

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Общие сведения	5
Раздел 1. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ И МЕТОДЫ ВОЗВЕДЕНИЯ СТЕН И ПЕРЕКРЫТИЙ АЭС	7
Раздел 2. СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СТЕН И ПЕРЕКРЫТИЙ	15
2.1. Сборно-монолитное решение с ребристыми плитами	15
2.2. Сборно-монолитное решение с плоскими плитами	23
2.3. Проектирование стен и перекрытий в сборно-монолитных конструкциях	29
2.3.1. Общие указания	29
2.3.2. Задание на проектирование	30
Раздел 3. КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ ПЛИТ (ПАНЕЛЕЙ) ИЗ ФИБРОБЕТОНА.....	31
3.1. Конструктивные решения.....	31
3.2. Пример конструкции армоопалубочного блока, фрагмент стены из таких блоков, этапы сборки и монтажа.....	41
3.3. Проектирование стен и перекрытий зданий АЭС в конструкциях с фибробетонными панелями	46
3.3.1. Общие указания	46
3.3.2. Задание на проектирование.....	47
Заключение.....	48
Библиографический список.....	49
Приложения.....	50

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое учебно-методическое пособие предназначено для обучающихся по дисциплинам: «Строительные конструкции ТЭС и АЭС», «Здания и сооружения объектов тепловой и атомной энергетики», «Строительный инжиниринг объектов тепловой и атомной энергетики» и может быть использовано при выполнении курсового проекта по указанным дисциплинам, а также выпускной квалификационной работы (ВКР).

Авторы выражают благодарность АО «Атомэнергопроект» и АО «Институт "Оргэнергострой"» за предоставленные материалы для подготовки данного учебно-методического пособия.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В состав атомной электростанции (АЭС) входят несколько десятков зданий и сооружений, многие из которых непосредственно связаны с процессом производства энергии путем расщепления атомного ядра, что сопровождается образованием радионуклидов (радиоактивных атомов), появлением ионизирующего излучения. К таким зданиям, в первую очередь, относятся здание расположения реакторной установки и систем, обеспечивающих ее ядерную и радиационную безопасность, а также ряд других, например здания систем спецводоочисток, переработки и хранения радиоактивных отходов, здания хранения свежего и отработанного топлива.

Реакторная установка и большинство систем, расположенных в указанных зданиях, по влиянию на безопасность относятся к классу 1. Их отказы являются исходными событиями, приводящими при проектном функционировании систем безопасности к повреждению тепловыделяющих элементов с превышением установленных для проектных аварий пределов.

Здания, сооружения и конструкции, в которых размещаются системы класса 1, относятся к категории 1. Разрушение или повреждение таких объектов путем силового воздействия на важные для безопасности системы нормальной эксплуатации может спровоцировать выход радиоактивных продуктов в количествах, приводящих к дозовым нагрузкам для персонала и населения, сверх установленных значений при максимальной проектной аварии, или к отказу в работе систем безопасности, обеспечивающих поддержание активной зоны в подкритическом состоянии, аварийный отвод тепла от реактора, локализацию радиоактивных продуктов.

Конструкции зданий и сооружений категории 1 рассчитываются с учетом особых воздействий (и их сочетаний), среди которых: экстремальные температуры, снеговые и ветровые нагрузки; ураганы, смерчи (торнадо), волны цунами; максимальное расчетное землетрясение; максимальная проектная авария (для здания реакторной установки); падение самолета; воздушная ударная волна.

Основной конструкционный материал указанных объектов — обычный тяжелый железобетон, который во многих из указанных объектов также выполняет функции защиты от излучений (в этом случае конструкции часто называют специальными). Плотность бетона с крупным заполнителем, чаще всего из известняка или гранита, — 2200–2400 кг/м³. Иногда используются гидратные бетоны, содержащие повышенное количество химически связанной воды (эффективно снижают энергию нейтронов высоких энергий), или особо тяжелые (обычно плотностью до 3600–4000 кг/м³) на железорудных заполнителях. Особо тяжелые бетоны обладают повышенными защитными характеристиками от гамма-излучения (основной вид излучения за пределами шахты реактора), что позволяет при необходимости снизить толщину защиты. Однако стоимость специальных бетонов существенно выше, чем обычного. Кроме того, требуется специальная технология приготовления, укладки и уплотнения этих бетонов, поэтому они используются, как правило, ограниченно.

Отличительные особенности железобетонных конструкций, относящиеся также к функциям защиты:

– массивность (толщина стен, перекрытий, как правило, более 400 мм, что определяется, за некоторым исключением, требованиями защиты от излучений);

– относительно высокая насыщенность бетона металлом в виде арматуры, облицовки (в отдельных случаях), проходок, закладных (до 300–400 кг/м³), что определяется особенностями технологического процесса, а также большими нагрузками при особых воздействиях;

– высокие требования к качеству поверхности бетона в помещениях, если по поверхности наносится многослойное полимерное покрытие, предохраняющее бетон от попадания радиоактивных веществ и позволяющее периодически проводить дезактивацию поверхности, в том числе растворами кислот, щелочей;

– высокие требования к качеству бетона в конструкции, плотности, однородности, отсутствию пустот, каверн — причины возможного «прострела» излучений;

– облицовка целого ряда помещений углеродистой сталью с последующим многослойным антикоррозионным покрытием или нержавеющей сталью, что связано с необходимостью обеспечить герметичность — особо надежный барьер на пути газообразных и жидких радиоактивных веществ, которые присутствуют или могут появиться в помещении;

– конструктивные формы, характеризующиеся большим разнообразием;

– стены, перекрытия как прямоугольной, так и сложной конфигурации;

– практически полное отсутствие повторяемости — трудно найти в здании два совершенно идентичных фрагмента.

Все это предопределяет высокие удельные трудозатраты при возведении зданий и сооружений АЭС. Так, объем железобетона только в здании реакторной установки (здание реактора) типового оптимизированного информатизированного проекта с водоводяным энергетическим реактором (ВВЭР-ТОИ) превышает 90 тыс. м³.

Раздел 1. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ И МЕТОДЫ ВОЗВЕДЕНИЯ СТЕН И ПЕРЕКРЫТИЙ АЭС

Проектное решение зданий АЭС, отдельных его конструктивных частей определяется условиями эксплуатации (соответствующими требованиями) и необходимостью обеспечения высокой надежности при возможности реализации с минимальными затратами.

Традиционно специальные конструкции АЭС возводятся в монолитном железобетоне. Их особенности затрудняют и, как правило, делают невозможным использование только сборных железобетонных элементов.

В качестве опалубки применяют съемные щиты и элементы их крепления, системы, обеспечивающие создание прочной и жесткой формы при бетонировании, в которой размещается арматура и куда укладывается бетонная смесь. После набора бетоном необходимой прочности щиты снимаются, смазываются и устанавливаются на следующем участке стены. Поверхность уже забетонированной части готовится к отделке. При высоком качестве бетонных работ после твердения по поверхности наносится противокоррозионное покрытие (химпокрытие). При плохом качестве требуется срубка наплывов бетона, выравнивание, расшивка и затирка швов, а иногда и сплошное оштукатуривание.

Опалубка может быть несъемной, остающейся в конструкции после бетонирования. Наиболее распространена стальная несъемная опалубка, состоящая из стального листа и элементов жесткости (фермы из уголков прокатных профилей, арматуры). Часто такая опалубка объединяется с рабочей арматурой перекрытия, стены. Широкое распространение получила и несъемная опалубка из железобетонных плит. Соответствующая конструкция называется в этом случае сборно-монолитной. АЭС последнего поколения, в том числе возводимая в настоящее время Курская АЭС с реакторами ВВЭР-ТОИ, запроектирована с использованием в качестве несъемной опалубки плит из фибробетона.

Основное преимущество сборно-монолитного решения, а также любого решения с несъемной опалубкой — гарантированное качество поверхности опалубочной плиты, которая изготавливается в заводских условиях. Кроме того, уменьшаются трудозатраты на объекте, т.е. сокращается продолжительность строительства преимущественно за счет переноса части работ в комфортные цеховые условия и организации на площадке непосредственно монтажа, а также за счет отсутствия распалубливания после бетонирования.

К основным недостаткам сборно-монолитного решения (решений с несъемной опалубкой), по сравнению с традиционной технологией, следует отнести: увеличение стоимости, расхода металла, как правило, общих (суммарных) трудозатрат.

Принятие решения об использовании несъемной опалубки ставит перед проектировщиками вопрос об изменении самих конструкций, иногда корректировке объемно-планировочного решения здания, возможном отказе от традиционной схемы со штучным армированием или использования армокаркасов с последующими опалубочными работами, заставляет перейти на изготовление армоопалубочных блоков на приобъектной строительной-монтажной базе с последующим монтажом блоков непосредственно на объекте. Размер, масса таких блоков определяются возможностью их транспортировки и грузо-подъемными характеристиками оснастки и основного монтажного механизма — крана.

Главные вопросы, которые приходится решать при разработке конструктивного решения проекта, использовании несъемной опалубки, следующие:

- выбор материала, конструкции элемента несъемной опалубки;
- способ объединения этих элементов вместе с арматурой в единый монтажный блок, обладающий необходимой транспортно-монтажной жесткостью;
- разработка стыка между соседними блоками в части примыкания палубной части и арматуры.

По длине стены должно быть обеспечено непрерывное армирование — связь горизонтальной арматуры, соседних блоков и вертикальной арматуры блока с арматурой перекрытия.

Как правило, несъемная опалубка — это не просто установка щитов, остающихся в бетоне, а принципиально иная конструкция всей стены или перекрытия.

Проектирование конструкций большинства отечественных АЭС осуществлялось применительно к использованию несъемной опалубки из стального листа и железобетонных, а в последнее время фибробетонных плит.

Если стальной лист необходим в качестве облицовки помещения, то он может быть объединен с арматурным каркасом и в таких условиях выполнять функции несъемной опалубки. Есть решения, когда стальная облицовка приваривается к закладным после бетонирования. Обычно при расчете конструкции на предельные состояния работа листа учитывается наряду с арматурой. Количество арматуры в этом случае уменьшается, снижается вероятность образования пустот в процессе бетонирования.

Процесс возведения какого-либо фрагмента конструкции, например стены, включает следующие основные этапы:

– изготовление (на заводе, в цеху стройбазы или полигоне) армометаллического монтажного блока, например стенового, который включает лицевые металлические опалубочные листы (для стены), элементы жесткости из профильного металла (уголки, швеллеры), арматурные сетки и каркасы, отдельные арматурные стержни; в состав блока включаются проходки; размеры, масса блока зависят от особенностей конструкции, условий транспортировки, возможностей монтажного крана и других факторов (рис. 1.1, рис. 1.2);

– установку блока в проектное положение, соединение с соседними блоками путем установки арматуры в стыки, сварки, в том числе и листов облицовки-опалубки; в наружных торцах крайних блоков — установку сетчатой опалубки;

– приемку смонтированного фрагмента, после чего подачу и укладку бетонной смеси.

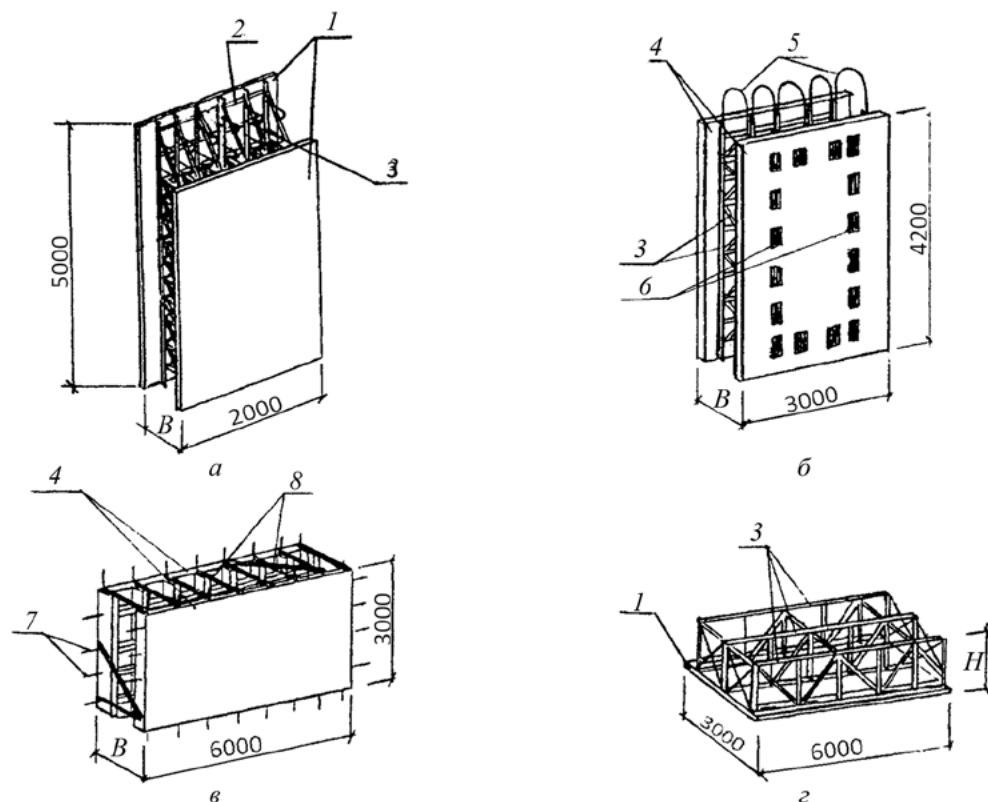


Рис. 1.1. Примеры решений стеновых блоков с облицовкой-опалубкой: *a* — из стального листа; *б* — из плоских железобетонных плит; *в* — из ребристых железобетонных плит с выпусками арматуры; *г* — из блоков перекрытий сборно-монолитных конструкций с облицовкой-опалубкой из стального листа; *1* — стальной лист; *2* — уголок, приваренный к листу; *3* — элемент армометаллического каркаса; *4* — железобетонные плиты; *5* — петлевые выпуски арматуры; *6* — закладные элементы; *7* — выпуски арматуры из плиты; *8* — связи из уголков



Рис. 1.2. Армоопалубочный блок в процессе монтажа (Нововоронежская АЭС-2)

Блок перекрытия включает только одну лицевую поверхность — палубу из стального листа, которая является потолком будущего помещения, а также пространственный каркас из профильного металла и арматуру. Лист приварен к каркасу и вместе с ним воспринимает нагрузки от бетонной смеси (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Монтажный блок перекрытия с установленными проходками и листом несъемной облицовки-опалубки (Калининская АЭС, энергоблок № 4 (АЭС с ВВЭР-1000, унифицированный проект))

В проекте АЭС AP1000 (компания «Вестингауз» (“Westinghouse”, США)) в стенах и перекрытиях внутри оболочки арматуры нет вообще. Монтажные фрагменты массой до 900 т составлены сочетанием элементов стен и перекрытий (рис. 1.4). Стена состоит из двух соединенных между собой стальных листов при толщине каждого 12,7 мм (0,5 дюйма) (рис. 1.5).



Рис. 1.4. Единый монтажный фрагмент несъемной опалубки, состоящий из отдельных элементов стен и перекрытий. Проект АЭС AP1000 («Вестингауз», США)

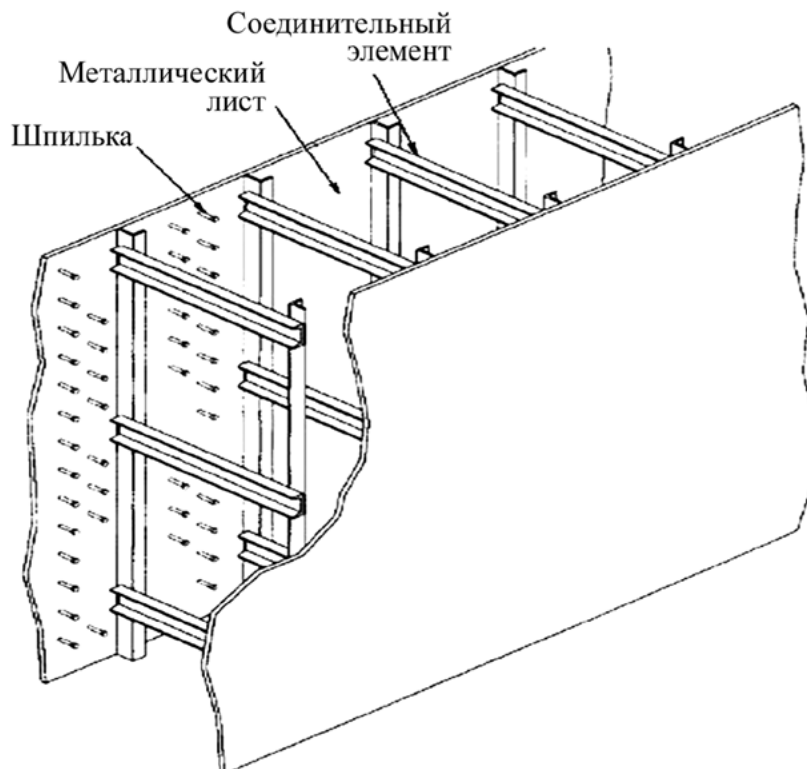


Рис. 1.5. Металлоконструкция стенового блока АЭС с реактором AP1000 («Вестингауз», США)

При использовании в качестве несъемной опалубки железобетонных плит технология возведения стен аналогична:

– изготавливаются (в цехе, на заводе, на полигоне) плиты несъемной опалубки и вспомогательные элементы; размер плит обычно определяется возможностью транспортировки железнодорожным транспортом;

– на площадке сборки (укрупнения) осуществляется объединение двух плит в пространственную стеновую блок-ячейку с помощью тех или иных связующих элементов обычно из металла. В ячейку одновременно устанавливаются проходки, частично арматура будущей стены (см. рис. 1.1, б); в некоторых случаях 2–4 ячейки объединяются в единый укрупненный блок, который транспортируется в зону монтажа, к объекту (иногда укрупнение производится рядом с объектом, в зоне действия монтажного крана (рис. 1.6, а, 1.7);

– блок с помощью крана устанавливается в проектное положение, организуются стыки с ранее смонтированными конструкциями, ставятся предусмотренные проектом арматурные сетки, каркасы, отдельные стержни (см. рис. 1.5 а, б и 1.6);

– после приемки смонтированного фрагмента, состоящего обычно из нескольких блоков, осуществляется его бетонирование (см. рис. 1.6, б).

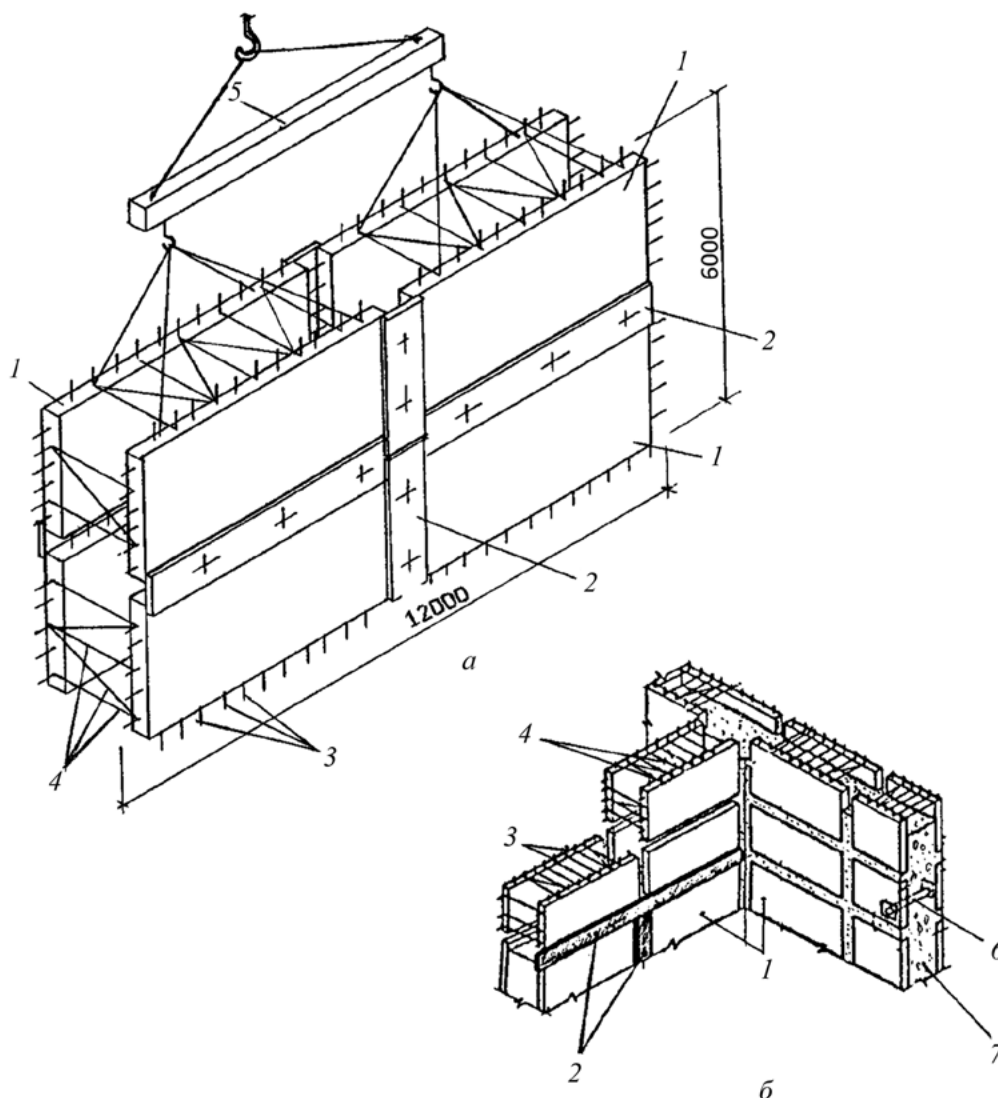


Рис. 1.6. Укрупненный стеновой блок несъемной опалубки: а — на монтаже; б — фрагменты стены с опалубкой; 1 — железобетонная плита несъемной опалубки; 2 — съемная опалубка (нащельник); 3 — выпуски арматуры из плиты; 4 — элементы, связывающие две плиты в стеновой блок (уголки, арматура); 5 — траверса; 6 — проходка; 7 — монолитный бетон



Рис. 1.7. Укрупненный стеновой блок на монтаже с армокаркасами. Пример (Запорожская АЭС)

Роль несъемной опалубки перекрытия играют железобетонные плиты, плоские или ребристые (в зависимости от пролета). Ребристые плиты обращены ребрами вверх, потолочная часть — плоская (рис. 1.8).

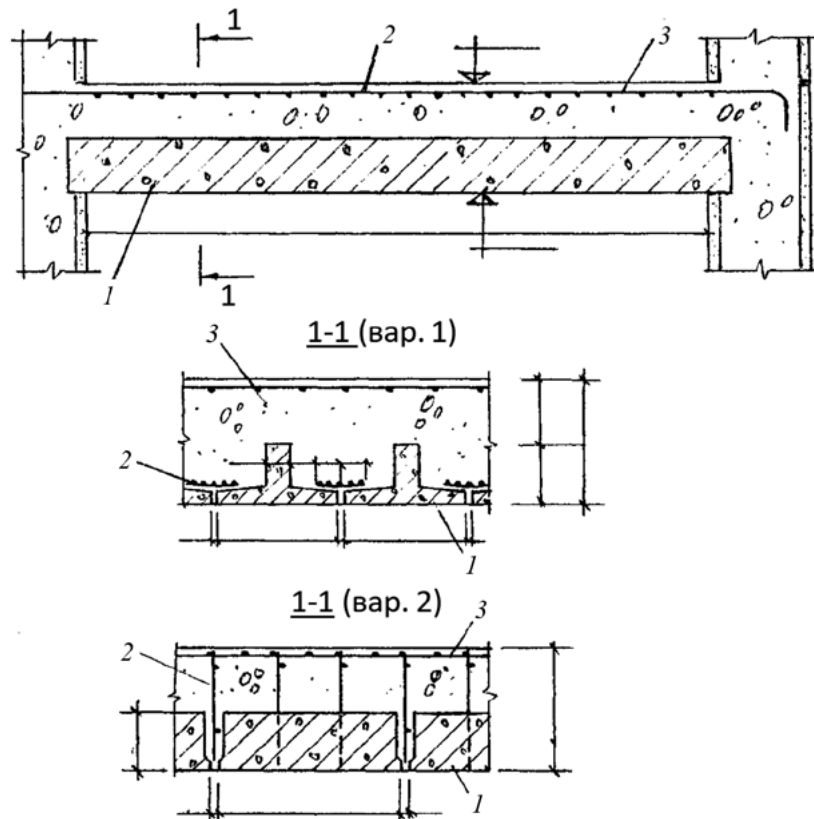


Рис. 1.8. Примеры решений перекрытий в сборно-молитных конструкциях:
 вар. 1 — с использованием ребристых панелей перекрытия; вар. 2 — плоских плит перекрытия;
 1 — железобетонная плита — несъемная опалубка; 2 — арматурные сетки, каркасы;
 3 — монолитный железобетон

Плиты могут иметь выпуски арматуры, которые заходят в стеновое пространство, или же по плитам укладывается арматура, обычно в виде сеток или каркасов, благодаря чему в стыке «перекрытия — стена» образуется жесткий узел. Имеют место и решения с петлевым стыком.

Известно сборно-монолитное решение, при котором сначала собирается арматурный пространственный каркас (арматурная часть проектируемого участка будущей стены или перекрытия) с закладными элементами-проходками. Затем по специальной технологии лицевые поверхности каркаса бетонируются слоем бетона толщиной до 60–80 мм («фермопакет») (рис. 1.9, рис. 1.10). На арматурный каркас перекрытия бетон наносится только с одной стороны. Эти слои в дальнейшем выполняют роль опалубки.

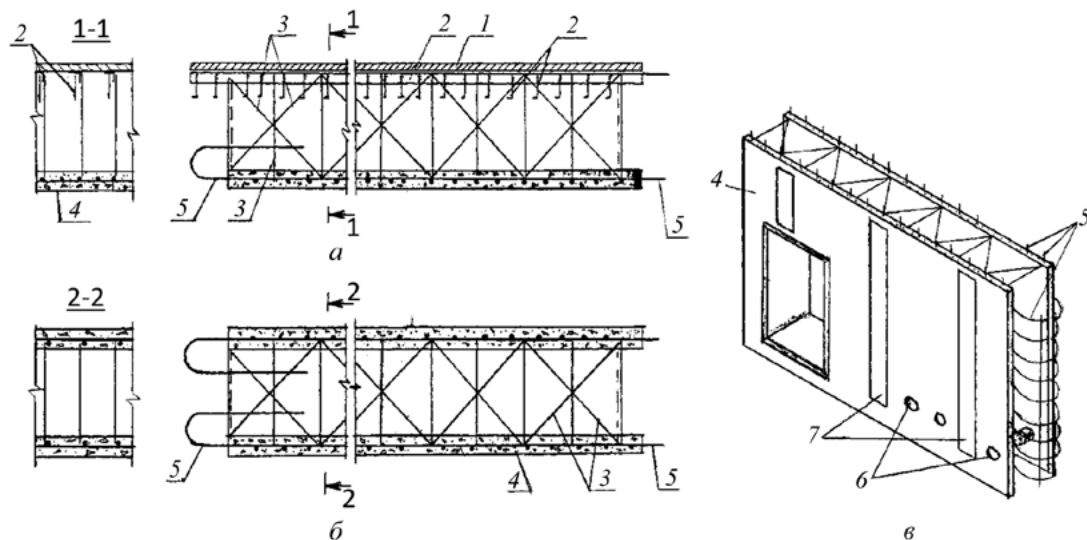


Рис. 1.9. Пример решения стеновых блоков в сборно-монолитных конструкциях, выполненных методом омоноличивания: *a* — одностороннее омоноличивание (вторая лицевая поверхность — стальной лист); *b* — двустороннее омоноличивание; *в* — общий вид стенового блока; 1 — стальной лист (облицовка-опалубка); 2 — уголок и арматура для анкерки листа в бетоне; 3 — пространственный арматурный каркас; 4 — омоноличенная часть стенового блока; 5 — выпуски арматуры (для соединения с соседним блоком); 6 — проходки; 7 — закладные элементы

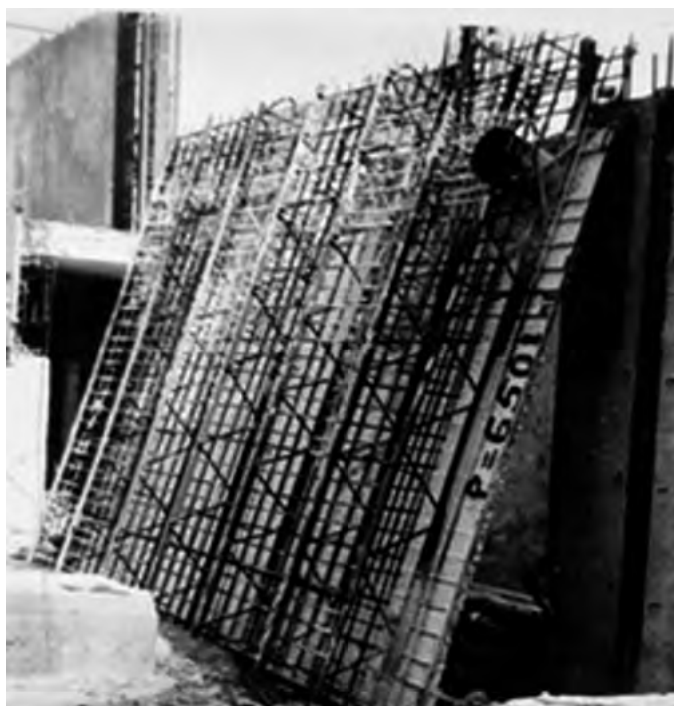


Рис. 1.10. Пример фермопакета (Нововоронежская АЭС, энергоблок ВВЭР-1000. 1975 г.)

Полученный блок устанавливается в проектное положение, организуются стыки с соседними блоками, после чего производится бетонирование фрагмента.

Если одно из смежных помещений облицовывается металлом, а другое нет, то соответствующий стеновой арматурный каркас с одной стороны обетонируется, а с другой — к нему приваривается стальной лист-облицовка (см. рис. 1.9, а).

Указанное решение экономно по расходу материалов, имеет высокую монтажную прочность и жесткость. При расположении предприятия по изготовлению таких блоков вблизи от стройплощадки, когда нет ограничений, связанных с транспортировкой, возможно создание блоков с лицевой поверхностью до 50 м² и более, в идеале — блок на всю стену или покрытие помещения.

При кажущейся принципиальной простоте сборно-монолитного решения его реализация в проекте и далее в строительном-монтажном производстве — задача весьма сложная. Проектировщику приходится разрабатывать конструктивное решение плиты, способ соединения двух плит в прочный и жесткий монтажный блок, объединение соседних блоков в единую строительную конструкцию, которая после бетонирования воспринимает все виды воздействий.

Решение должно быть экономично по расходу материала, технологично в производстве на всех этапах — изготовление, сборка, монтаж.

Трудозатраты последнего этапа должны быть минимальны, так как сокращение продолжительности строительства АЭС, значительная часть которого связана с возведением таких конструкций, приводит к снижению общих затрат. Последнее должно компенсировать повышенную стоимость сборно-монолитного решения по сравнению с монолитным. Снизить стоимость сборно-монолитной конструкции можно путем повышения уровня индустриализации изготовления и сборки монтажных блоков, что, в свою очередь, связано с возможностями создания высокомеханизированного процесса, расчленения цикла на последовательность простейших технологических операций. К уменьшению затрат на этапе изготовления, упрощению организации процесса сборки и монтажа приводит также снижение номенклатуры выпускаемых изделий. Однако, как правило, одновременно увеличивается расход материалов — металла, бетона.

Унификация конструкций (с целью снижения номенклатуры изделий) вызывает необходимость в переработке изначального архитектурно-строительного решения отметки или же здания в целом. Приходится изменять, чаще всего увеличивать, размеры помещений, толщины стен и перекрытий, менять расположение ряда закладных, проходов, а в некоторых случаях и расположение оборудования.

Раздел 2. СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СТЕН И ПЕРЕКРЫТИЙ

В отечественной практике при сооружении АЭС нашли применение два принципиально различных сборно-монолитных решения. Одно на строительстве АЭС с водографитовыми канальными реакторами типа РБМК (реактор большой мощности канальный), другое — на АЭС с водоводяными реакторами ВВЭР (унифицированный проект, серия В320).

Стеновой опалубочный элемент конструкции первого типа — железобетонная ребристая плита, второго типа — плоская плита.

2.1. СБОРНО-МОНОЛИТНОЕ РЕШЕНИЕ С РЕБРИСТЫМИ ПЛИТАМИ

Основной элемент конструкции — ребристая плита, плоская поверхность которой обращена в помещение. Ребра с шагом 600 мм во взаимно перпендикулярных направлениях обращены внутрь стены. Высота ребер 140 и 220 мм, соответственно горизонтальных и вертикальных, толщина плиты между ребрами — 30 мм. В ребрах установлена рабочая арматура будущей стены диаметром до 36–40 мм, которая выступает за торцевые грани ребер на 220 мм. Тонкая часть плиты армируется сеткой с диаметром арматуры 3–4 мм. Максимальный размер плиты (габарит) — 3 × 6 м — принят по условиям транспортировки по железной дороге. Форма для изготовления позволяет делать плиты с размерами, кратными шагу ребер — 600 мм (рис. 2.1).

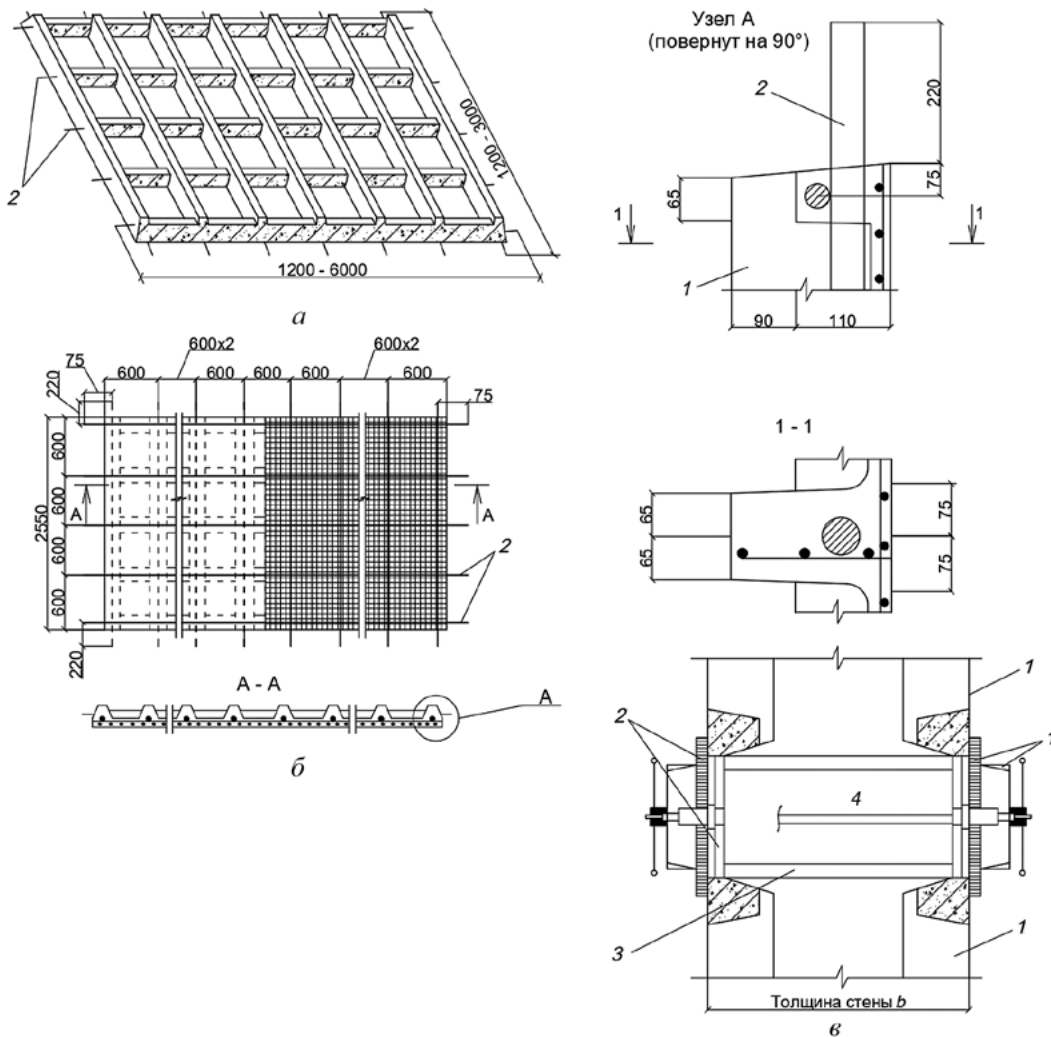


Рис. 2.1. Ребристая железобетонная плита несъемной опалубки с выпусками арматуры: а — общий вид плиты; б — арматурно-опалубочный чертеж плиты; в — узел соединения плит; 1 — плита; 2 — выпуски арматуры; 3 — связи из уголков, объединяющие две плиты в стеновой блок; 4 — элементы съемной опалубки, устанавливаемые в стыках между плитами

Для создания монтажного стенового блока две плиты на специальном стапеле-кондукторе объединяются в пространственный стеновой блок (ребрами внутрь) путем приварки к арматурным выпускам по торцам плит связей из уголков (рис. 2.2, рис. 2.3). Одновременно, при необходимости, пробивается вручную тонкая часть плиты и в проемы устанавливаются проходки и закладные. Далее блок транспортируется в зону монтажа или предварительно укрупняется.

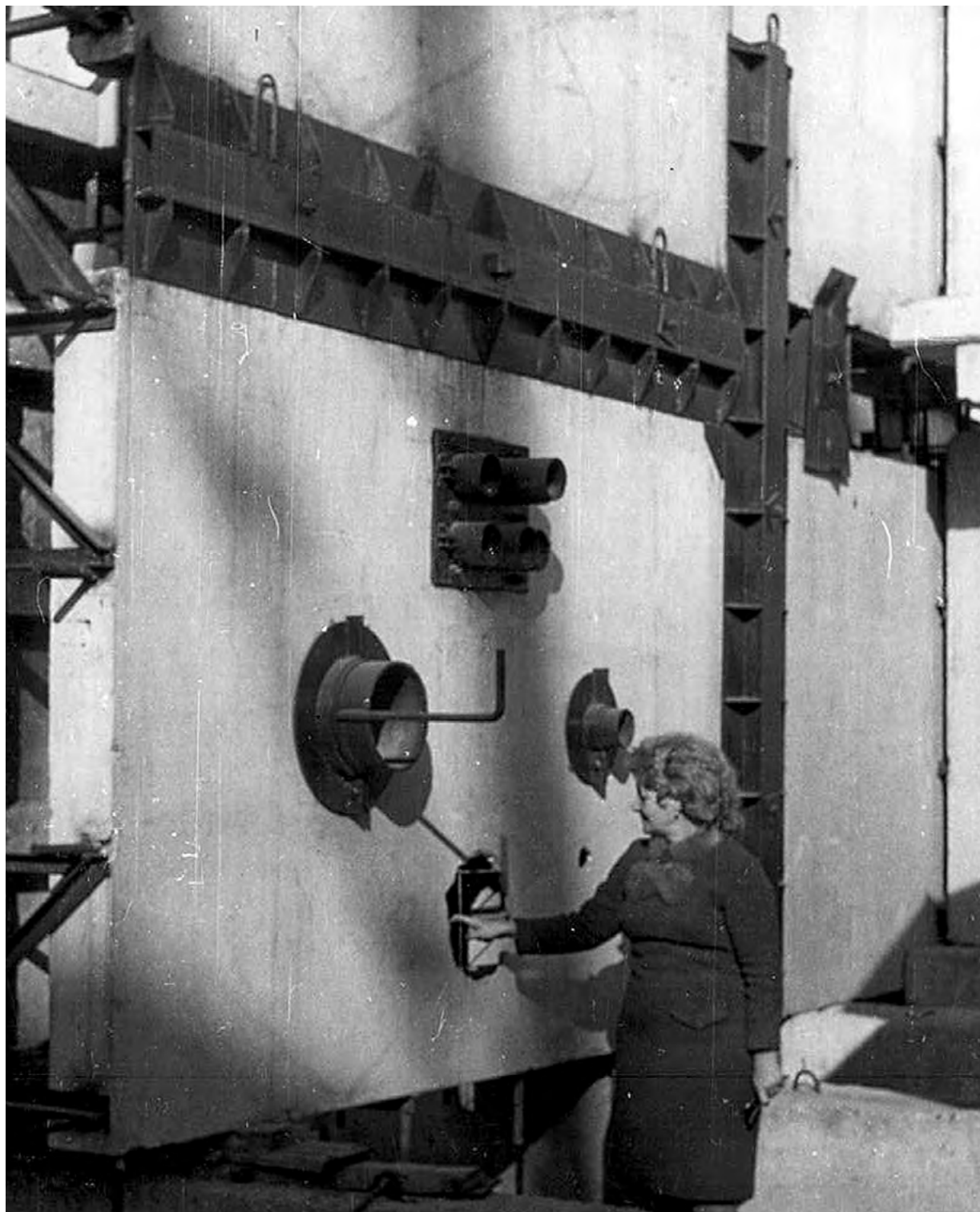


Рис. 2.2. Объединение плит в пространственный стеновой блок (ребрами внутрь) путем приварки к арматурным выпускам по торцам плит связей из уголков (показаны установленные проходки и отверстие под них)

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru