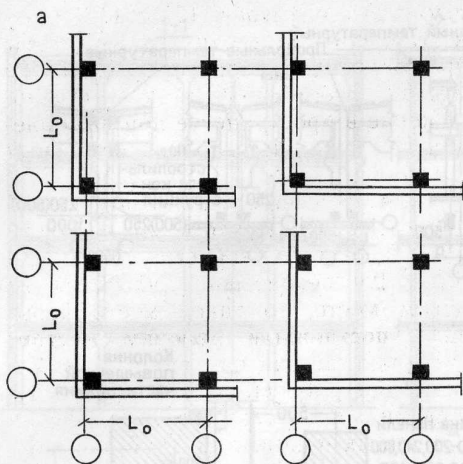
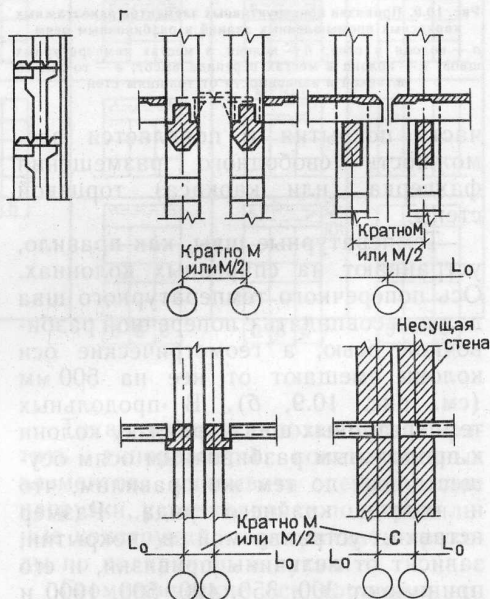
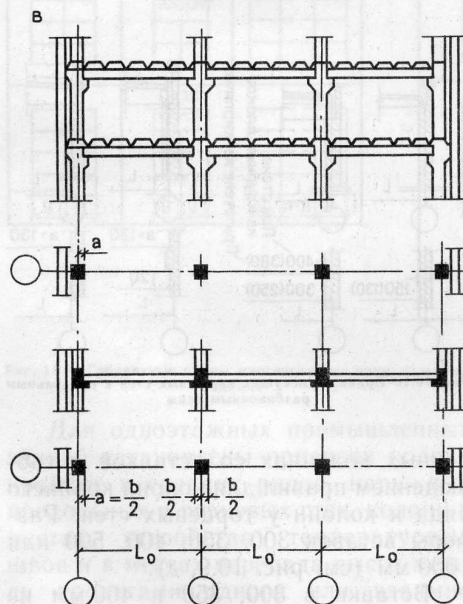
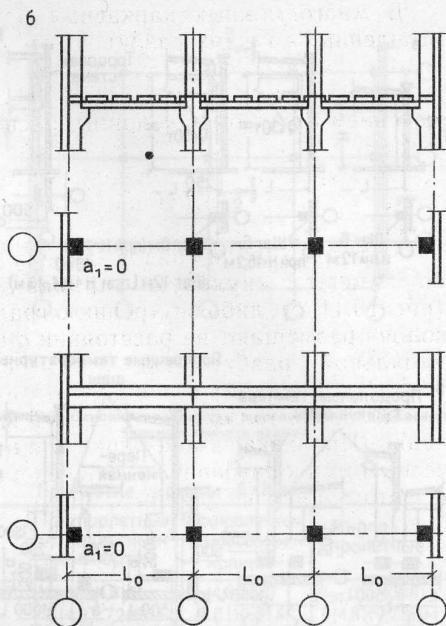


Рис. 10.11. Привязка конструктивных элементов многоэтажных каркасных промышленных зданий к разбивочным осям
 а — варианты расположения разбивочных осей; б, в — примеры привязки колонн и самонесущих или навесных стен; г — примеры привязки колонн и стен в местах устройства деформационных швов



до 50 т, принимают 750 мм, а при наличии проходов по подкрановым путям или при грузоподъемности кранов больше 50 т — 1000 мм.

В одноэтажных зданиях с несущими наружными стенами их привязку к продольным разбивочным осям осуществляют с таким расчетом, чтобы

обеспечить достаточную опору для несущих конструкций покрытия (рис. 10.10). Привязку несущей торцевой стены при опирании на нее плит покрытия принимают такой же, как для несущей продольной стены. Геометрические оси несущих внутренних стен совмещают с разбивочными осями.

В многоэтажных каркасных промышленных зданиях разбивочные оси колонн средних рядов совмещают с геометрическими (рис. 10.11, а). Исключением могут быть колонны, располагаемые в местах деформационных швов, перепада высот зданий и в тех случаях, когда конструкции опор различны.

Колонны крайних рядов зданий либо имеют «нулевую привязку» (рис. 10.11, б), либо внутреннюю грань колонн размещают на расстоянии a от модульной разбивочной оси (рис. 10.11, в). Величину a принимают равной половине толщины внутренней колонны. Привязка самонесущих или навесных стен к разбивочной оси ведется с учетом привязки колонн крайних рядов и особенностей примыкания стен к колоннам или перекрытиям. В местах устройства деформационных швов привязку колонн и стен осуществляют согласно рис. 10.11, г. В случае перепада высот при установке одинарных колонн используют двойные разбивочные оси.

Модульная координация основных параметров промышленных зданий и стандартная привязка конструктивных элементов к разбивочным осям позволяют унифицировать их объемно-планировочное и конструктивное решение и способствуют дальнейшей индустриализации строительства.

Сказанное относится к промышленным зданиям со сборными железобетонными или стальными каркасами. Возможны и другие способы привязки, если они не усложняют решение здания, не увеличивают число типоразмеров сборных элементов и не повышают стоимость строительства. При применении монолитных железобетонных конструкций или покрытий в виде пространственных систем привязку к разбивочным осям и решение деформационных швов (осадочных и температурных) подвергают проработке.

§ 24. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КАРКАСЫ ОДНОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В современном индустриальном строительстве применяют в основном сборные железобетонные каркасы, конструктивные элементы которых типизированы.

Колонны каркаса. Конструкция сборных железобетонных колонн зависит от объемно-планировочного решения промышленного здания и наличия в нем того или иного вида подъемно-транспортного оборудования определенной грузоподъемности. В связи с этим сборные железобетонные колонны подразделяют на две группы. Колонны, относящиеся к первой группе, предназначены для зданий без мостовых кранов, в бескрановых цехах и в цехах, оснащенных подвесным подъемно-транспортным оборудованием. Колонны, относящиеся ко второй группе, применяют в цехах, оборудованных мостовыми кранами.

По конструктивному решению колонны разделяют на **одноветвевые** и **двухветвевые**, по местоположению в здании — на крайние, средние и располагаемые у торцевых стен.

Типовые колонны запроектированы под нагрузки: от покрытия и подвесного подъемно-транспортного оборудования в виде монорельсов или подвесных кранов грузоподъемностью до 5 т и от покрытия и мостовых кранов грузоподъемностью до 50 т. Разработаны решения сборных железобетонных двухветвевых колонн под краны грузоподъемностью 75/20, 100/20 и 125/20 т для пролетов 24, 30 и 36 м при шаге колонн 6 и 12 м. Градация колонн по высоте установлена кратной модулю 600 мм.

Для зданий без мостовых кранов, имеющих высоту от пола до низа несущих конструкций покрытия до 9,6 м, применяют колонны сечением 400×400 , 500×500 и 600×500 мм (рис. 24.1, а). Средние колонны сечением 400×400 мм в месте опирания несущих конструкций покрытия имеют со стороны двух боковых граней консоли. Выбор сечения колонны зависит от размеров пролета и их числа, величины шага колонн, наличия подстропильных конструкций, подвесного транспорта и конструктивного решения покрытия.

В тех случаях, когда бескрановое здание должно иметь высоту более 9,6 м, можно использовать колонны для зданий с мостовыми кранами. Такое решение позволяет расширить область применения типовых колонн без увеличения числа их типоразмеров. Для зданий, оборудованных мостовыми кранами грузоподъемностью до 20 т, применяют одноветвевые колонны прямоугольного сечения (см. рис. 24.1, б).

Колонна для здания, оборудуемого мостовыми кранами, состоит из надкрановой и подкрановой частей. Надкрановая часть служит для опирания несущей конструкции покрытия и называется надколонником. Подкрановая часть воспринимает нагрузки от надколонника, а также от подкрановых балок, которые опирают на консоли колонн, и передает их на фундамент. Крайние колонны имеют одностороннюю консоль, средние — двухсторонние консоли.

Сечения крайних и средних колонн

при шаге 6 м — 400×600 и 400×800 мм, а при шаге 12 м — 500×800 мм. При кранах грузоподъемностью до 30 т и высоте здания более 10,8 м применяют двухветвевые колонны, которые по расходу материала экономичнее одноветвевых. Они бывают **ступенчатые** и **ступенчато-консольные** (см. рис. 24.1, в): первые предназначены для крайних рядов, вторые — для средних.

Высота типовых двухветвевых колонн 10,8—18 м. Колонны высотой 16,2 и 18 м применяют в тех случаях, когда это целесообразно по эксплуатационным условиям и обосновано экономическими соображениями. Просветы между ветвями используют для пропуска санитарно-технических и технологических коммуникаций. В отдельных случаях можно применять железобетонные колонны при кранах грузоподъемностью свыше 50 т. В таких двухветвевых колоннах устраивают проходы для рабочих, которые располагают на уровне подкрановых путей.

Величина заглубления колонн ниже нулевой отметки зависит от вида и высоты колонн, грузоподъемности кранового оборудования и наличия помещений или приямков, располагаемых ниже уровня пола. Величина заглубления колонн в зданиях с подвесным транспортом и без него — 0,9 м; колонн прямоугольного сечения, применяемых в зданиях с мостовыми кранами, — 1 м; двухветвевых колонн высотой 10,8 м — 1,05 м и таких же колонн высотой 12,6—18 м — 1,35 м; двухветвевых колонн при кранах грузоподъемностью более 50 т — 1,6 м, а при наличии технических подполий, каналов или подвалов — 3,6—5,6 м. Такие размеры обусловлены унификацией размеров сборных железобетонных конструкций. С элементами каркаса колонны соединяют болтами и сваркой стальных закладных деталей (см. рис. 24.1, г).

На боковых поверхностях одноветвевых и двухветвевых колонн в местах их заделки в фундамент для восприятия сдвигающих усилий предусматривают устройство шпонок в

Рис. 24.1. Сборные железобетонные колонны

а — одноветвевые для бескрановых зданий; б — одноветвевые для крановых зданий; в — двухветвевые для крановых зданий; г — расположение закладных стальных деталей в колонне: 1 — стальной лист с анкерами для крепления сборных железобетонных блоков или ферм; 2 — то же, для крепления подкрановых балок; 3 — стальной лист для крепления подкрановых балок к колоннам поверху; 4 — закладные детали для крепления вертикальных связей; 5 — закладная деталь для крепления стеновых панелей, б — отверстие для строповки; 7 — опорный столик

Рис. 24.2. Типы цилиндрических колонн

Рис. 24.3. Сборные фундаменты под колонны

а — из одного блока; б — из блока и плиты: 1 — фундаментная плита; 2 — стакан; 3 — подъемные петли; 4 — риски; 5 — сварные швы; 6 — выравнивающий слой раствора; 7 — закладные детали и анкера; 8 — газовые трубки

виде треугольных канавок глубиной 25 мм с шагом 200 мм.

Марки колонн для определенного типа здания подбирают по каталогу сборных железобетонных изделий в зависимости от грузоподъемности кранов, режима их работы, шага колонн, пролета и высоты здания, нагрузки от покрытия и давления ветра.

К современным прогрессивным конструктивным решениям колонн можно отнести цилиндрические колонны из центрифугированного железобетона, которые применяют в настоящее время в экспериментальном порядке как для зданий без опорных кранов, так и с опорными кранами грузоподъемностью до 30 т и в промышленных сооружениях различного назначения. Такое решение позволяет уменьшить расход бетона на 30—50% и стали на 20—30% (рис. 24.2).

Фундаменты под колонны. Объем бетона, идущего в фундаменты под колонны в промышленном здании, составляет 20—35% общего объема расходуемого бетона, а стоимость их возведения составляет 5—20% полной стоимости здания. Это говорит о том, что правильный выбор конструкции фундамента имеет существенное значение и в значительной мере влияет на стоимость всего здания.

Фундаменты устраивают монолитными и сборными. Сборные железобетонные фундаменты могут быть из одного блока, из блока и плиты или из нескольких блоков и плит. Блоки и плиты укладывают на подготовку толщиной 100 мм — щебеночную при сухих грунтах и бетонную

(марки 50) при влажных грунтах.

На один фундаментный блок можно опирать от одной до четырех колонн (в местах устройства температурных швов). Площадь подошвы и другие размеры фундамента устанавливают по расчету в зависимости от передаваемой на него нагрузки и несущей способности основания.

Фундаменты в виде отдельных блоков (рис. 24.3) имеют квадратное или прямоугольное очертание в плане. Их применяют под сборные железобетонные колонны сечением 400×400 и 500×500 мм. Одноблочные фундаменты массой до 12 т изготавливают на заводах сборных железобетонных конструкций, а массой до 22 т — на полигонах или их выполняют монолитными непосредственно на строительной площадке. Одноблочные фундаменты — башмаки устраивают ступенчатыми с размерами стаканов соответственно размерам поперечных сечений колонн.

Когда на фундаменты передают большие нагрузки, что вызывает значительные их размеры, и масса блока превышает грузоподъемность кранов, а применение монолитной конструкции экономически нецелесообразно, возникает необходимость применения сборных фундаментов. Сборные фундаменты могут быть из двух элементов — блока и плиты (см. рис. 24.3, б) или нескольких блоков и плит (рис. 24.4, а). Последние применяют в том случае, если масса блоков в двухблочном фундаменте оказывается больше грузоподъемности наличных транспортных и монтажных средств. Сборные элементы фундаментов укладывают на растворе и скрепляют между собой сваркой закладных стальных деталей.

На сборные фундаменты расходуется большое количество бетона и стали. Для устранения этого недостатка элементы многоблочного фундамента можно выполнять с вертикальными пустотами, получая фундамент как бы в виде балочной клетки (см. рис. 24.4 б). Блоки и плиты, образующие фундамент, представляют собой пакеты железобетон-

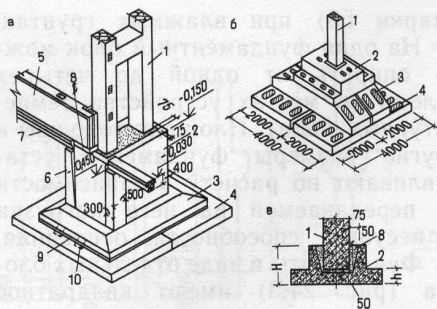


Рис. 24.4. Сборные железобетонные фундаменты и опирание на них колонн каркаса

а — из нескольких блоков и плит; б — то же, из блоков с пустотами; в — жесткая заделка колонны в стакан; 1 — колонна; 2 — башмак со стаканом (подколонник); 3 — промежуточный блок; 4 — плиты; 5 — поколонная панель; 6 — столбик; 7 — фундаментная балка; 8 — монтажный бетон; 9 — цементный раствор; 10 — соединение закладных стальных деталей с помощью сварки

ных элементов, соединенных конструктивными диафрагмами.

Число, размеры и расположение пустот в плане выбирают так, чтобы при укладке элементов фундамента друг на друга образовались колодцы, проходящие через весь фундамент. Вертикальные пустоты могут быть различной формы: круглые, квадратные, прямоугольные, овальные. В случае передачи на фундамент эксцентричной нагрузки часть вертикальных колодцев в пределах контура подколонника может быть заармирована и замоноличена.

Отметка верхнего обреза фундамента независимо от грунтовых условий должна быть на 150 мм ниже отметки чистого пола (см. рис. 24.4, а). Такое решение дает возможность осуществлять монтаж конструкций наземной части здания после того, как произведена обратная засыпка котлованов, устроена подготовка под полы и проложены все коммуникации, что особенно важно в условиях просадочных макропористых грунтов, когда попадание воды в котлованы должно быть совершенно исключено.

Для заложения фундаментов на требуемую по геологическим условиям глубину применяют в зависимости от экономической целесообразности один из следующих способов: устраивают дополнительную подушку под подошвой фундамента, увеличивают верхнюю ступень фундамента, колон-

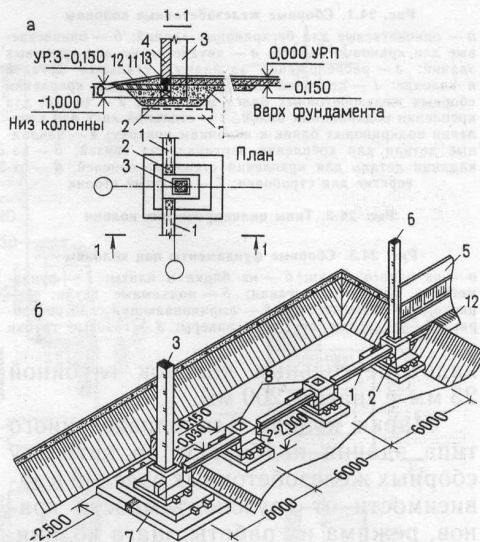


Рис. 24.5. Опирание фундаментных балок на фундаменты а — под продольную стену; б — под торцевую стену: 1 — фундаментная балка; 2 — бетонный столбик; 3 — колонна; 4 — самонесущая продольная стена; 5 — торцевая стена; 6 — фахверковая колонна; 7 — фундамент под основную колонну; 8 — фундамент под колонну фахверка; 9 — шлаковая засыпка; 10 — жирная глина; 11 — песчаная подсыпка; 12 — откоска; 13 — гидроизоляция

ны устанавливают одной высоты (по наименьшей отметке заложения фундаментов), а в местах изменения отметок заложения фундаментов применяют вставки — подколонники.

Соединение колонн каркаса с фундаментами, как правило, выполняют в виде жесткого сопряжения. При таком соединении колонны устанавливают в специально устроенные в фундаментах стаканы (см. рис. 24.4, в). При этом зазоры в стаканах между колоннами и башмаками заполняют бетоном.

Фундаментные балки. Наружные и внутренние самонесущие стены здания устанавливают на фундаментные балки, посредством которых нагрузку передают на фундаменты колонн каркаса. Фундаментные балки укладывают на специально заготовленные бетонные столбики, устанавливаемые на обрезы фундаментов (рис. 24.5, а).

Основные фундаментные балки изготовляют высотой 450 мм (для шага колонн 6 м) и 600 мм (для шага колонн 12 м) и шириной 260, 300, 400 и 520 мм. Эти размеры соответствуют

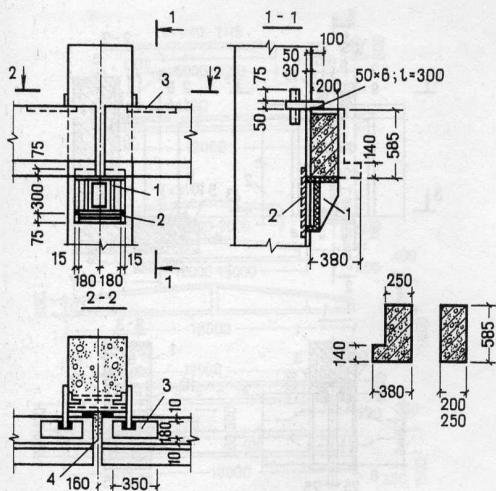


Рис. 24.6. Крепление обвязочных балок к железобетонной колонне

1 — стальная опорная консоль; 2 — закладные детали в колонне; 3 — закладная деталь в обвязочной балке; 4 — бетон на мелком гравии

наиболее распространенной в промышленных зданиях толщине наружных стен. На рис. 24.5, б показано расположение фундаментных балок под торцевую стену. Сечение фундаментных балок может быть тавровым, трапециевидным и прямоугольным. Балки таврового сечения получили наибольшее распространение как более экономичные по расходу стали и бетона.

При замерзании под действием увеличивающихся в объеме пучинистых грунтов в фундаментных балках могут возникнуть деформации. Во избежание этого и для предохранения пола от промерзания вдоль стен балку с боков и снизу засыпают шлаком. Верхнюю грань фундаментной балки размещают на 30—50 мм ниже уровня пола помещения, который в свою очередь располагают примерно на 150 мм выше отметки спланированной вокруг здания поверхности земли.

Поверх фундаментных балок укладывают гидроизоляцию из цементно-песчаного раствора или из двух слоев рулонного материала на мастике. На поверхности земли вдоль фундаментных балок устраивают отсыпку или тротуар. После установки сборных

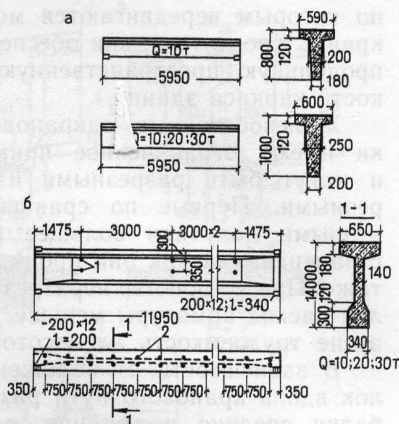


Рис. 24.7. Железобетонные подкрановые балки

а — тавровые под краны грузоподъемностью 10—30 т при шаге колонн 6 м; б — двутавровые под краны грузоподъемностью 10—30 т при шаге колонн 12 м; 1 — отверстия для крепления троллейных проводов; 2 — отверстия для крепления кранового пути

фундаментных балок на место зазоры между ними и колоннами заполняют бетоном.

Обвязочные балки служат для опирания наружных стен в местах перепада высот зданий, а при расположении этих балок над оконными проемами они выполняют роль перемычек. Изготавливают обвязочные балки разрезными. Их размеры и форму поперечного сечения принимают в зависимости от толщины устанавливаемых на них стен и величины передаваемой нагрузки.

Обвязочные балки применяют тогда, когда стены здания делают из кирпича или мелких блоков. Размеры обвязочных балок унифицированы; под кирпичные стены ширина 250 и 380 мм с «носиком», под стены из мелких блоков толщиной 190 мм обвязочные балки принимают шириной 200 мм. Обвязочные балки изготовляют высотой 600 мм и длиной 6 м (рис. 24.6) и крепят к колоннам каркаса с помощью монтажных деталей, привариваемых к закладным деталям в балках и колоннах. В типовых железобетонных колоннах для этих целей используют закладные детали, предусмотренные для крепления стеновых панелей.

Железобетонные подкрановые балки служат опорами для рельсов,

по которым передвигаются мостовые краны. Кроме того, они обеспечивают продольную пространственную жесткость каркаса здания.

Железобетонные подкрановые балки имеют ограниченное применение и могут быть разрезными и неразрезными. Первые по сравнению со вторыми получили большее распространение, так как они проще в монтаже. При устройстве неразрезных балок расход арматуры меньше, однако выше трудоемкость их изготовления.

В зависимости от положения балок вдоль кранового пути различают балки средние и крайние, располагаемые у поперечных температурных швов и у торцов зданий. Последние имеют те же размеры, что и средние, однако закладные детали в них, предназначенные для крепления к колоннам, располагают на расстоянии 500 мм от торца балок.

Железобетонные подкрановые балки могут быть таврово-трапецевидного или двутаврового сечения (рис. 24.7), их применяют под краны легкого и среднего режима работы при шаге колонн 6 и 12 м и грузоподъемности мостовых кранов до 30 т.

После установки и выверки подкрановых балок производят их крепление (рис. 24.8) к колоннам: внизу — на болтах и сварке, вверху — приваркой вертикально поставленного листа к закладным деталям в колонне и балке. При изготовлении железобетонных подкрановых балок в их тело закладывают газовые трубки, необходимые для пропуска болтов крепления кранового пути и подвесок для троллейных проводов.

Крановый путь монтируют в определенной последовательности. Поверху подкрановой балки укладывают тонкую упругую подкладку из резиновой ткани толщиной 8—10 мм с двухсторонней резиновой обкладкой. Перед ее укладкой поверхности подкрановой балки, рельса и упругой подкладки тщательно очищаются от грязи и жира. По упругой подкладке устанавливают и отрихтовывают крановый рельс и затем закрепляют его лапками-прижимами.

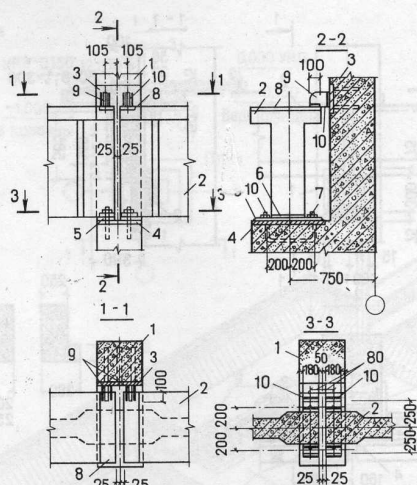


Рис. 24.8. Крепление подкрановых балок к колоннам каркаса
1 — колонна; 2 — подкрановая балка; 3 — закладная стальная деталь колонны; 4 — опорный стальной лист консоли колонны; 5 — стальная прокладка с отверстиями для болтов; 6 — нижняя закладная стальная деталь подкрановой балки; 7 — анкерные болты; 8 — верхняя закладная стальная деталь подкрановой балки; 9 — крепежный вертикально поставленный стальной лист; 10 — сварка

Для кранов грузоподъемностью 10—30 т применяют рельсы Р-43, КР-70 и КР-80 специального профиля. При кранах грузоподъемностью 5—10 т применяют и железнодорожные рельсы широкой колеи Р-38. В пределах температурного блока рельсы сваривают в одну плетть.

В торцах здания на подкрановых балках устанавливают упоры для мостовых кранов.

Несущие конструкции покрытий промышленных зданий подразделяют на **стропильные, подстропильные и несущие элементы ограждающей части покрытия.**

В промышленных зданиях обычно применяют следующие типы стропильных несущих конструкций: плоскостные — **балки, фермы, арки и рамы**; пространственные — **оболочки, складки, купола, своды и висячие системы.**

Подстропильные конструкции выполняют в виде **балок и ферм**, а несущие конструкции ограждающей части покрытия — в виде **крупноразмерных плит.** Соответственно унифицированным размерам объемно-планировочных элементов промышленных зданий величину поперечных пролетов и про-

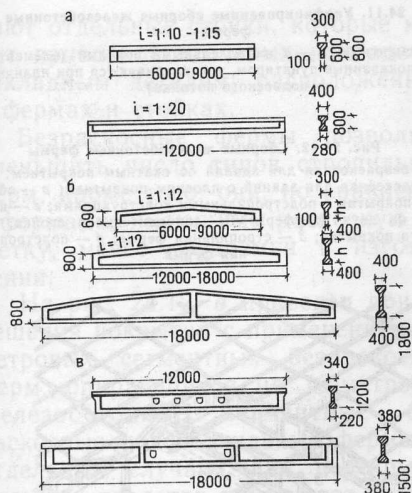


Рис. 24.9. Железобетонные балки

а — односкатные; б — двускатные; в — с параллельными поясами

дольного шага несущих конструкций назначают кратной укрупненному модулю 6 м, в отдельных случаях допускают применение модуля 3 м.

Железобетонные балки применяют для устройства покрытий в промышленных зданиях при пролетах 6, 9, 12 и 18 м. Необходимость балочных покрытий при пролетах 6, 9 и 12 м (таких размеров пролеты можно перекрыть и плитами) возникает в случае подвески к несущим конструкциям монорельсов или кранов.

Железобетонные балки могут быть односкатными, двускатными и с параллельными поясами (рис. 24.9). Односкатные балки применяют в зданиях с шагом колонн 6 м и наружным отводом воды. Двускатные балки устанавливают как в зданиях с наружным, так и с внутренним отводом воды. Балки пролетами 6, 9 и 12 м устанавливают только с шагом 6 м, а балки пролетом 18 м — с шагом 6 и 12 м. При наличии подвешенного транспорта независимо от пролета балки ставят с шагом 6 м.

В целях уменьшения массы балок и для пропуска коммуникаций в их стенах можно устраивать отверстия различного очертания. Односкатные балки опирают на типовые железобетонные колонны разной высоты, которая кратна модулю 600 мм. В свя-

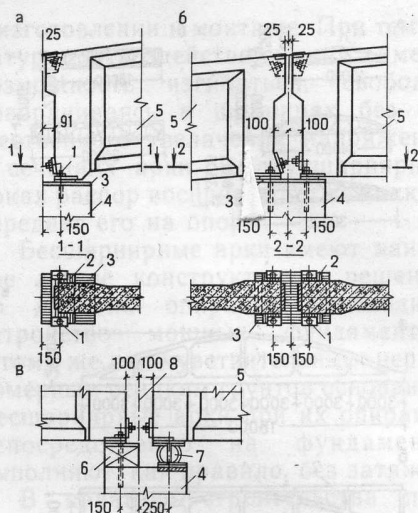


Рис. 24.10. Установка железобетонных балок

а — на крайние колонны; б — на средние колонны, в — в температурном шве на одну колонну: 1 — анкерный болт; 2 — опорный стальной лист балки; 3 — опорный стальной лист колонны; 4 — колонна; 5 — железобетонная балка; 6 — подбетонка; 7 — каток; 8 — температурный шов

зи с этим уклон односкатных балок пролетом 6 м будет 1:10, пролетом 9 м — 1:15, а пролетом 12 м — 1:20. Уклон верхнего пояса двускатных балок делают 1:12.

Балки покрытия соединяют с колоннами анкерными болтами, выпущенными из колонн и проходящими через опорный лист, приваренный к балке (рис. 24.10, а, б). В продольных температурных швах одну из балок устанавливают на катковую опору; балку, располагаемую рядом, устанавливают на стальной стол, устроенный над колонной (рис. 24.10, в).

Железобетонные фермы применяют обычно для перекрытия пролетов 18, 24 и 30 м, их устанавливают с шагом 6 или 12 м. Фермы пролетом 18 м легче железобетонных балок того же пролета, но более трудоемки в изготовлении.

Применение 18-метровых ферм целесообразно в том случае, когда в пределах покрытия необходимо разместить коммуникационные трубопроводы и вентиляционные каналы или использовать межферменное пространство для устройства технических этажей. При пролетах 24 и 30 м применение ферм по сравнению с балоч-

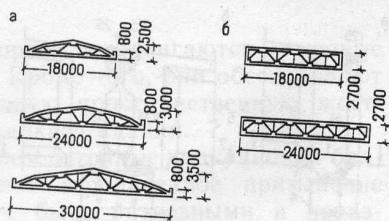


Рис. 24.11. Унифицированные сборные железобетонные фермы

а — сегментные; б — с параллельными поясами (элементы ферм, показанные пунктиром, устанавливаются при наличии подвесного потолка)

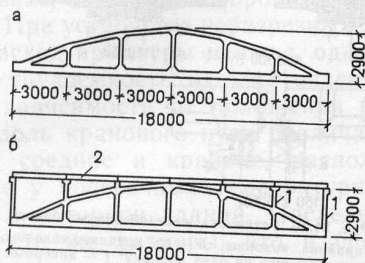
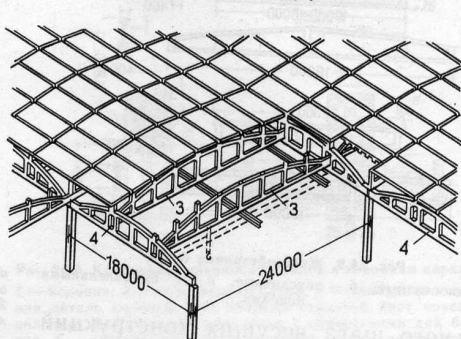
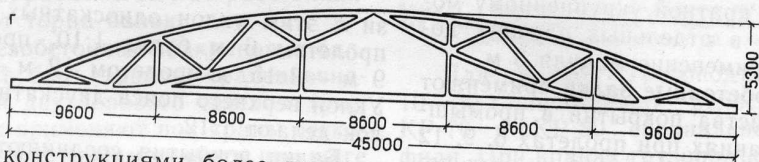


Рис. 24.12. Сборные железобетонные фермы

а — безраскосная для зданий со скатным покрытием; б — общий вид покрытия с подстропильными конструкциями; 1 — арочная из двух полуферм; 2 — дополнительная стойка; 3 — плита покрытия; 4 — стропильная ферма; 5 — подстропильная ферма



ными конструкциями более выгодно, так как масса (вес) большепролетных ферм на 30—40% меньше массы (веса) балок.

В современной практике промышленного строительства наибольшее распространение получили фермы сегментного очертания и с параллельными поясами (рис. 24.11), причем обе включены в номенклатуру типовых сборных железобетонных конструкций заводского изготовления. Железобетонные фермы могут быть цельными и составными, последние собирают из двух полуферм (отправочных марок), или из блоков, либо из линейных элементов.

Включенные в номенклатуру сборных железобетонных конструкций сегментные фермы пролетами 18, 24, 30 м собирают из заранее изготовленных линейных элементов верхнего и нижнего пояса и решетки. Линейные элементы имеют длину, равную панели фермы, а для нижнего пояса иногда принимают длину, равную пролету фермы.

Соединение линейных элементов между собой осуществляют сваркой концов арматуры с постановкой стальных накладок и последующим бетонированием быстротвердеющим бетоном. Арматура в нижнем поясе подвергается предварительному натяжению, после чего каналы в узлах заполняют цементным раствором, а лотки нижнего пояса — бетоном. Железобетонные фермы позволяют оборудовать пролеты зданий подвесным транспортом грузоподъемностью до 5 т (при шаге ферм 6 м). По верхнему поясу сегментных ферм возможна установка конструкций световых и аэрационных фонарей.

Для зданий, где необходимо использовать межферменное пространство для вспомогательных помещений или коммуникаций, применяют безраскосные фермы со стойками через 3 м (рис. 24.12). При плоском покрытии стойки ферм пропускают за пределы верхнего пояса; они служат опорами для плит покрытия (см. рис. 24.12, б). На опоры ферм устанавли-

вают отдельные стойки, которые крепят приваркой стальных накладок к закладным деталям, расположенным в фермах и стойках.

Безраскосные фермы позволяют уменьшить число типов стропильных ферм, кроме того, они, по сравнению с фермами, имеющими раскосную решетку, менее трудоемки в изготовлении.

На рис. 24.12, *в* приведен пример решения покрытия с применением 24-метровых сегментных безраскосных ферм, опирающихся на 18-метровые железобетонные сегментные безраскосные подстропильные фермы. В отдельных случаях для перекрытия больших пролетов применяют составные фермы. На рис. 24.12, *г* показана железобетонная ферма пролетом 45 м, разработанная для устройства покрытия над главным корпусом ГРЭС. Ферма запроектирована составной из двух полуферм, трех элементов затяжек, нижнего пояса и двух подвесок.

Фермы к колоннам каркаса крепят выпущенными из колонны анкерными болтами, причем для увеличения жесткости соединений опорные листы ферм приваривают к закладным деталям колонн.

Железобетонные арки целесообразно применять при больших пролетах (40 м и более). Арки подразделяют на трехшарнирные с шарнирами на опорах и в середине пролета, двухшарнирные с шарнирами на опорах и бесшарнирные. Очертание разбивочной оси арок должно максимально совпадать с линией давления, с тем, чтобы арки главным образом работали на сжатие. Опорами арок могут быть колонны здания или специальные фундаменты. При больших пролетах арки, как правило, опирают непосредственно на фундаменты.

В трехшарнирных арках средний ключевой шарнир осложняет конструктивное решение самой арки и устройство ограждающих конструкций покрытия с кровлей. По этим причинам железобетонные трехшарнирные арки практического применения в настоящее время не имеют.

Самые распространенные — двухшарнирные арки, наиболее простые

в изготовлении и монтаже. При температурных воздействиях они имеют возможность изгибаться, свободно поворачиваясь в шарнирах без существенного увеличения напряжений в сечениях арки. В двухшарнирных арках распор воспринимает затяжка и передает его на опоры.

Бесшарнирные арки имеют наиболее легкое конструктивное решение, но для их опирания необходимо устройство мощных фундаментов, к тому же они чувствительны к неравномерным осадкам грунтов основания. Бесшарнирные арки при их опирании непосредственно на фундаменты выполняют, как правило, без затяжек.

В практике строительства применяют преимущественно арки из сборных элементов. Монолитные арки не получили распространения из-за большой трудоемкости их возведения. Сборные элементы, в свою очередь, собирают из блоков. Сечение арки может быть прямоугольным, тавровым, коробчатым и другой формы.

Пример двухшарнирной арки, опирающейся на свайные фундаменты, представлен на рис. 24.13, *а*. Пример бесшарнирной арки пролетом около 60 м, высотой (в средней части) 40 м, опирающейся непосредственно на фундаменты, показан на рис. 24.13 *б*. В этом примере арка запроектирована открытой, к ней при помощи стальных стержней подвешенно легкое пространственного типа покрытие.

Железобетонная арка из предварительно напряженных элементов пролетом 96 м, опирающаяся на колонны с шагом 12 м, приведена на рис. 24.13, *в*. Длина отдельных сборных звеньев с двутавровым поперечным сечением не превышает 17 м при массе до 25 т. Звенья соединяют между собой сваркой закладных стальных деталей. Подвески, поддерживающие железобетонную затяжку лоткового сечения, выполнены из металлических уголков. Арка воспринимает нагрузку от подвесного транспорта — четырех подвесных кранов грузоподъемностью по 5 т.

Железобетонные рамы устраивают однопролетными и многопролетными,

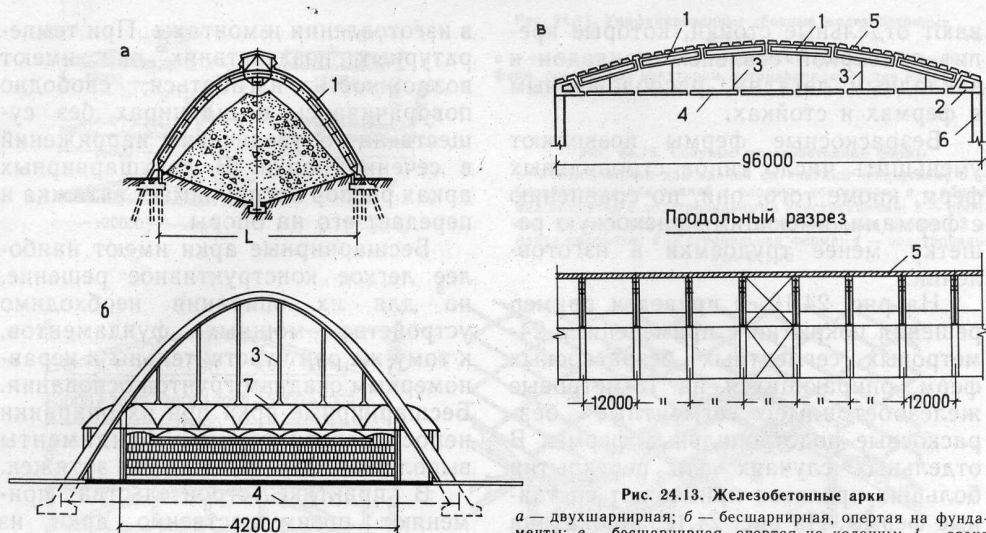


Рис. 24.13. Железобетонные арки

а — двухшарнирная; б — бесшарнирная, опертая на колонны; 1 — звено арки; 2 — опорная бортовая балка; 3 — подвеска; 4 — затяжка; 5 — плита покрытия; 6 — колонна каркаса; 7 — подвешенное покрытие пространственного типа

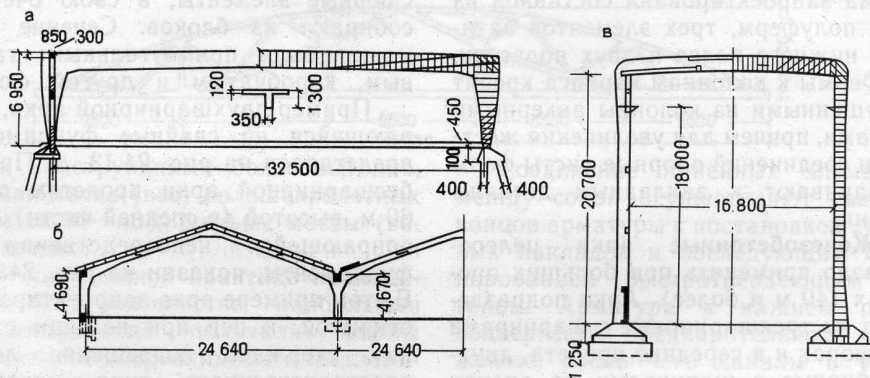


Рис. 24.14. Железобетонные рамы

а, в — однопролетные монолитные; б — многопролетная сборная

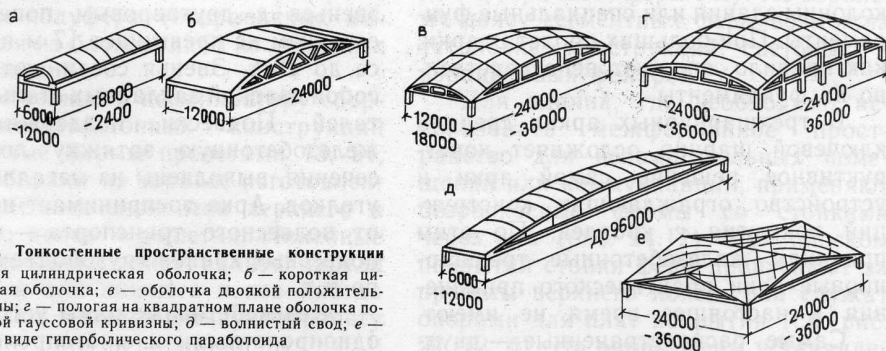


Рис. 24.15. Тонкостенные пространственные конструкции

а — длинная цилиндрическая оболочка; б — короткая цилиндрическая оболочка; в — оболочка двоякой положительной кривизны; г — пологая на квадратном плане оболочка положительной гауссовой кривизны; д — волнистый свод; е — оболочка в виде гиперболического параболоида

монолитными и сборными (рис.24.14). Рамы представляют собой стержневую конструкцию, геометрическую неизменяемость которой обеспечивают жесткие соединения элементов рамы в узлах. Очертание ригелей в раме может быть прямолинейным, ломаным или криволинейным. Жесткое соединение элементов рамы в узлах позволяет увеличить размер перекрываемого пролета.

Конструктивное решение однопролетной двухшарнирной рамы из предварительно напряженного железобетона со стойками переменного сечения и ригелем коробчатого сечения показано на рис. 24.14, а, однопролетной железобетонной рамы со стойками, жестко заделанными в фундаменты, и с консолями для опирания подкрановых балок под мостовой кран — на рис. 24.14, в. В этих примерах стойки рам выступают из плоскости стен в наружную сторону, что придает зданиям своеобразное архитектурное решение.

Сборная многопролетная рама, монтируемая из крайних Г-образных стоек, средних Т-образных стоек и скатных вкладышей — ригелей, представлена на рис. 24.14, б. Стыки в раме расположены в местах, где изгибающие моменты возникают только при ветровых и несимметричных нагрузках от снега.

Оболочки представляют собой пространственные тонкостенные конструкции с криволинейными поверхностями. К ним относятся: цилиндрические оболочки (длинные и короткие); различной формы оболочки двойкой кривизны (пологие коноидальные оболочки и купола); призматические оболочки-складки (рис. 24.15). В отличие от плоских стержневых конструктивных систем, в которых возникает одноосевое напряженное состояние, в оболочках создается пространственное напряженное состояние, поэтому во многих случаях конструкции в виде оболочки пользуются экономичнее. Преимущество тонкостенных оболочек — совмещение несущих и ограждающих функций; экономичность в расходе строительных материалов, повышенная жест-

кость и прочность, позволяющая перекрывать большие пролеты.

К тому же многообразие форм оболочек делает их незаменимым средством архитектурной выразительности большепролетных зданий. К основным недостаткам тонкостенных пространственных конструкций относится большая трудоемкость их изготовления и возведения. При перекрытиях малых пролетов (примерно до 18 м) сечения оболочек определяются конструктивными соображениями и требованиями. По этой причине экономические преимущества их по сравнению с балочными и рамными конструкциями в данном случае отпадают.

Цилиндрические оболочки сборные и монолитные применяют при пролетах 24—48 м. Оболочка состоит из тонкой изогнутой по цилиндрической поверхности плиты, усиленной бортовыми элементами. Ее опирают по торцам на диафрагмы, поддерживаемые колоннами (рис. 24.16). Расстояние между осями диафрагм — пролет оболочки l_1 , расстояние между осями бортовых элементов называют длиной волны l_2 . Цилиндрические оболочки могут быть однопролетными и многопролетными, одноволновыми и многоволновыми. Если $l_1/l_2 \geq 1$, то оболочку называют длинной, если $l_1/l_2 < 1$ — короткой.

На рис. 24.16, в показана железобетонная предварительно напряженная длинная цилиндрическая оболочка 24×12 м. К оболочке на металлических тяжах подвешены железобетонные ребристые плиты 3×6 м, образующие потолок. В зоне чердака расположены воздухопроводы, светильники и электросеть. Оболочка состоит из 16 плит двух типов размерами в плане 3×6 м, можно также применять плиты 3×12 м.

Панели оболочки П-1 и П-2 толщиной 40 и 50 мм включают бортовые элементы 800×1300 мм и окаймляющие ребра высотой 250 мм, а панели П-2 включают верхний пояс арочной диафрагмы сечением 350×300 мм.

Плиты стягивают арматурными пучками из высокопрочной проволоки. Длинная цилиндрическая оболочка

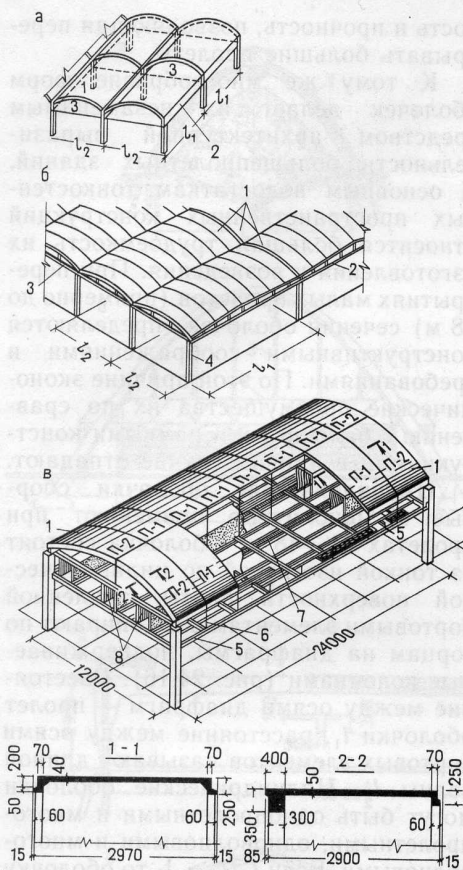


Рис. 24.16. Длинная многопролетная цилиндрическая оболочка

а — конструктивная схема; б — разрезка плиты оболочки на панели; в — оболочка с подвесным потолком; 1 — монолитная плита или сборные панели; 2 — бортовой элемент; 3 — диафрагма; 4 — колонна; 5 — подвесной потолок; 6 — подвески; 7 — светильники; 8 — воздуховоды

работает, как балка корытообразного профиля шириной 12 м и пролетом 24 м. Плиты опирают на бортовые элементы, выполняемые в виде предварительно напряженных балок. Верхний пояс балок имеет выпуск арматуры и шпонки, позволяющие надежно соединить криволинейные панели с бортовым элементом посредством арматуры и замоноличивания продольного шва. Соединение плит друг с другом осуществляют с помощью петлевидных выпусков арматуры и замоноличивания швов между плитами. Короткая сборная цилиндрическая оболочка состоит из плоских ребристых плит покрытия, чаще всего 3×12 м которые укладывают по верхнему

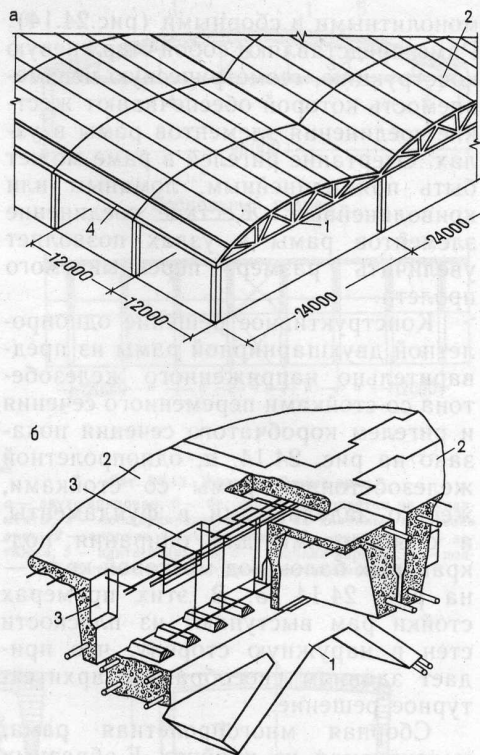


Рис. 24.17. Сборная короткая железобетонная оболочка

а — общий вид; б — узел сопряжения плит в месте их опирания на ферму-диафрагму; 1 — ферма-диафрагма; 2 — плиты покрытия 3×12 м; 3 — бетонные шпонки; 4 — бортовой элемент

поясу ферм пролетом 24 или 30 м (диафрагмам оболочки), и бортовых элементов, обрамляющих ее продольные края (рис. 24.17, а). Короткая оболочка в основном работает на сжатие. Особенность такого конструктивного решения — включение плит, образующих оболочку, в совместную работу с фермами, т. е. работа плит по неразрезной схеме. Связь плит покрытия с фермами и между собой обеспечивают сваркой закладных деталей и замоноличиванием выпусков арматуры (см. рис. 24.17, б). Короткие оболочки по сравнению с длинными и типовыми плоскостными конструкциями покрытий (балки, фермы) более экономичны по расходу бетона и стали.

Из цилиндрических оболочек, располагая их наклонно, создают так называемые шедовые покрытия, которые могут иметь зубчатый или

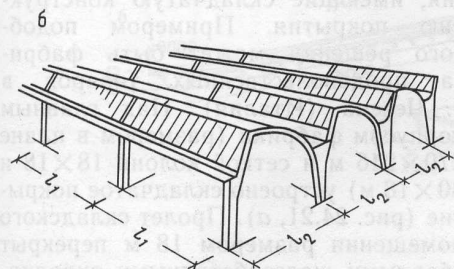
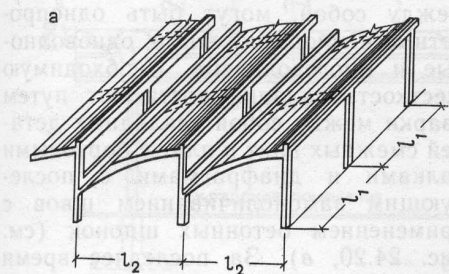


Рис. 24.18. Цилиндрические шедовые оболочки
а — зубчатая; б — пилообразная

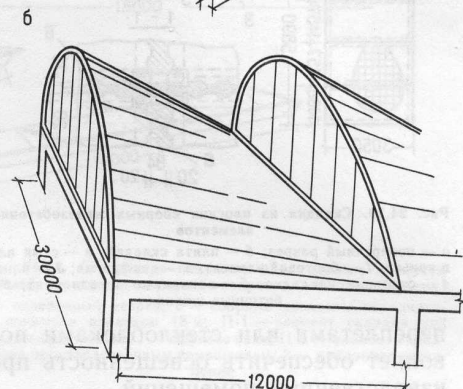
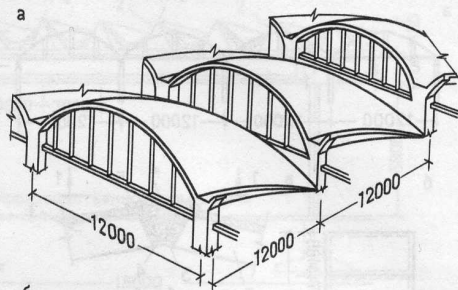
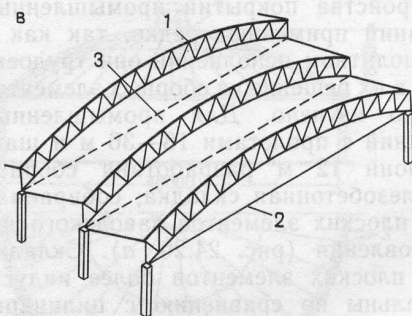


Рис. 24.19. Оболочки коноидальные и шедовые
а — шедовое покрытие с диафрагмами в виде железобетонных арок; б — коноидальная оболочка, в — шедовое покрытие с диафрагмами в виде стальных ферм криволинейного очертания: 1 — арочная ферма; 2 — затяжка; 3 — оболочка



пилообразный поперечный профиль (рис. 24.18). Их пролет принимают до 48 м при длине волны 12 м.

Разновидность шедовых покрытий — коноиды. Поверхность коноида получают путем движения прямой образующей, передвигающейся параллельно самой себе по двум направляющим, одна из которых прямая линия, а другая — кривая любого очертания. Чаще всего за кривую направляющую принимают дугу круга или параболу. В торцах коноида устраивают диафрагмы жесткости в виде ригеля, имеющего криволинейное очертание, арки с затяжкой или другой строительной конструкции.

Оболочка коноида имеет одинарную кривизну и работает главным образом на сжатие в поперечном направлении. Усилия, возникающие в скорлупе коноида, передают на диафрагмы жесткости, а с них — на колонны каркаса. Коноидальные покрытия

устанавливают одноволновыми и многоволновыми. Оболочки коноида обычно имеют пролеты до 12 м (по условиям естественного освещения) с длиной волны до 90 м, при этом скорлупу выполняют толщиной до 100 мм (рис. 24.19, б).

Диафрагмы жесткости в оболочках шедового типа могут быть в виде железобетонных арок с затяжками (рис. 24.19, а), а иногда в виде стальных ферм Уоррена (рис. 24.19, в). К нижнему поясу ферм можно подвешивать подъемно-транспортные устройства грузоподъемностью до 10 т. Заполнение диафрагмы остекленными

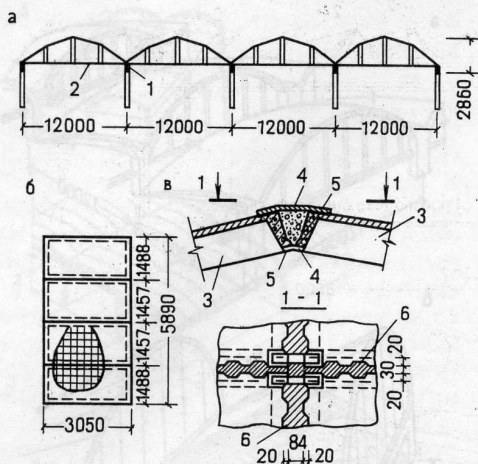


Рис. 24.20. Складка из плоских сборных железобетонных элементов

а — поперечный разрез; б — плита складки; в — стык плит в коньке: 1 — бортовой элемент; 2 — диафрагма; 3 — плита; 4 — стальная накладка; 5 — закладные детали плит; 6 — бетонные шпонки

переплётками или стеклоблоками позволяет обеспечить освещённость производственных помещений.

Складчатого типа конструкции для устройства покрытий промышленных зданий применяют редко, так как в монолитном исполнении они трудоемки, а их решение из сборных элементов мало изучено. Для промышленных зданий с пролетами 18—36 м и шагом колонн 12 м разработана сборная железобетонная складка, собираемая из плоских элементов заводского изготовления (рис. 24.20, а). Складки из плоских элементов более индустриальны по сравнению с цилиндрическими оболочками, благодаря чему снижаются трудовые затраты на их изготовление, транспортирование и монтаж.

Складка состоит из бортовых балок, арок-диафрагм и трех типов ребристых плит. В направлении волны складку собирают из четырех плит (при шаге колонн 12 м) 3×6 м, которые имеют продольные и поперечные ребра высотой 200 мм (рис. 24.20, б). К бортовым элементам складки и поперечным ребрам плит в местах их пересечения с продольными к конструкции покрытия можно подвесить крановые пути. Складки из плоских элементов, монолитно связанных

между собой, могут быть однопролетные и многопролетные, одноволновые и многоволновые. Необходимую жесткость складки достигают путем сварки между собой закладных деталей смежных плит и плит с бортовыми балками и диафрагмами с последующим замоноличиванием швов с применением бетонных шпонок (см. рис. 24.20, в). За последнее время построены промышленные предприятия, имеющие складчатую конструкцию покрытия. Примером подобного решения может быть фабрика продовольственных товаров в г. Чезена (Италия). Над главным корпусом фабрики (размером в плане 270×246 м и сеткой колонн 18×18 и 30×18 м) устроено складчатое покрытие (рис. 24.21, а). Пролет складского помещения размером 18 м перекрыт сборными железобетонными складчатыми элементами шириной 3 м, которые укладывают по железобетонным ригелям. Толщина плиты складки 60 мм. В стенке складки устроены световые проемы диаметром 250 мм (рис. 24.21, б). По концам каждого складчатого элемента предусмотрены диафрагмы жесткости. Покрытие над производственными помещениями — в виде складки шедового типа с застекленными фонарными переплётками.

Купола применяют для устройства покрытий над промышленными зданиями или сооружениями, имеющими круглую форму в плане. Они могут быть из сборных железобетонных элементов и монолитными. Первые, как правило, с ребристой структурой, вторые — с гладкой. Сборные железобетонные купола имеют радиальную или радиально-кольцевую разрезку поверхности на сборные элементы.

Наряду со сплошными железобетонными устраивают сетчатые купола, которые в большинстве случаев собирают из решетчатых прямоугольных, треугольных, ромбовидных или шестиугольных панелей. По расходу материалов купола экономичнее других типов оболочек. Купольное покрытие состоит из оболочки и нижнего опорного кольца. При наличии центрального проема устраивают также верхнее

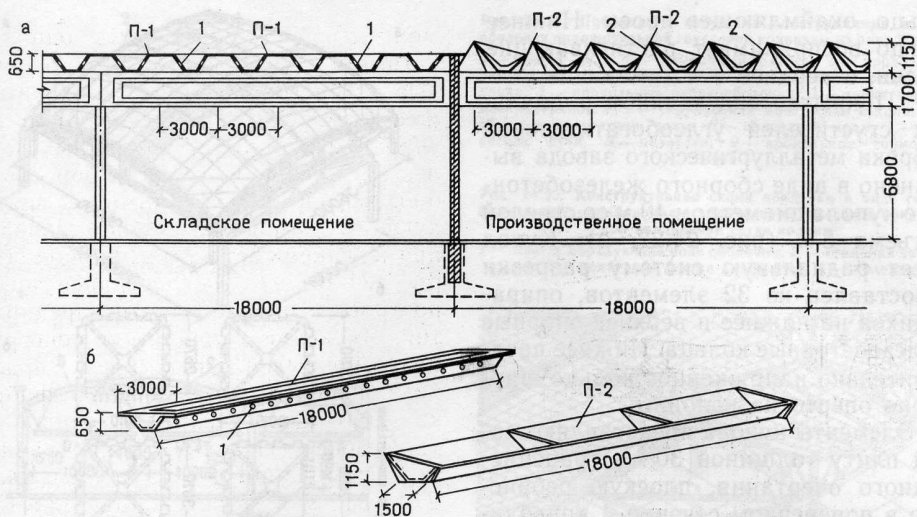


Рис. 24.21. Складчатое покрытие над главным корпусом фабрики продовольственных товаров (г. Чезена, Италия)
 а — поперечный разрез; б — сборные элементы складчатого покрытия пролетом 18 м; П-1 — элемент складки над помещением склада; 1 — круглое окно; П-2 — элемент складки над производственным помещением; 2 — наклонное остекление

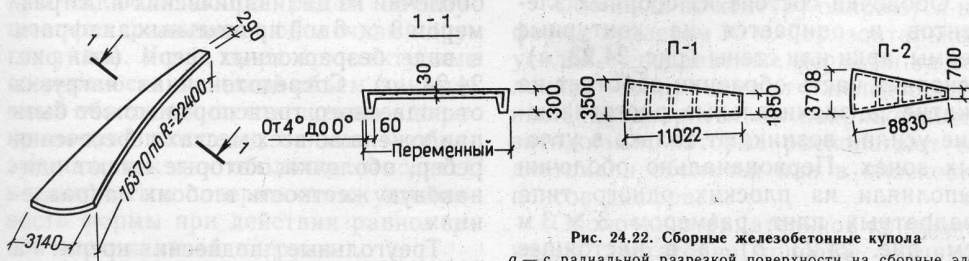
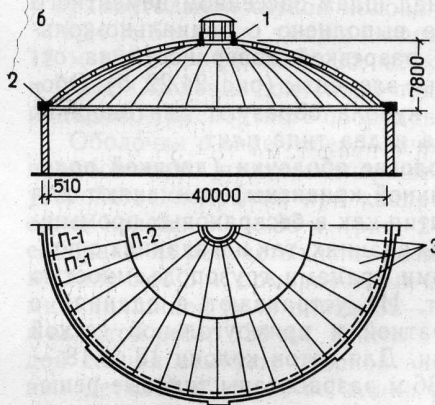
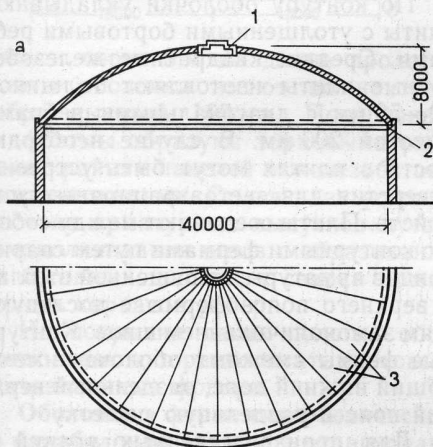


Рис. 24.22. Сборные железобетонные купола
 а — с радиальной разрезкой поверхности на сборные элементы; б — с радиально-кольцевой разрезкой поверхности на сборные элементы; 1 — верхнее опорное кольцо; 2 — нижнее опорное кольцо; 3 — элементы купола

кольцо, окаймляющее проем. Нижнее кольцо воспринимает растягивающие усилия, а верхнее — сжимающие усилия. Покрытие над зданием радиальных сгустителей углеобогащительной фабрики металлургического завода выполнено в виде сборного железобетонного купола диаметром 40 м со стрелой подъема 8 м (рис. 24.22, а). Купол имеет радиальную систему разрезки и составлен из 32 элементов, опирающихся на нижнее и верхнее опорные железобетонные кольца. Нижнее предварительно напряженное кольцо шарнирно оперто на колонны.

Элементы купола представляют собой плиту толщиной 30 мм трапецевидного очертания, плоскую ребристую в поперечном сечении и криволинейную в продольном радиальном направлении. Плиты соединяют между собой при помощи закладных стальных деталей на сварке, после чего швы и пазы, образующие шпонки, замоноличивают монтажным бетоном.

Купольное покрытие диаметром 40 м над шлам-бассейном цементного завода выполнено с радиально-кольцевой разрезкой поверхности на отдельные элементы (рис. 24.22, б). Оболочку купола образуют два опорных кольца и два типа плит.

Пологие оболочки (двойкой положительной кривизны) применяют для покрытия как в бескрановых промышленных зданиях, так и в зданиях с подвижными кранами грузоподъемностью до 5 т. Их устраивают в зданиях с квадратной и прямоугольной сеткой колонн. Для сеток колонн 18×18 — 36×36 м разработаны типовые решения с унифицированными конструктивными элементами.

Оболочка состоит из сборных элементов и опирается на контурные фермы, арки или стены (рис. 24.23, а). Основная часть оболочки работает на сжатие, а значительные растягивающие усилия возникают только в угловых зонах. Первоначально оболочки выполняли из плоских одного типа квадратных плит размером 3×3 м (см. рис. 24.23, б), а в настоящее время применяют и типовые плиты 3×6 м (рис. 24.24).

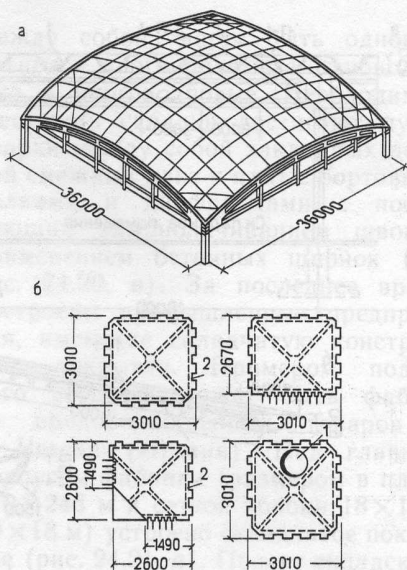


Рис. 24.23. Покрытие с несущей конструкцией в виде оболочки положительной гауссовой кривизны из плит 3×3 м
а — общий вид; б — типы плит: 1 — отверстие в плите; 2 — пазы для образования в швах бетонных шпонок

По контуру оболочки укладывают плиты с утолщенными бортовыми ребрами. Средние квадратные железобетонные плиты изготовляют толщиной 30—50 мм с диагональными ребрами высотой 200 мм. В случае необходимости в плитах могут быть устроены отверстия для светоаэрационных устройств. Плиты соединяют между собой и с контурными фермами путем сварки концов арматуры, выпущенной из плит и верхнего пояса фермы с последующим замоноличиванием швов. Контурные фермы смежных оболочек имеют общий нижний пояс, отдельный верхний пояс и отдельную решетку.

Для производственных зданий с подвесным транспортом разработаны оболочки из цилиндрических плит размером 3×6 м и продольных диафрагм в виде безраскосных ферм (см. рис. 24.24, а). Сосредоточенная нагрузка от подвесного транспорта может быть приложена во всех местах пересечения ребер, оболочки, которые имеют одинаковую жесткость в обоих направлениях.

Треугольные подвески крепят в швах между плитами (см. рис. 24.24, б, в) через 6 м в направлении шага ко-

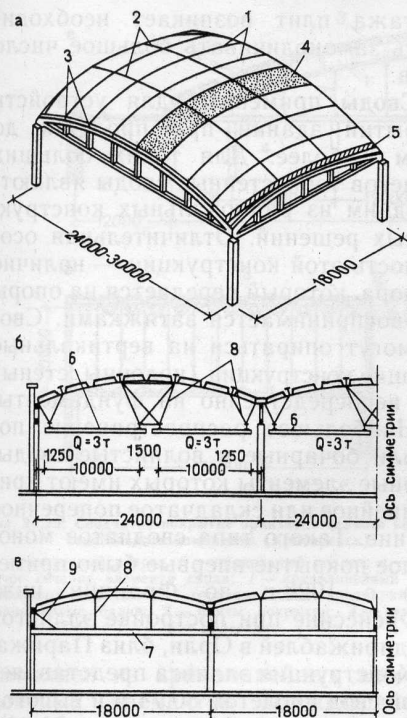
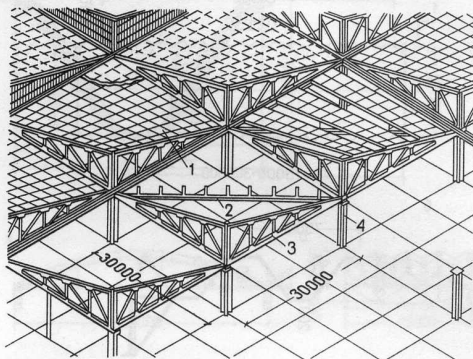


Рис. 24.24. Покрытие с несущими конструкциями в виде оболочек положительной гауссовой кривизны из плит 3×6 м
а — общий вид; б — поперечный разрез; в — продольный разрез при шаге колонн 18 м: 1 — поперечные ребра оболочки; 2 — продольные ребра оболочки; 3 — точки переломов поверхности; 4 — укрупненная монтажная секция; 5 — монолитные угловые зоны; 6 — подвесной кран; 7 — подвесные пути; 8 — подвески; 9 — продольные тормозные связи

Рис. 24.25. Конструктивная схема оболочки в виде гиперболического параболоида отрицательной гауссовой кривизны при квадратной сетке колонн

1 — плиты, образующие поле оболочки; 2 — стальная затяжка; 3 — контурная ферма-диафрагма; 4 — колонны



лонн и через 3 м по длине пролета. Плиты оболочки имеют по контуру ребра высотой 160 мм. Поперечные диафрагмы образуют торцовыми ребрами крайних панелей и железобетонными затяжками. Стыки плит устраивают из арматурных выпусков путем замоноличивания швов с образованием бетонных шпонок и сварки арматурных каркасов ребер.

На покрытии таких пологих оболочек возможно располагать световые и аэрационные фонари.

Оболочки в форме гиперболического параболоида (двойкой отрицательной кривизны) позволяют получить покрытия, обладающие рядом преимуществ по сравнению с оболочками других типов. У них шире архитектурные возможности, меньший объем, занимаемый оболочкой по отношению к перекрываемой площади, прямая — образующая, так как оболочка относится к линейчатым поверхностям, устойчивость формы при действии равномерной вертикальной нагрузки.

Оболочками в виде гиперболического параболоида можно перекры-

вать производственные здания как с прямоугольной сеткой колонн $18 \times 6,24 \times 6$ м и т. д., так и с квадратной; 18×18 , 24×24 , 30×30 , 42×42 м и более. Оболочки допускают подвеску подъемно-транспортного оборудования. Оболочки в виде гиперболического параболоида, предназначенные для устройства покрытий при квадратной сетке колонн 30×30 м (рис. 24.25), собирают из ребристых плит размером в плане 3×3 м, армированных сетками с толщиной поля плиты 35—40 мм и высотой ребер 120 мм. Плиты в каждой секции стыкуют сваркой закладных деталей в узлах по длине ребер оболочки. Швы между плитами замоноличивают.

Оболочки по контуру опираются на фермы пролетом 30 м. Горизонтальные усилия, передаваемые фермами на колонны, воспринимают железобетонными предварительно напряженными затяжками, которые располагают по диагонали оболочки или в плоскости поясов диафрагм.

Оболочки отрицательной кривизны имеют достаточно хорошие технико-экономические показатели по расходу материала. К недостаткам таких обо-

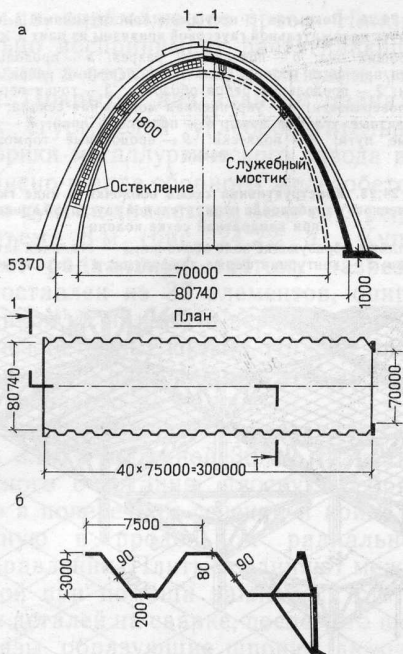


Рис. 24.26. Волнистый свод эллинга (аэропорт в Орли, близ Парижа)

а — фасад, поперечный разрез и план; б — деталь свода

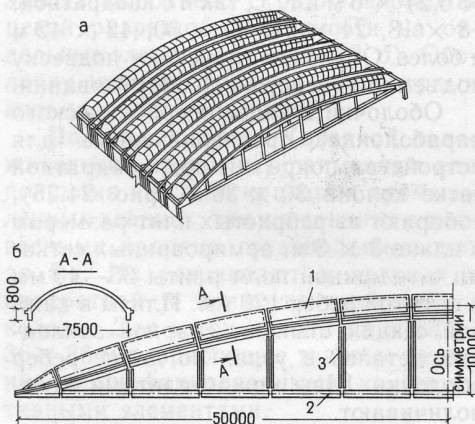


Рис. 24.27. Бочарный свод над производственным корпусом домостроительного комбината (Автово, Ленинград)

а — общий вид; б — поперечный разрез: 1 — сборные железобетонные секции; 2 — затяжка; 3 — подвеска

лочек следует отнести: большие трудовые затраты, возникающие при изготовлении плит и при монтаже оболочки; так как сборные элементы, имеющие форму гиперболического параболоида, не дают полностью механизировать процесс их изготовления, транспортировка их затруднена, после

монтажа плит возникает необходимость замоноличивать большое число швов.

Своды применяют для устройств покрытий зданий при пролетах до 100 м и более. Для таких больших пролетов тонкостенные своды являются одним из рациональных конструктивных решений. Отличительная особенность этой конструкции — наличие распора, который передается на опоры или воспринимается затяжками. Своды могут опираться на вертикальные несущие конструкции (колонны, стены) или непосредственно на фундаменты.

Наибольшее распространение получили бочарные и волнистые своды, сборные элементы которых имеют криволинейное или складчатое поперечное сечение. Такого типа сводчатое монолитное покрытие впервые было применено в 1920 г. во Франции инж. Э. Фрейссине при постройке эллингов для дирижаблей в Орли, близ Парижа.

Конструкция эллинга представляет собой свод пролетом 80,74 м и высотой 54 м при длине 300 м (рис. 24.26). Жесткость свода обеспечивалась его волнистым сечением без выступающих ребер внутри или снаружи эллинга. Каждая волна имела длину 7,5 м, высоту 3—5,4 м (меньшую вверху и большую у опор). Оболочка эллинга состояла из 40 волн и была бетонирована при помощи одного звена опалубки, перемещаемой на подвижных подмостях.

Бочарный свод пролетом 100 м (рис. 24.27) состоит из верхнего пояса и двух предварительно напряженных затяжек, закрепленных при помощи стальных подвесок. Верхний пояс собран из одиннадцати средних и двух опорных железобетонных секций. Секция размером в плане $7,5 \times 8,36$ м выполнена в виде цилиндрической оболочки с бортовыми балочными элементами. Между секциями установлены плоские диафрагмы толщиной 60 мм. Сборные элементы свода соединены сваркой арматурных выпусков, а швы замоноличены. Между бочарными сводами возможна укладка стеклопанелей или железобетонных плит.

Свод пролетом 75 м (рис. 24.28)

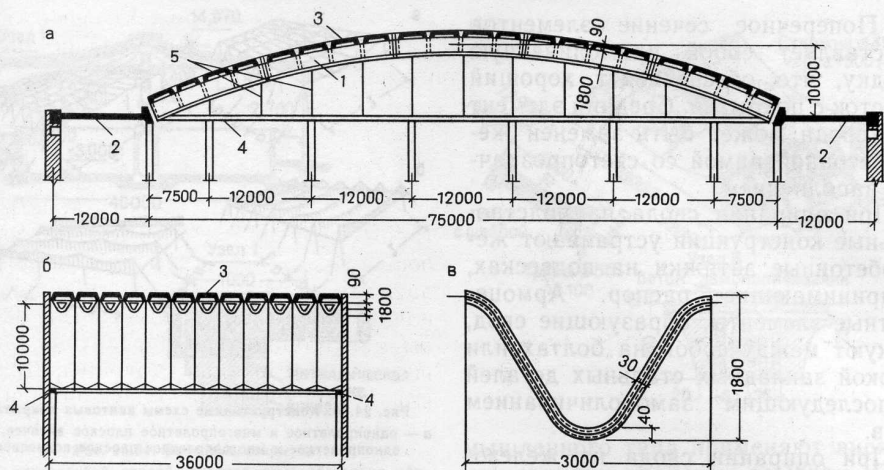


Рис. 24.28. Сводчатое покрытие производственного корпуса текстильного комбината (Красноярск)

а — поперечный разрез, б — продольный разрез; 1 — поперечное сечение элемента свода; 2 — криволинейный армоцементный элемент; 3 — горизонтальные предварительно напряженные балки; 4 — плиты покрытия; 5 — подвески

выполнен из криволинейных армоцементных элементов волнообразного поперечного сечения. Элементы свода I-образного сечения, каждый длиной 15 м с ребрами жесткости, проходящими через 3 м.

Крайние элементы оперты на горизонтальные железобетонные предварительно напряженные балки, которые воспринимают распор и одновременно являются несущей конструкцией покрытия открылков, в которых расположены бытовые помещения. Предварительно напряженные железобетонные затяжки свода поставлены по торцам цеха. На каждый элемент свода укладывают армоцементные плиты 3×3 м, по которым устраивают ограждающую конструкцию покрытия. В настоящее время находят применение своды, образованные путем блокирования арок, выполненных из прямолнейных армоцементных элементов складчатого поперечного сечения шириной 3 м. Разработанные типовые решения для пролетов 18—60 м обеспечивают максимальную сборность конструкции покрытия, использование минимального числа типоразмеров элементов, простоту монтажа. Покрытия допускают возможность устройст-

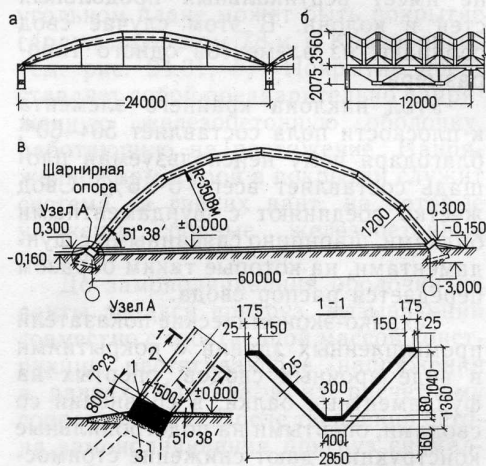


Рис. 24.29. Арочный свод из прямолнейных армоцементных элементов складчатого поперечного сечения

а — поперечный разрез свода пролетом 24 м; б — продольный разрез свода пролетом 24 м и опирание свода на подстропильную ферму; в — свод пролетом 60 м: 1 — фундаментная балка, 2 — элемент свода; 3 — резинометаллическая прокладка

ва верхнего естественного освещения, аэрации и подвески транспортного оборудования (рис. 24.29, а).

Арки опирают либо на подстропильные конструкции, укладываемые на колонны (см. рис. 24.29, б), либо на фундаментные балки, укладываемые по столбчатым фундаментам (см. рис. 24.29, в). Арки собирают из элементов двух типов: среднего, одинакового для всех пролетов, и опорного, отличающегося длиной и углом накло-

на. Поперечное сечение элементов представляет собой прямолинейную складку, что обеспечивает хороший водосток с покрытия. Средний элемент арки свода может быть заменен железобетонной рамой со светопрозрачным заполнением.

При опирании свода на подстропильные конструкции устраивают железобетонные затяжки на подвесках, воспринимающие распор. Армоцементные элементы, образующие свод, стыкуют между собой на болтах или сваркой закладных стальных деталей с последующим замоноличиванием швов.

При опирании свода на железобетонные фундаментные балки здание не имеет вертикальных продольных стен и колонн. В этом случае свод собирают из элементов одного типа-размера.

Угол наклона крайнего элемента к плоскости пола составляет $50\text{--}60^\circ$, благодаря чему неиспользуемая площадь составляет всего $5\text{--}6\%$. Свод жестко соединяют с фундаментными балками, шарнирно связанными с фундаментами, на которые таким образом передается распор свода.

Технико-экономические показатели промышленных зданий с покрытиями в виде арочных сводов, опертых на фундаментные балки, в сравнении со сводами, опертыми на подстропильные конструкции, дают снижение стоимости строительства на $15\text{--}20\%$, расхода стали на $10\text{--}15\%$ и расхода бетона на $35\text{--}40\%$.

Висячие покрытия за последние годы находят все большее распространение, особенно при строительстве промышленных зданий с большими пролетами.

Основное достоинство висячего покрытия — его несущая конструкция — ванты (стальные тросы) — работает только на растяжение, благодаря чему сечение вантов подбирают исключительно из условий прочности. Кроме того, висячие конструкции просты в монтаже, их можно применять при любой конфигурации плана здания, они имеют небольшую строительную высоту, транспортабельны.

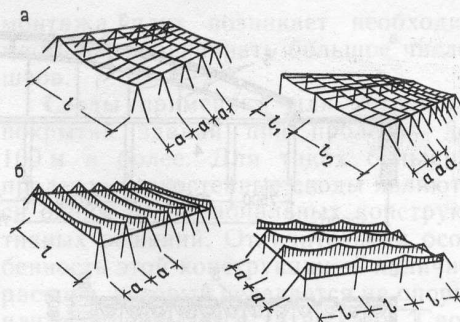


Рис. 24.30. Конструктивные схемы вантовых покрытий
а — однопролетное и многопролетное плоское висячее, б — однопролетное и многопролетное плоское подвесное

Недостатками висячих конструкций следует считать сложность устройства опорных конструкций для восприятия распора (особенно при прямоугольной форме плана), а также сложность обеспечения общей пространственной жесткости системы.

Выделяют две группы висячих покрытий: с замкнутым и разомкнутым контуром. При замкнутом контуре распор передают на опорный контур, в котором возникают только сжимающие усилия. Такие покрытия целесообразны для зданий с круглым, эллиптическим или овальным очертанием плана, с внутренними опорами либо без них. Покрытия с разомкнутым контуром устраивают над зданиями, имеющими прямоугольный план. В этом случае распор воспринимают либо затяжками с анкерными устройствами, заглубленными в землю, либо опорными контрфорсами, выполняемыми в виде железобетонных рам.

По конструктивной схеме покрытия могут быть висячими (однотросовыми и двутросовыми со стабилизирующими тросами) или подвесными, плоскими или пространственными, однопролетными или многопролетными (рис. 24.30). В промышленном строительстве наибольшее распространение получили висячие вантовые конструкции шатрового или вогнутого типа, которые устраивают над зданиями как с круглым, так и с прямоугольным очертанием плана.

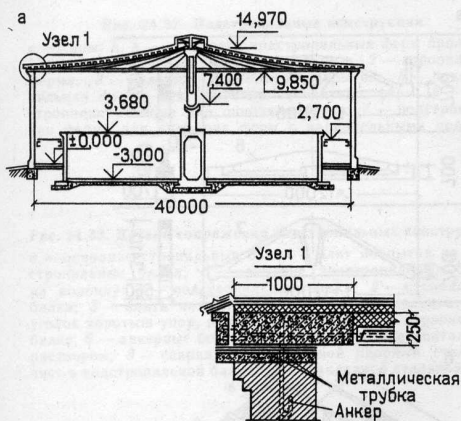


Рис. 24.31. Вантовые покрытия

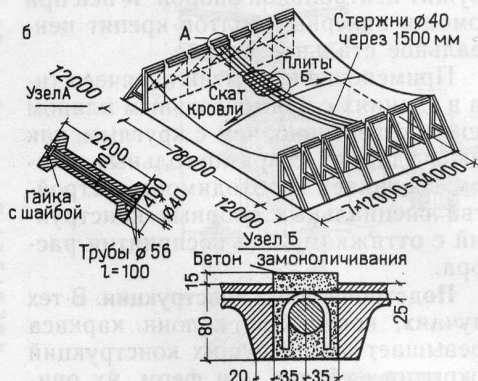
а — с центральной опорой, висячая железобетонная оболочка; б — висячая железобетонная оболочка с гибкими вантами на прямоугольном плане

В качестве примера рассмотрим устройство висячего шатрового покрытия над зданием шлам-бассейна цементного завода. Круглое в плане здание диаметром 40 м перекрыто радиально расположенными вантами (рис. 24.31, а). В средней точке ванты прикреплены к стальному кольцу диаметром 1,3 м, которое установлено на центральной колонне. Другим концом ванты прикрепляют к нижнему железобетонному кольцу диаметром 40 м. Разность отметок концов радиальных вант в 5 м обеспечивает необходимый уклон кровли.

Верхний участок колонны опирают на нижний шарнирно, благодаря чему возможны перемещения при односторонней снеговой нагрузке. По вантам укладывают сборные железобетонные плиты, являющиеся несущей конструкцией ограждающей части покрытия. С целью уменьшения деформативности покрытия, перед замоноличиванием швов между плитами, покрытие предварительно напрягают путем нагружения.

Возможен вариант устройства покрытия и без центральной колонны. В этом случае центральное стальное кольцо располагают на 2 м ниже опорного, и сток воды с кровли осуществляют непосредственно внутрь шлам-бассейна.

Последнее время для зданий про-



мышленного типа применяют висячие конструкции пролетом до 200 м. Примером висячей системы на прямоугольном плане может быть покрытие гаража пролетом 78 м в Красноярске (см. рис. 24.31, б). Покрытие представляет собой предварительно напряженную железобетонную оболочку, работающую на растяжение. Напряженной арматурой в покрытии служит система из гибких вант, на которые уложены сборные железобетонные плиты.

До замоноличивания оболочки на ванты делался пригруз, вызывающий совместно с собственной массой конструкции растягивающие напряжения в вантах, близкие к их расчетному сопротивлению. После твердения бетона замоноличивания пригруз снимался, образовавшаяся железобетонная оболочка получала предварительное напряжение сжатия, позволяющее ей воспринимать растягивающие напряжения от внешних нагрузок и обеспечивающее общую жесткость конструкции. В висячем покрытии на прямоугольном плане распор вант воспринимает опорная конструкция из оттяжек и анкеров, закрепленных в грунте. Здание автобусного парка в Киеве имеет круглую форму в плане и решено с висячим вантовым покрытием диаметром 161 м. Покрытие по контуру оперт на наружное железобетонное кольцо, лежащее на 84 колоннах каждая высотой 18 м. В центре здания расположена железобетонная башня диаметром 8 м и высотой 18 м. Она

служит центральной опорой. К ней при помощи анкерных болтов крепят центральное стальное кольцо.

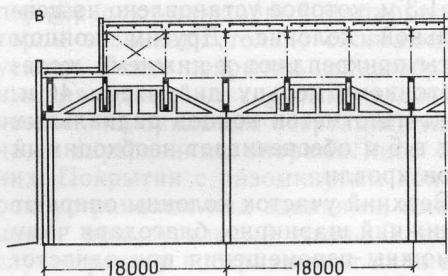
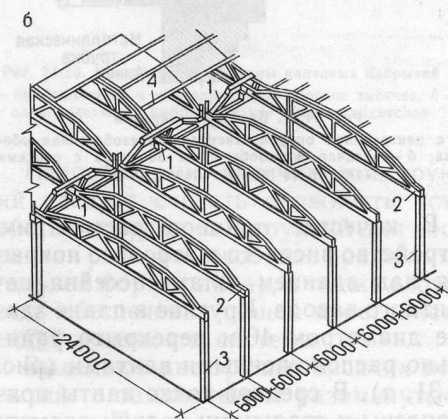
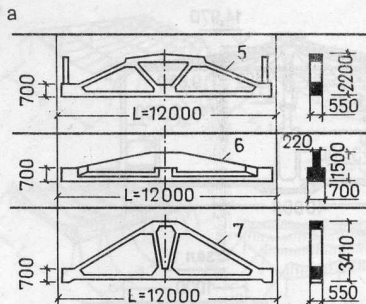
Применение покрытий всякого типа в зданиях с прямоугольным планом менее эффективно, чем с круглым, так как в зданиях с прямоугольным планом возникает необходимость устройства специальных опорных конструкций с оттяжками для восприятия распора.

Подстропильные конструкции. В тех случаях, когда шаг колонн каркаса превышает шаг несущих конструкций покрытия — балок или ферм, их опирают на подстропильные конструкции (рис. 24.32). Железобетонные подстропильные конструкции устраивают в виде балок высотой 1500 мм или в виде ферм высотой 2200 и 3300 мм. Подстропильные конструкции применяют в зданиях, технологический процесс в которых требует широкого шага опор. Стропильные конструкции — балки или фермы — опирают на подстропильные конструкции по нижнему поясу, так как такое решение уменьшает высоту здания.

Учитывая целесообразность применения для одноэтажных производственных зданий укрупненной сетки колонн, разработано конструктивное решение покрытий при шаге внутренних колонн и длине подстропильной фермы 18 м. На рис. 24.33 представлены детали опирания стропильных балок и плит покрытия на железобетонную подстропильную балку и опирание подстропильной балки на железобетонную колонну.

Несущие элементы ограждающей части покрытий. При плоских и скатных несущих конструкциях промышленных зданий несущие элементы ограждающей части покрытий могут быть выполнены с применением прогонов, по которым укладывают мелко-размерные плиты, или в виде крупно-размерных плит. В первом случае покрытие получило название **прогонного**, и во втором — **беспрогонного** (рис. 24.34, а, б).

Переход от прогонной схемы устройства покрытий к беспрогонной резко уменьшил число монтажных эле-



ментов, сократил сроки монтажа, снизил трудоемкость и стоимость строительно-монтажных работ.

Для покрытий промышленных зданий с железобетонным каркасом преимущественный вариант решения — беспрогонный как менее трудоемкий и более экономичный. Прогонный вариант находит применение при холодных покрытиях, когда кровлю выполняют из асбестоцементных или стекловолоконистых листов. При беспрогонном решении крупноразмерные плиты служат не только несущей конструкцией ограждающей части покрытия, но и обеспечивают пространственную

Рис. 24.32. Подстропильные конструкции

а — типы; б, в — установка подстропильных ферм пролетом 12 и 18 м; 1 — подстропильная ферма; 2 — стропильная ферма; 3 — колонна; 4 — плита покрытия; 5 — подстропильная ферма для опирания сегментных ферм; 6 — подстропильная балка для опирания балок; 7 — подстропильная ферма для опирания ферм с параллельными поясами

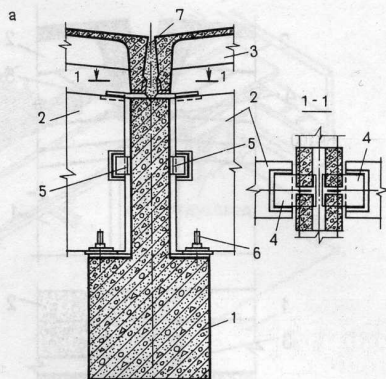


Рис. 24.33. Детали сопряжения подстропильных конструкций

а — опирание стропильных балок и плит покрытия на подстропильные балки; б — опирание подстропильных балок на колонну; 1 — подстропильная балка; 2 — стропильная балка; 3 — плита покрытия; 4 — стальная накладка; 5 — уголок коротыш-упор, привариваемый только к стропильной балке; 6 — анкерные болты; 7 — зачеканка шва монтажным раствором; 8 — сварка; 9 — закладной опорный стальной лист в подстропильной балке; 10 — закладной стальной лист в колонне

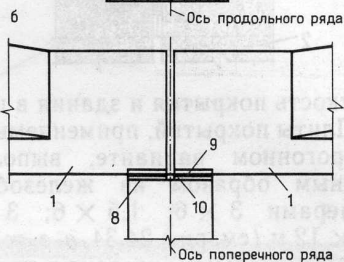
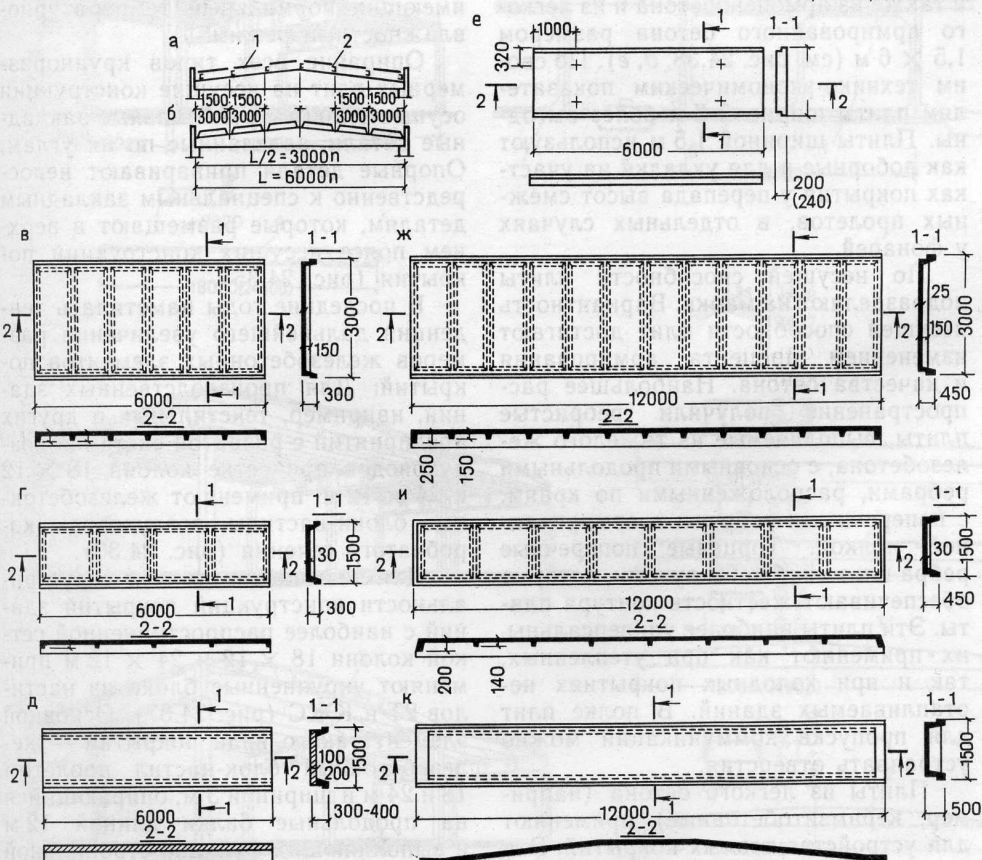


Рис. 24.34. Несущие конструкции ограждающей части покрытия

а — разрез прогонного покрытия; б — разрез беспрогонного покрытия; в, г, ж, и — железобетонные ребристые плиты; д — армопенобетонная плита с ребрами из тяжелого бетона; е — сплошная плита из легкого армированного бетона; к — железобетонная сводчатого типа КЖС



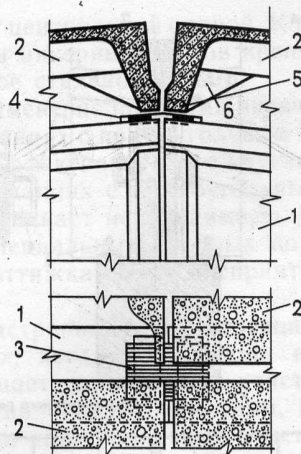


Рис. 24.35. Крепление плит покрытия в коньковом узле
1 — несущая конструкция покрытия; 2 — плита; 3 — закладная стальная деталь несущей конструкции покрытия; 4 — сварка; 5 — закладная стальная деталь плиты покрытия; 6 — вут

Рис. 24.36. Конструктивное решение покрытия с использованием длинномерного коробчатого настила

а — общий вид покрытия; б — деталь покрытия; 1 — коробчатый настил; 2 — кровля; 3 — утеплитель; 4 — воздушный зазор между поперечными ребрами; 5 — светильник; 6 — канал для вентиляции светильников; 7 — звукопоглощающий потолок

Рис. 24.37. Конструктивное решение покрытий с применением длинномерных настилов 2Т (а) и КЖС (б)

1 — длинномерный настил 2Т; 2 — длинномерный настил КЖС

жесткость покрытия и здания в целом.

Плиты покрытий, применяемые при беспрогонном варианте, выполняют главным образом из железобетона размерами 3×6 ; $1,5 \times 6$; 3×12 ; $1,5 \times 12$ м (см. рис. 24.34, в, г, ж — к), а также из армопенобетона и из легкого армированного бетона размером $1,5 \times 6$ м (см. рис. 24.38, д, е). По своим технико-экономическим показателям плиты шириной 3 м более выгодны. Плиты шириной 1,5 м используют как доборные и для укладки на участках покрытия у перепада высот смежных пролетов, в отдельных случаях у фонарей.

По несущей способности плиты подразделяют на марки. Вариантность несущей способности плит достигается изменением процента армирования и качества бетона. Наибольшее распространение получили ребристые плиты, выполняемые из тяжелого железобетона, с основными продольными ребрами, расположенными по краям, с поперечными ребрами и армированной полкой. Торцевые поперечные ребра плит снабжены вутами, которые обеспечивают жесткость контура плиты. Эти плиты наиболее универсальны, их применяют как при утепленных, так и при холодных покрытиях неотапливаемых зданий. В полке плит для пропуска коммуникаций можно устраивать отверстия.

Плиты из легкого бетона (например, керамзитобетонные) применяют для устройства теплых покрытий. Эти

плиты служат одновременно несущими и теплоизоляционными элементами. В зависимости от теплотехнических требований толщину плит назначают различной. Плиты из керамзитобетона применяют только в зданиях, имеющих нормальный температурно-влажностный режим.

Опиране всех типов крупноразмерных плит на несущие конструкции осуществляют через стальные закладные детали, заделанные по их углам. Опорные детали приваривают непосредственно к специальным закладным деталям, которые размещают в верхнем поясе несущих конструкций покрытия (рис. 24.35).

В последние годы наметилась тенденция дальнейшего увеличения размеров железобетонных элементов покрытий. Для производственных зданий, например, текстильных и других предприятий с развитой системой воздухопроводов при сетке колонн 18×12 и 24×12 м, применяют железобетонные блоки-настилы, воздухопроводы коробчатого сечения (рис. 24.36).

Для повышения степени индустриальности конструкций покрытий зданий с наиболее распространенной сеткой колонн 18×12 и 24×12 м применяют укрупненные блоки из настилов 2Т и КЖС (рис. 24.37). Основным элемент такого вида покрытий — железобетонный блок-настил пролетом 18 и 24 м и шириной 3 м, опирающийся на продольные балки длиной 12 м и выполняющий функции стропильной

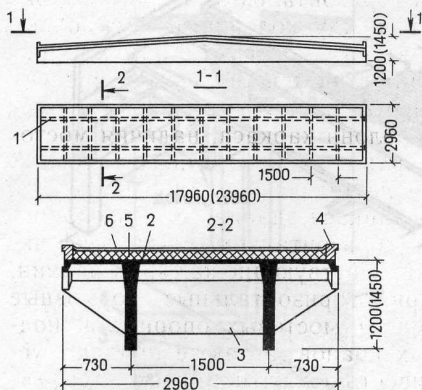
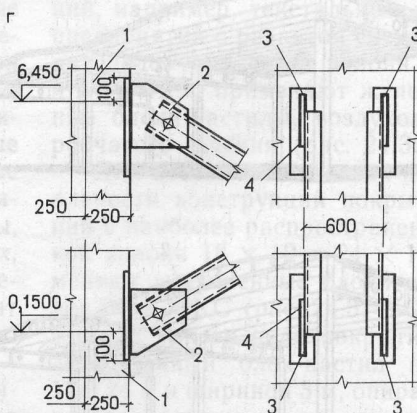
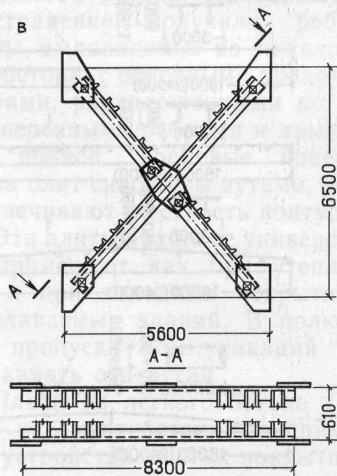
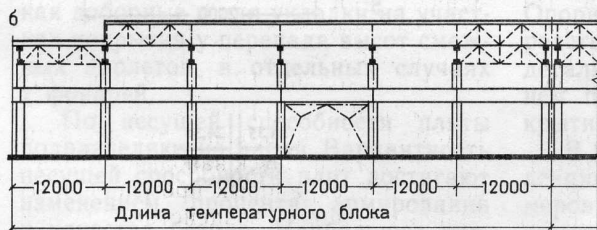
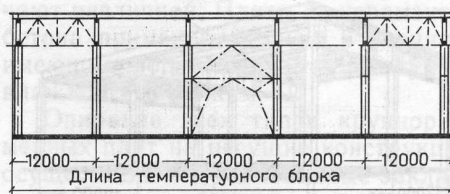
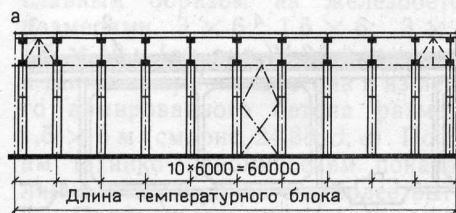


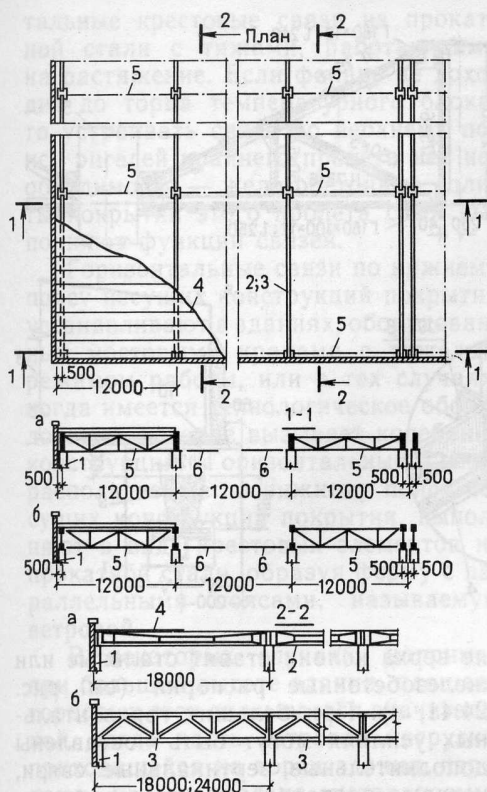
Рис. 24.38. Комплексный блок-настил покрытия 2Т
1 — предварительно напряженное ребро; 2 — ребристая плита; 3 — торцовая диафрагма; 4 — легковесный борт; 5 — жесткий плитный утеплитель; 6 — трехслойный гидроизоляционный ковер. (В скобках даны размеры, относящиеся к блокам пролетом 24 м)

Рис. 24.39. Устройство связей между колоннами
а и б — схемы крестовых и порталных связей и их расположение по длине температурного блока; в — крестовая связь; г — крепление крестовой связи к колонне: 1 — колонна; 2 — вертикальная связь; 3 — закладные стальные детали; 4 — сварка

Рис. 24.40. Схема расположения связей в покрытии
а — при балочных несущих конструкциях; б — при фермах: 1 — колонна; 2 — балка; 3 — ферма; 4 — плита покрытия; 5 — вертикальная связевая ферма; 6 — связевая распорка

24,38	24,40
24,39	





конструкции и плиты покрытия. На строительную площадку блоки-настилы поступают с уложенным на заводе утеплителем и наклеенным гидроизоляционным ковром (рис. 24.38).

Конструкции покрытий из крупногабаритных блоков-настилов позволяют значительно сократить число типоразмеров элементов, уменьшить объем здания в среднем на 7%; при кранах грузоподъемностью до 50 т выполнить конструкции можно без устройства связей в пределах покрытий, сократить число сварных стыков на 40% и длину швов замоноличивания на 20%.

Связи. Каркасы промышленных зданий должны обладать пространственной жесткостью. Когда несущие элементы ограждающей части покрытия выполняют в виде крупногабаритных плит, то жесткость каркаса здания и покрытия достигают установкой связей и диском покрытия. При прогонных покрытиях жесткость обеспечивают только связями.

Связи подразделяют на вертикаль-

ные и горизонтальные. Первые устраивают между колоннами и в покрытиях, вторые — только в пределах покрытий. Конструкция связей зависит от высоты здания, величины пролета, шага колонн каркаса, наличия мостовых кранов и их грузоподъемности. Связи не только обеспечивают жесткость каркаса здания, но и воспринимают горизонтальные ветровые нагрузки, действующие на торцы здания, фонари, горизонтальные тормозные усилия от мостовых опорных и подвесных кранов, а также придают устойчивость сжатым поясам поперечных ферм и рам.

Вертикальные связи между колоннами обеспечивают каркасу здания геометрическую неизменяемость и продольную жесткость, собирают все горизонтальные усилия с покрытия и продольных рам и передают их на фундаменты. Связи по колоннам устанавливают в каждом ряду посередине температурного блока (рис. 24.39, а, б).

По своему конструктивному решению связи могут быть крестовыми и порталными. Крестовые связи применяют при шаге колонн каркаса 6—12 м и высоте до головки подкранового рельса 6—12,6 м, порталные — при шаге колонн 12 и 18 м и высоте до головки подкранового рельса 8—14,6 м. При порталных связях легче организовать пропуск напольного транспорта. В бескрановых промышленных зданиях силовые воздействия, возникающие от ветровой нагрузки, действующей на торцы зданий, воспринимают сварными швами, соединяющими плиты с несущими конструкциями покрытий, а вертикальные связи между колоннами в этом случае не ставят. Вертикальные связи обычно изготавливают из прокатных профилей и монтируют на сварке (см. рис. 24.39, в). Для крепления связей в колоннах предусматривают дополнительные закладные детали (см. рис. 24.39, г).

Вертикальные связи в покрытии не ставят, если здание имеет скатную кровлю, а высота несущих конструкций покрытия составляет на опорах не более 900 мм или когда покрытие

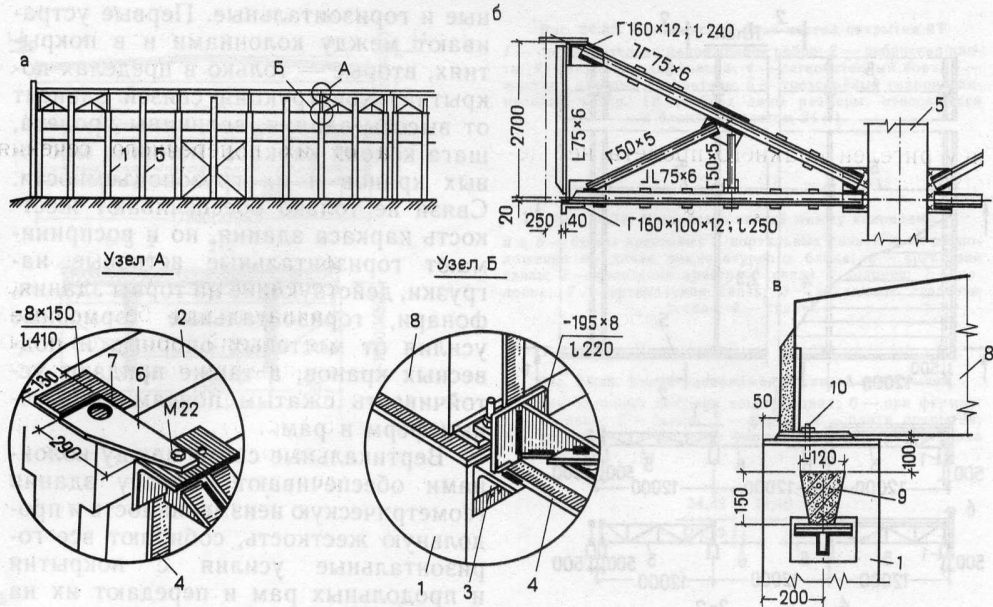


Рис. 24.41. Детали крепления вертикальных связей к элементам каркаса

а — расположение связей на продольном разрезе здания; б — вертикальная связевая ферма; в — крепление железобетонной распорки к колонне; узел А — крепление вертикальной стальной связевой фермы к верхнему поясу несущей конструкции покрытия; узел Б — то же, к верху колонны; 1 — колонна; 2 — верхний пояс несущей конструкции покрытия; 3 — закладные детали в колонне; 4 — вертикальная стальная связевая ферма; 5 — фахверковая колонна; 6 — накладка; 7 — монтажные сварные швы; 8 — несущая конструкция покрытия; 9 — железобетонная распорка; 10 — анкерный болт

решено с подстропильными конструкциями. В этом случае действующие горизонтальные нагрузки передают непосредственно через опорные части несущих конструкций покрытия или их воспринимают подстропильные конструкции. Когда высота балок или ферм на опорах более 900 мм, в покрытии устанавливают вертикальные связи в крайних ячейках температурного блока здания по продольным осям в местах опор несущих конструкций покрытия (рис. 24.40).

Вертикальные связи представляют собой стальные фермы с параллельными поясами пролетом, равным шагу колонн каркаса. Вертикальные связи прикрепляют при помощи сварки к закладным частям, располагаемым в верхней части колонны и в верхнем поясе несущей конструкции покрытия (рис. 24.41, а, б). Во всех средних пролетах температурного блока в уров-

не верха колонн ставят стальные или железобетонные распорки (см. рис. 24.41, в). При больших горизонтальных усилиях могут быть поставлены дополнительные вертикальные связи, которые располагают над вертикальными связями между колоннами.

Горизонтальные связи устанавливают по верхним и нижним поясам основных несущих конструкций покрытия. Роль горизонтальных связей по верхнему поясу поперечных ферм и рам при беспрогонном решении выполняют крупнопанельные плиты покрытия, прикрепленные через закладные стальные детали сваркой к ригелям. В зданиях, оборудованных мостовыми кранами тяжелого режима работы, для восприятия действующих на покрытие горизонтальных поперечных сил устраивают стальные крестовые горизонтальные связи, при этом плиты покрытия работают только как распорки.

При наличии фонарей сжатый пояс ригеля имеет свободную длину, равную ширине фонаря. Если ширина сжатого пояса ригеля невелика, может произойти потеря его устойчивости. Для предупреждения этого в пределах фонаря в крайних пролетах температурного блока устраивают горизон-

тальные крестовые связи из прокатной стали с тяжами, работающими на растяжение. Если фонарь не доходит до торца температурного блока, то устраивать связи по верхнему поясу ригелей крайнего пролета нет необходимости — железобетонные плиты покрытий этого пролета сами выполняют функции связей.

Горизонтальные связи по нижнему поясу несущих конструкций покрытия устанавливают в зданиях, оборудованных мостовыми кранами с тяжелым режимом работы, или в тех случаях, когда имеется технологическое оборудование, которое вызывает колебание конструкций. Горизонтальные связи, располагаемые по нижнему поясу несущих конструкций покрытия, выполняют в виде крестовых элементов из прокатной стали, образуя ферму с параллельными поясами, называемую **ветровой**.

В некоторых случаях, например при большой высоте здания, площадь торцовых стен оказывается значительной, тогда часть ветровой нагрузки, приходящейся на торец здания, передают на специально устраиваемые горизонтальные стальные связи (ветровые фермы), располагаемые у торцевых стен на уровне подкрановых балок или нижнего пояса несущих конструкций покрытия.

§ 26. КАРКАСЫ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Для легкой, пищевой, электротехнической, химической, машино- и приборостроительной промышленности, как правило, строят многоэтажные здания с сеткой колонн 6×6 и 9×6 м с одинаковыми пролетами во всех этажах (рис. 26.1, а), с увеличенными пролетами в верхних этажах и подвесными или опорными кранами (см. рис. 26.1, б, в.).

Элементы каркаса многоэтажных промышленных зданий должны обладать высокой прочностью, устойчивостью, долговечностью, огнестойкостью. Поэтому для этих зданий применяют железобетонные конструкции, которые могут быть монолитными, сборно-монолитными и сборными.

Стальной каркас применяют при больших нагрузках, при наличии динамических воздействий на несущие конструкции от работы оборудования или при строительстве зданий в труднодоступной местности. Стальные колонны и ригели, как правило, изготавливают двутаврового сечения.

Каркасы из унифицированных железобетонных элементов заводского изготовления бывают с балочными или безбалочными перекрытиями. Балочные перекрытия как более простые и универсальные применяют чаще. Безбалочные перекрытия применяют при больших полезных нагрузках и при необходимости получить гладкую поверхность потолка, что позволяет устраивать подвесной транспорт и развязку коммуникаций в любом направлении, а также улучшает санитарно-гигиенические качества помещений.

Железобетонный каркас многоэтажных зданий с балочными перекрытиями предназначен для зданий высотой до пяти этажей с сеткой колонн 6×6 и 9×6 м. Основные элементы каркаса: колонны с фундаментами, ригели (прогоны), плиты перекрытий и связи (рис. 26.2). Ригели каркаса изготавливают прямо-

угольной формы и с полками, их располагают, как правило, поперек и в отдельных случаях вдоль здания. Совместно с колоннами ригели образуют рамы.

Каркас состоит обычно из поперечных рам, на ригели которых укладывают плиты перекрытий. Рамы каркаса собирают из вертикальных элементов колонн и горизонтальных элементов ригелей, которые соединяют между собой в узлах. Поперечные рамы каркаса обеспечивают жесткость здания в поперечном направлении, а плиты перекрытий и стальные вертикальные связи между колоннами — в продольном. При значительных горизонтальных нагрузках в продольном направлении здания устанавливают ригели, жестко соединяемые с колоннами, которые образуют продольные рамы каркаса.

Колонны каркаса разделяют на крайние и средние. Для опирания ригелей у колонн предусмотрены консоли. Основной тип колонны — высотой в два этажа, дополнительный — высотой в один этаж сечением 400×400 и 400×600 мм. Колонны устанавливают в стаканы железобетонных фундаментов, верх которых располагают на 150 мм ниже уровня чистого пола первого этажа.

Для устройства перекрытий применяют ребристые плиты двух типов: основные шириной 1500 мм и доборные шириной 750 мм (см. рис. 26.2, д). Высота плит 400 мм. Короткие плиты длиной 5050 и 5550 мм укладывают у деформационных швов и у торцов здания. Плиты перекрытий опирают на полки ригеля (рис. 26.3, а) или на верхнюю плоскость ригеля (рис. 26.3, б). Второй вариант применяют в случаях, когда в перекрытиях необходимо устраивать большие проемы для провисающего оборудования. При равномерно распределенной нагрузке принимают опирание плит на полки ригелей, что уменьшает высоту перекрытия.

Плиты, опираемые на верхнюю плоскость ригелей, отличаются от плит, опираемых на полки ригелей, лишь формой и размерами торцовых

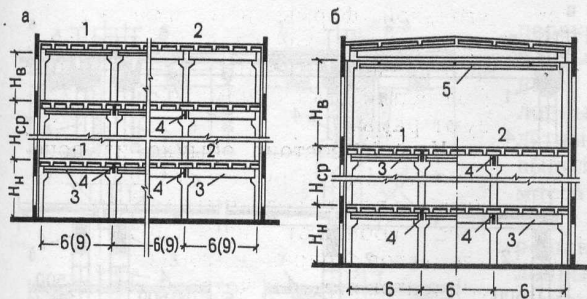


Рис. 26.1. Конструктивные схемы многоэтажных промышленных зданий с балочными конструкциями перекрытий

а — с одинаковыми пролетами во всех этажах; б — с увеличенным пролетом в верхнем этаже и с подвесным краном; в — с увеличенным пролетом в верхнем этаже и с опорным краном: 1 — вариант перекрытия с опиранием ребристых плит на полки ригелей, 2 — то же, с опиранием плит по верху ригелей; 3 — ригель поперечной рамы; 4 — ригель продольной рамы жесткости; 5 — подвесной кран; 6 — опорный кран

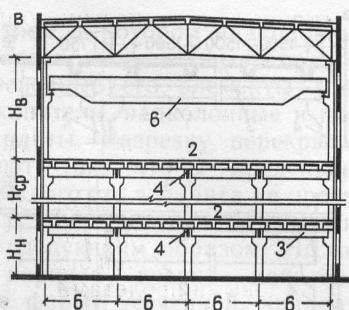
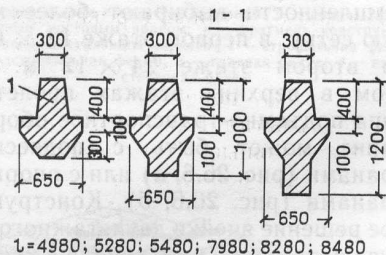
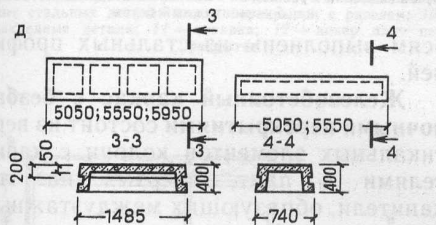
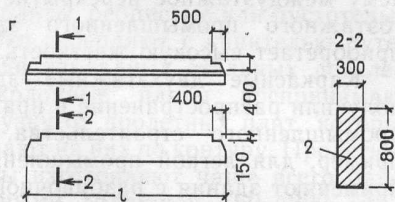
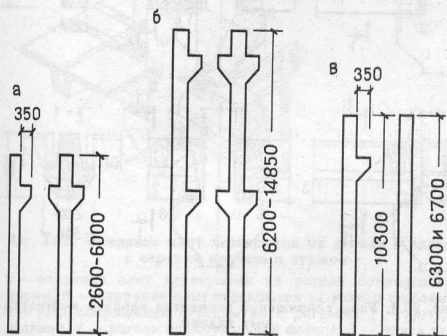


Рис. 26.2. Унифицированные сборные железобетонные элементы каркаса многоэтажного промышленного здания

а — колонны для верхних и средних этажей; б — колонны для верхних, средних и нижних этажей, в — колонны для верхних краевых этажей; г — ригели перекрытий; д — плиты перекрытий; 1 — ригель с полками; 2 — ригель прямоугольной формы



ребер. Плиты и ригели, укладываемые по осям колонн, выполняют роль распорок. Они передают на вертикальные связи между колоннами положительное и отрицательное давление ветра, действующее на торец здания.

Колонны стыкуют путем приварки стыковых стержней к стальным оголовкам колонн. Зазор между торцами колонн тщательно зачеканивают жестким раствором, затем стык обертывают металлической сеткой и замоноличивают.

Ригели стыкуют с колонной (рис. 26.4 и 26.5) путем сварки выпусков арматуры и опорных закладных деталей ригелей с закладными деталями консолей колонн, а зазор между ними заполняют монтажным бетоном.

Плиты перекрытий крепят к ригелям колонн и между собой сваркой закладных стальных деталей. Такое крепление необходимо для повышения продольной жесткости каркаса. Пазухи между ребрами смежных плит и верхней частью ригеля армируют и

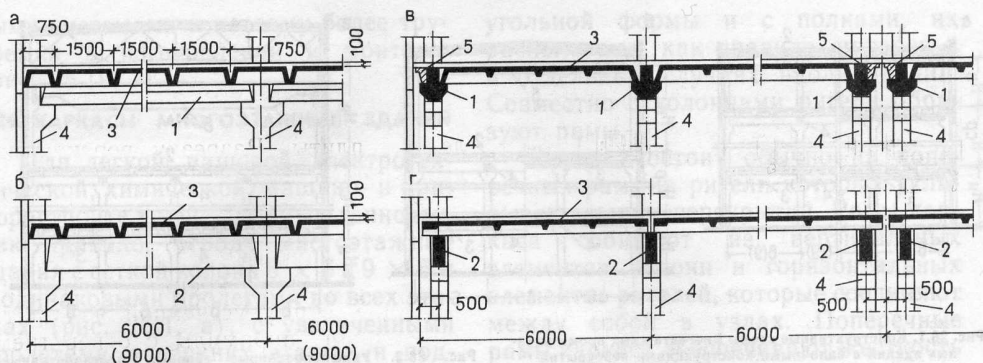


Рис. 26.3. Сборные железобетонные перекрытия
а — поперечный разрез перекрытия с ригелем с полками 1; б — то же, с ригелем прямоугольной формы 2; в — продольный разрез перекрытия с ригелем 1, г — то же, с ригелем 2; 3 — ребристый настил перекрытия; 4 — колонна; 5 — монолитный бетон

замоноличивают бетоном, благодаря чему междуэтажное перекрытие многоэтажного промышленного здания приобретает высокую жесткость.

Каркасные двухэтажные здания получили распространение в практике промышленного строительства. Например, для легкой промышленности применяют здания с разбивочной сеткой колонн в первом этаже 9×6 м и во втором этаже 18×12 м. Для двухэтажных зданий различной производительности машиностроительной промышленности выбирают более крупную сетку: в первом этаже 12×6 м и во втором этаже 24×12 м. При этом в верхних этажах пролетного типа подъемно-транспортное оборудование может быть с подвесными кранами (рис. 26.6, а) или с опорными кранами (рис. 26.6, б). Конструктивное решение ячейки двухэтажного корпуса автомобильного завода с крупной сеткой колонн (в первом этаже 12×12 м, во втором 24×24 м) и с применением стального каркаса показано на рис. 26.6, в.

Пример конструктивного решения многоэтажного промышленного здания с увеличенным пролетом в верхнем этаже, в котором предусматривается установка опорных мостовых кранов, приведен на рис. 26.7. Здание полностью запроектировано сборным в железобетонных конструкциях, только вертикальные связи между колоннами по продольным разбивочным

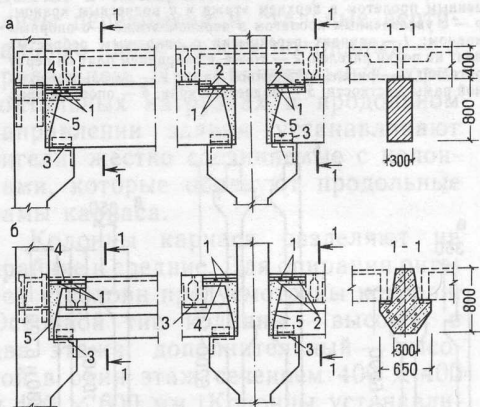


Рис. 26.4. Узлы сопряжений элементов каркаса многоэтажных зданий

а — при опирании плит по верху ригеля; б — при опирании плит на полки ригеля; 1 — ванная сварка; 2 — выпуски арматуры из колонны и ригеля; 3 — монтажная сварка; 4 — вставка; 5 — монтажный бетон

осаям выполнены из стальных профилей.

Железобетонный каркас с безбалочными перекрытиями состоит из вертикальных элементов колонн с капителями и плит, опертых на эти капители, образующих междуэтажные перекрытия. Каркас этого типа применяют в промышленных зданиях, складах, холодильниках, мясокомбинатах при квадратной сетке колонн, чаще всего 6×6 м, и при больших полезных нагрузках (рис. 26.8, а 26.9). Различают каркасы с безбалочными перекрытиями с надколонными плитами, расположенными в двух направлениях (рис. 26.10, а), и надколонными плитами, укладываемыми в одном направлении (рис. 26.10, б).

На рис. 26.10, а показан железобетонный каркас с безбалочным

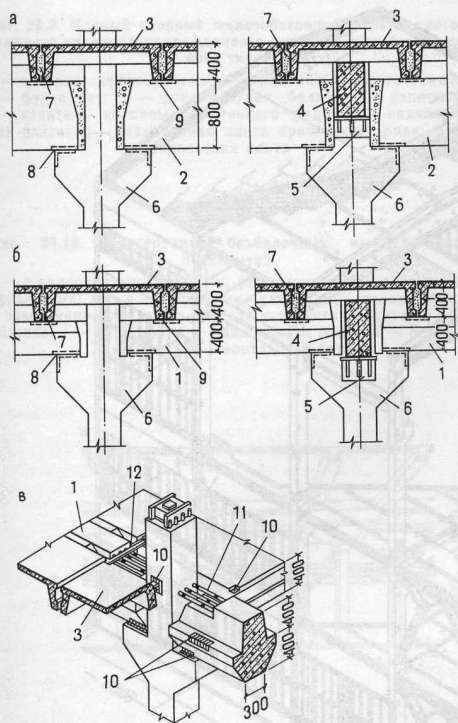


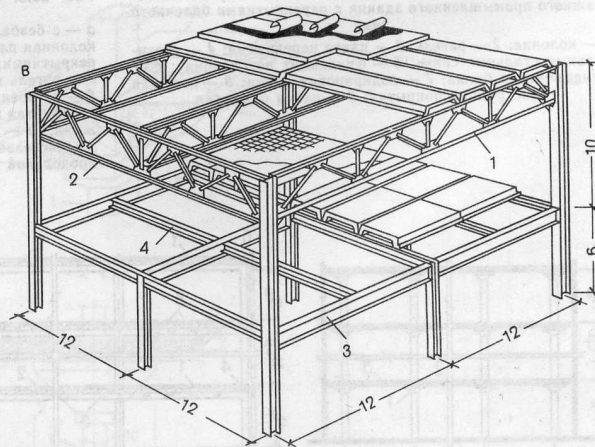
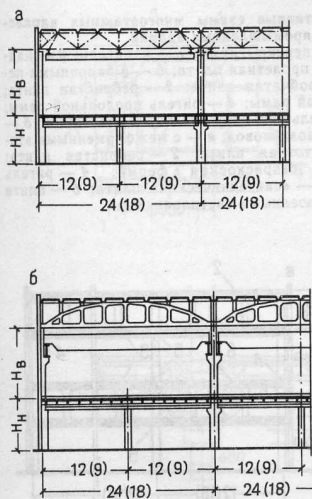
Рис. 26.5. Опираие плит перекрытия на ригели в зданиях с верхним крановым этажом

а — опирание плит перекрытия на ригели прямоугольной формы, б — опирание плит перекрытия на ригели с полками; в — узел сопряжения перекрытия с ригелем: 1 — ригель с полками, 2 — ригель прямоугольной формы; 3 — плита перекрытия связевая; 4 — продольная балка жесткости; 5 — опорный столик; 6 — колонна; 7 — бетон; 8 — сварка закладных стальных деталей ригеля с колонной; 9 — сварка закладных стальных деталей плиты перекрытия с ригелем; 10 — закладные детали; 11 — вставка; 12 — анкер плит перекрытия

перекрытием, в котором надколонные плиты расположены в двух направлениях. Основные его элементы — колонны, капители, надколонные и пролетные плиты. Разрезку перекрытия выполняют так, чтобы предельная масса каждого его элемента не превышала 5 т. Конструктивно перекрытие решают следующим образом. На колонны каркаса крепят капители, имеющие форму усеченной, квадратной в плане пирамиды с отверстием в середине. Капитель с выступающей частью колонны скрепляют сваркой закладных стальных деталей. Капитель служит не только опорой для четырех надколонных плит, но и обоймой стаканного типа для колонны вышележащего этажа. Надколонные плиты, ребристые или пустотелые, жестко скрепляют с капителью путем сварки закладных стальных деталей. Надколонные плиты воспринимают нагрузку от пролетных плит, которые опирают на них по контуру. Пролетные плиты изготовляют чаще всего однослойными толщиной 160—220 мм с ребрами по периметру.

Рис. 26.6. Двухэтажные промышленные здания с крупной сеткой колонн

а — разрез здания с подвесным краном; б — разрез здания с опорным мостовым краном; в — фрагмент конструктивного решения стального каркаса: 1 — стропильная ферма; 2 — подстропильная ферма; 3 — главная балка; 4 — второстепенная балка



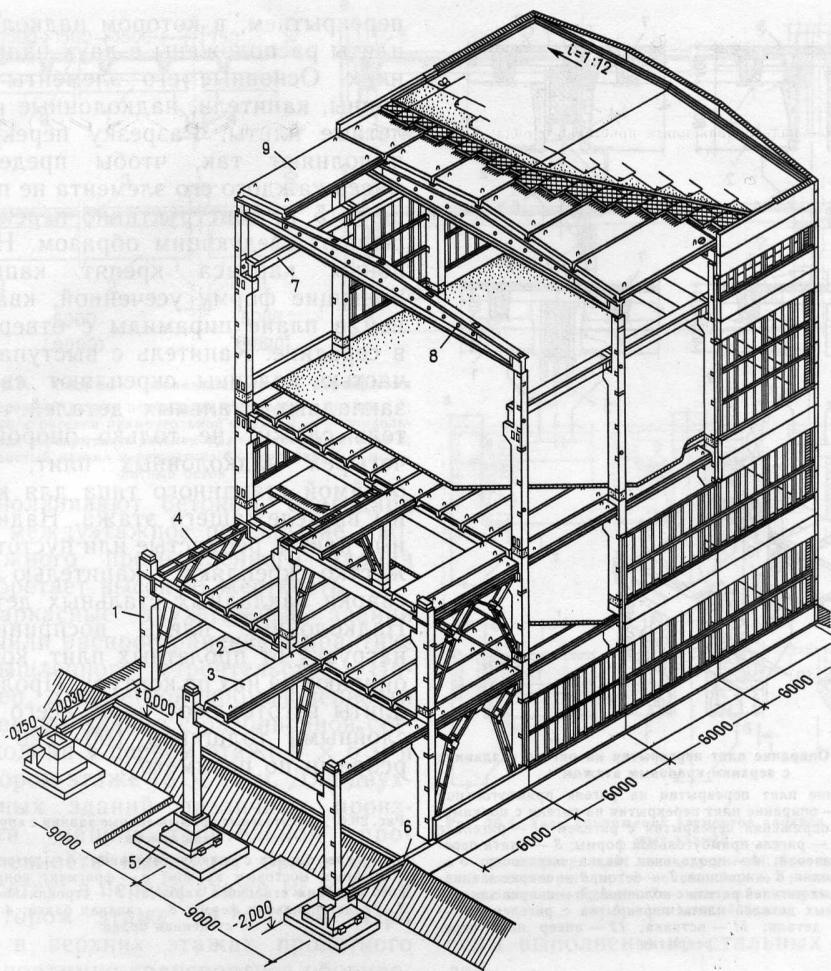


Рис. 26.7. Полный сборный железобетонный каркас многоэтажного промышленного здания с перекрытиями балочного типа

1 — колонна; 2 — ригель; 3 — плита перекрытия; 4 — вертикальные стальные связи; 5 — фундамент под колонну; 6 — фундаментная балка; 7 — подкрановая балка; 8 — несущая конструкция покрытия; 9 — плита покрытия

Рис. 26.8. Конструктивные схемы многоэтажных каркасных промышленных зданий

а — с безбалочными перекрытиями: 1 — капитель; 2 — надколонная плита; 3 — пролетная плита; 6 — с балочными перекрытиями: 1 — коробчатая плита; 2 — ребристая плита; 3 — ригель поперечной рамы; 4 — ригель продольной рамы; 5 — встроенные светильники искусственного освещения; 6 — коробчатая плита — воздуховод; в — с межферменными этажами: 1 — многопустотная плита; 2 — ребристая плита; 3 — железобетонная безраскосная ферма; 4 — ригель продольной рамы; 5 — «сантехническая» рама; 6 — плита со встроенными светильниками

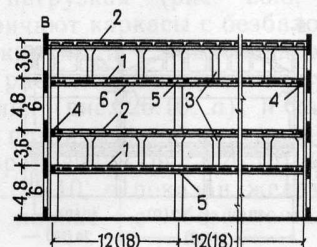
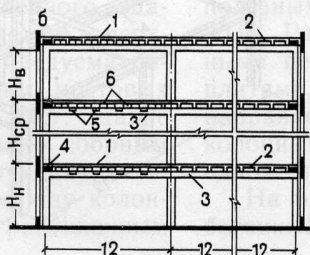
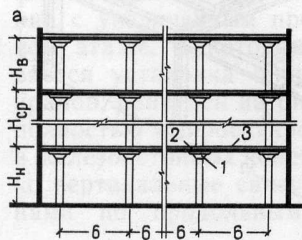


Рис. 26.9. Полный сборный железобетонный каркас многоэтажного промышленного здания с перекрытиями безбалочного типа

1 — колонна первого этажа; 2 — колонна типового этажа; 3 — фундамент; 4 — фундаментная балка; 5 — капитель; 6 — капитель колонны пристенного ряда; 7 — надколонная плита; 8 — надколонная плита пристенного ряда; 9 — пролетная плита

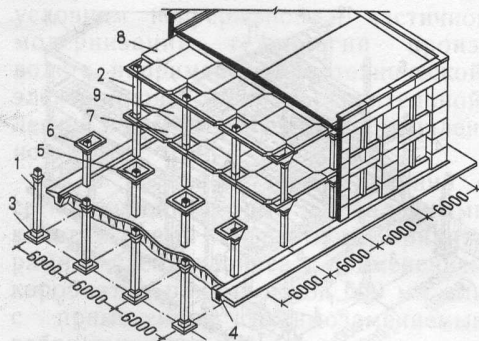
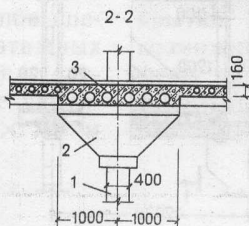
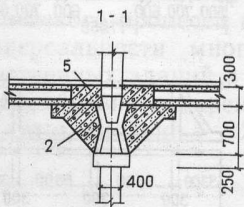
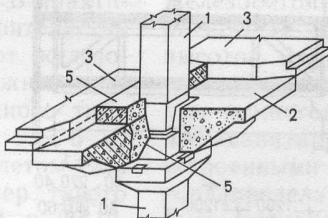
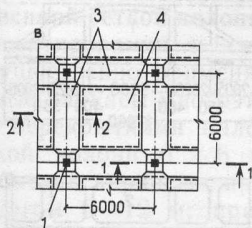
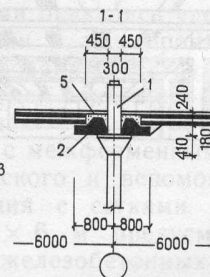
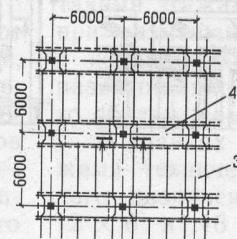
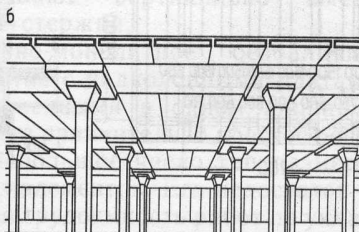
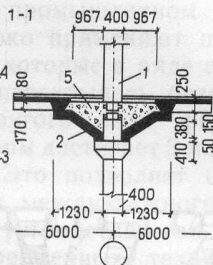
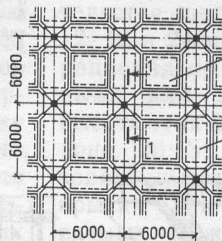
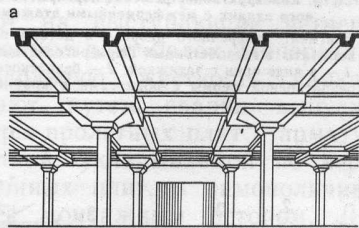


Рис. 26.10. Конструкции безбалочных междуэтажных перекрытий

а — с надколонными плитами, расположенными в двух направлениях; б — с надколонными плитами, расположенными в одном направлении, в — деталь устройства капители; 1 — колонна; 2 — капитель; 3 — надколонная плита; 4 — пролетная плита; 5 — монтажный бетон



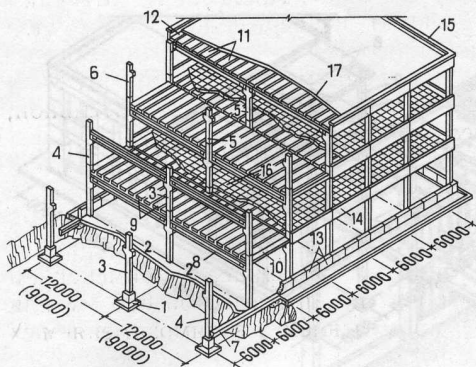
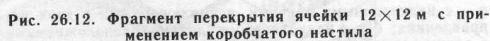
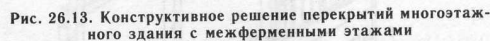


Рис. 26.11. Железобетонный каркас многоэтажного промышленного здания с пролетами 12 м

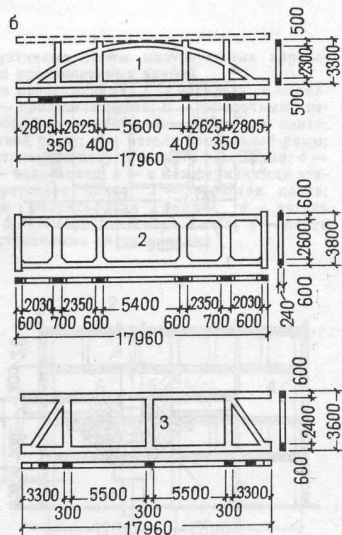
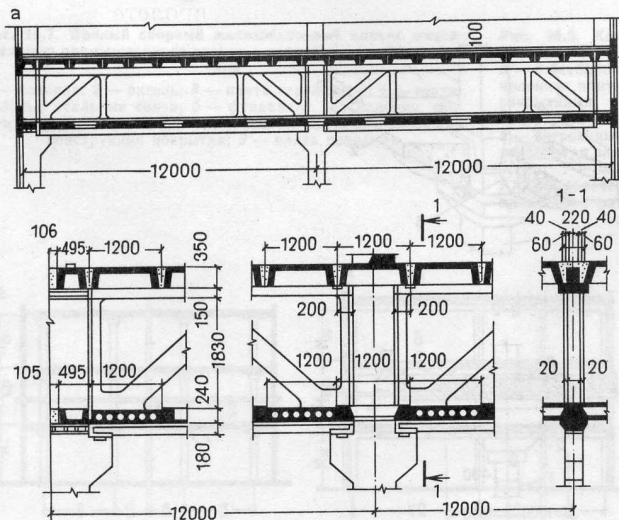
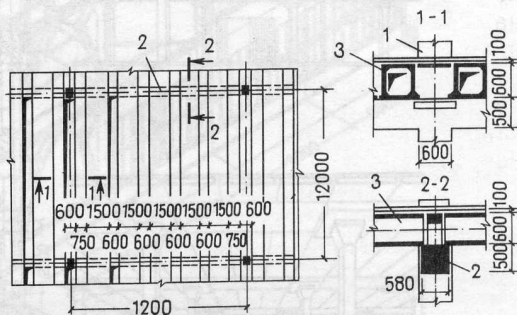
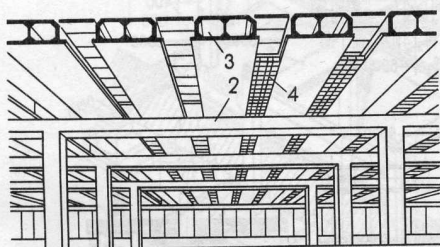
1 — фундаментный блок; 2 — пол первого этажа; 3 — средняя колонна типового этажа; 4 — крайняя колонна типового этажа; 5 — средняя колонна верхнего этажа; 6 — крайняя колонна верхнего этажа; 7 — фундаментная балка; 8 — ригель перекрытия; 9 — плита перекрытия; 10 — доборная плита перекрытия; 11 — плиты покрытия; 12 — доборная плита покрытия; 13 — цокольные блоки; 14 — стеновая панель; 15 — парапетная плита; 16 — пол типового этажа, 17 — кровля



1 — колонна; 2 — ригель с отверстиями; 3 — коробчатый настил, 4 — светильники искусственного освещения



а — фрагмент поперечного разреза и детали перекрытия;
б — варианты железобетонных ферм-ригелей для перекрытий:
1 — в виде арки с затяжкой; 2 — безраскосной фермы;
3 — безраскосной фермы с подкосами в крайних панелях



Для обеспечения жесткости перекрытия после установки колонн вышележащего этажа надколонную зону армируют и бетонируют монтажным бетоном. Так как надколонные плиты работают как балки, название перекрытия безбалочным условно и объясняется тем, что в его форме и внешнем виде балочная структура мало заметна.

Каркас со сборно-монолитным безбалочным перекрытием при расположении надколонных плит в одном направлении состоит из колонн, плоских капителей, надколонных и пролетных плит. Пролетные плиты опирают на выступающие четверти надколонных плит-балок. Поперечную и продольную жесткость каркаса достигают путем сварки выпусков арматуры пролетных плит с арматурной сеткой, укладываемой по верху надколонных плит, и замоноличиванием ее монтажным бетоном. Для лучшего сцепления монтажного бетона с надколонными плитами в них закладывают вертикально выступающие стержни.

Сборно-монолитное безбалочное перекрытие с надколонными плитами, расположенными в одном направлении, имеет сравнительно простое решение и небольшое число типоразмеров сборных элементов. Его недостаток — большая трудоемкость работ по укладке значительного объема монолитного бетона.

Каркасы многоэтажных зданий с укрупненной сеткой колонн. В практике проектирования и строительства преимущественно применяют железобетонные каркасы многоэтажных зданий с перекрытиями балочного типа с сеткой колонн 6×6 и 9×6 м. Разработаны каркасы с пролетом 12 м и с шагом 6—12 м; пример такого решения дан на рис. 26.11 и 26.12.

Для более свободной организации технологического процесса и повышения универсальности многоэтажных производственных зданий в ряде случаев целесообразно внедрение укрупненных сеток колонн — 12×12 м

(см. рис. 26.8). Такие здания отвечают условиям непрерывной и частичной модернизации технологии производств, например в радиотехнической, электронной, приборостроительной, легкой и других отраслях промышленности.

Для производственных зданий с сеткой колонн 12×12 м и балочными конструкциями перекрытий принята рамная схема каркаса с применением коробчатых плит высотой 600 мм или с применением взаимозаменяемых ребристых плит той же высоты.

Каркасы многоэтажных промышленных зданий с межферменными этажами. В промышленном строительстве широко применяют пролеты 12, 18 и 24 м, которые в ряде случаев рационально перекрывать безраскосными или другого вида фермами; высота этих ферм достигает 3 м и более (рис. 26.13). Это позволяет использовать высоту междуэтажного перекрытия для устройства так называемых межферменных технических этажей (см. рис. 26.8, в). Здания с такими этажами оказались удобными при размещении в них производств с кондиционированием воздуха и с развитой системой санитарно-бытового обслуживания.

В зданиях с межферменными этажами технического и вспомогательного назначения с сетками колонн 12×6 и 18×6 м предусмотрено применение железобетонных безраскосных ферм при пролете 12 м и железобетонных или стальных безраскосных ферм пролетом 18 м с высотой 3,6 м. По верхним поясам укладывают ребристые, а по нижним — многопустотные или специальные «санитарно-технические» плиты со встроенными светильниками и воздухораспределительными вентиляционными каналами. Пример конструктивного решения межферменного перекрытия пролетом 12 м, а также возможные варианты железобетонных ферм пролетом 18 м для устройства такого типа перекрытий приведены на рис. 26.13, а, б.