

ВВЕДЕНИЕ

Строительство является одной из основных сфер производственной деятельности человека.

В последние десять лет коренным образом изменился не только подход к вопросам целей и задач строительства, но и к выбору методов технологии и организации строительства. Это в первую очередь связано с активно растущей потребностью российского общества в коренном улучшении качества жилья и общественных зданий, в необходимости научного подхода к использованию всех видов ресурсов, применяемых на стройплощадках.

Открытие в последнее десятилетие новых технологических приемов и механизмов, необходимость учета не только экономических требований, но и социальных, архитектурных, градостроительных и других привело к повышению роли монолитного строительства. В настоящее время возведение монолитного многоэтажного каркаса здания является одним из перспективных направлений в строительстве жилья, административных зданий и других сооружений как в России, так и за рубежом.

Русские ученые с самого начала распространения монолитного железобетона в строительстве уделяли большое внимание технологическим задачам. В начале XX века были сделаны первые попытки механизации бетонных работ. В 20-х годах прошлого столетия создаются мощные строительные организации, специализирующиеся на возведении сооружений из монолитного железобетона. Из монолитного железобетона стали строить жилые и промышленные здания, мосты, гидроэлектростанции, резервуары и другие сооружения. Объем укладываемого ежегодно монолитного железобетона в России стал достигать нескольких миллионов кубометров.

Вместе с тем, необходимость восстановления разрушенного хозяйства в кратчайшие сроки, сезонность монолитного строительства, недостаток кранового оборудования, индустриальной опалубки и механизмов для индустриальной технологии укладки бетона на стройплощадке привели к тому, что применение монолитного бетона при возведении объектов для многих отраслей хозяйства был вытеснен в нашей стране сборным железобетоном. Сборный железобетон позволял вести работы ускоренно круглогодично, с заводским контролем качества, с минимальными затратами на стройплощадке, но он требовал больших материальных и энергетических ресурсов.

За последние годы, наряду с развитием сборного железобетона, все более широкое применение получают методы строительства из монолитного железобетона, имеющие большие потенциальные возможности снижения ресурсоемкости строительства.

Сторонники активного использования монолитного бетона обоснованно говорят об увлечении сборным железобетоном, замедлившем развитие методов строительства из монолитного бетона.

При всем том, наряду с увеличением объемов применения сборного железобетона и его качественной трансформацией, доля возводимых монолитных конструкций неизменно возрастает.

Строительство жилых и общественных зданий из монолитного железобетона открывает широкие перспективы не только для создания архитектурной выразительности объекта и его индивидуальности, но и для повышения качества и долговечности сооружений, требует значительно меньших энергетических затрат (до 30%), расхода металла (до 20%), а в конечном итоге, и меньших финансовых затрат (свыше 15%).

В последние годы в монолитные конструкции ежегодно в мире укладывают свыше полутора миллиардов кубометров бетона. По объему производства и применения монолитный бетон намного опережает другие виды строительных материалов. В развитых странах душевой показатель применения монолитного бетона составляет: США – 0,75 м³, Япония – 1,2 м³, Германия – 0,8 м³, Италия – 1,1 м³ [4].

На приготовление бетона для монолитного строительства расходуется больше половины мирового производства цемента. Очевидно, что по мере внедрения новых строительных технологий, средств механизации и совершенствования конструктивных решений зданий и сооружений область применения монолитного бетона в строительстве будет расширена.

Строительство из монолитного бетона было бы неправильно противопоставлять полносборному, основываясь на тех или иных отдельных достоинствах или недостатках.

Видимо, на смену подчас поверхностным оценкам при необходимости выбора между монолитным и сборным бетоном должны быть взвешенные экономические, социальные, художественные и технические анализы рассматриваемых вариантов строительства.

Учитывая возможности монолитного домостроения и его преимущества, в 1987 году Правительством России была принята программа «Монолит-2000». Однако, при отсутствии рыночной эконо-

мики, выполнение программы осуществлялось с большим отставанием. В настоящее время компьютеризация и информационная открытость, возможность применения современного оборудования, механизмов и материалов, наряду с самостоятельностью и возможностями строительных организаций позволяют, совершенно осознанно, без диктата чиновничьего аппарата, оптимизировать как проектные решения, так и технологическое обеспечение строительства. Именно эти обстоятельства и направляют наши исследования на дальнейшее улучшение технологии и организации строительства из монолитного железобетона.

Для решения задач, стоящих перед строительной отраслью России, по значительному увеличению ВВП, обеспечению граждан страны комфортным жильем, необходим решительный вывод строительного производства на новый этап технического прогресса, одним из важных направлений которого является применение эффективных бетонных и железобетонных конструкций, в том числе и монолитных.

За последние годы строительный комплекс России перешел на рыночные отношения, что дает все основания полагать, что уже в ближайшие годы произойдет заметный количественный и качественный сдвиг в сторону повышения технического уровня строительства из монолитного бетона.

Настоящая книга является попыткой обобщить уже сделанное и рассмотреть с современных позиций направления развития в ближайшем будущем технологии строительства из монолитного бетона, для достижения главной цели: сделать монолитное строительство еще более привлекательным для инвесторов и самое главное – обучить кадры строительного комплекса.

В книге рассматривается широкий диапазон промышленных опалубочных систем, обеспечивающих строительство объектов из монолитного бетона.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На ранней стадии строительства бетонных сооружений опалубке и опалубочным работам не придавали должного значения. Опалубку, как правило, выполняли непосредственно на строительной площадке без предварительного проектирования. С развитием строительных технологий, бетонные конструкции стали менее массивными и состоят из большого числа элементов, в результате чего сильно увеличился расход опалубки на 1 м³ уложенного бетона. Строительная практика «монолитного бетона» показала необходимость в проектировании, в промышленном изготовлении конструкций и выборе материалов опалубок; сравнительного анализа технико-экономических показателей. Опалубка – важный фактор, влияющий на технологию и стоимость строительства. Анализ затрат на возведение железобетонного каркаса здания показывает, что для снижения стоимости строительства необходимо первоочередное внимание уделять опалубкам и опалубочным работам (рис. 1.1) [26].

Опалубка – совокупность элементов и деталей, предназначенных для образования формы монолитных бетонных или железобетонных конструкций и сооружений, возводимых на строительной площадке [14]. Опалубка определяется характером бетонируемых конструкций



Рис. 1.1. Затраты на возведение железобетонного каркаса здания

(сооружений), соотношением их геометрических размеров, принятой технологией производства работ, климатическими условиями.

Опалубка должна обеспечивать заданные размеры и форму возводимой конструкции; быть прочной, жесткой и неизменяемой в рабочем положении и при воздействии всех производственных нагрузок; иметь минимальную адгезию (сцепление) поверхности с бетоном; быть индустриальной и многооборотной, экономичной и технологичной при сборке и разборке, а также не создавать затруднений при установке арматуры и укладке бетонной смеси. Опалубка определяет также качество поверхности бетона, его прочность и другие свойства. Всем этим требованиям в наибольшей мере отвечает унифицированная опалубка заводского изготовления [15].

1.1. Классификация опалубок

Опалубку **подразделяют** по [5, 8, 9, 11]:

- конструктивным признакам;
- функциональному назначению;
- материалам формообразующих элементов;
- классу обеспечения точности геометрических параметров;
- применяемости при различной температуре наружного воздуха и характеру ее воздействия на бетон.

По **конструктивным признакам** опалубку подразделяют на [8, 9]:

- разборно-переставную мелкощитовую;
- разборно-переставную крупнощитовую;
- подъемно-переставную;
- блочную;
- объемно-переставную;
- скользящую;
- горизонтально-перемещаемую (катучую, тоннельную);
- пневматическую;
- несъемную.

Опалубку классифицируют по функциональному назначению в зависимости от типа бетонируемых конструкций. В этих случаях различают опалубку: для получения вертикальных поверхностей (в том числе стен); для горизонтальных и наклонных поверхностей; для образования криволинейных поверхностей (например, пневматическая); для одновременного бетонирования стен и перекрытий, комнат и целых квартир.

По материалам формообразующих элементов опалубку подразделяют на [9]:

- металлическую;
- деревянную;
- фанерную;
- пластмассовую;
- несъемную (пенополистирол, фибролит и т.п.).

По применяемости при различной температуре наружного воздуха и характеру ее воздействия на бетон опалубку подразделяют на [9]:

- не утепленную;
- утепленную;
- греющую (термоактивную).

Опалубку для бетонирования стен изготавливают следующих видов: мелкощитовую и крупнощитовую; подъемно-переставную; блок-формы; блочную; скользящую.

Для бетонирования перекрытий используют разборно-переставную опалубку с поддерживающими элементами; крупнощитовую, в которой опалубочные поверхности и поддерживающие элементы объединены в панель, целиком переставляемую краном.

Для одновременного бетонирования стен и перекрытий или части зданий применяют объемно-переставную опалубку.

Горизонтально перемещаемую, в том числе катучую, опалубку применяют для бетонирования вертикальных, горизонтальных и наклонных поверхностей, а также для одновременного бетонирования стен и перекрытий.

Кроме того, в связи со специфичностью жилищно-гражданского строительства и особенностями монолитных тонкостенных конструкций, которые характеризуются большим модулем поверхности, можно выделить большую группу опалубки. К опалубкам этого назначения предъявляют также дополнительные требования, например, повышенную жесткость, обеспечивающую точность геометрических размеров и хорошие эстетические качества поверхностей стен и потолков.

Мелкощитовая опалубка состоит обычно из набора элементов небольшого размера массой до 50 кг, что позволяет устанавливать и разбирать их вручную. Частями опалубки являются щиты площадью до 1 м², несущие элементы (схватки, элементы жесткости), поддерживающие элементы опалубки горизонтальных и наклонных поверхностей, элементы крепления и соединения. Из элементов мелкощито-

вой опалубки можно собирать крупные панели и блоки, монтируемые и демонтируемые краном без разборки на элементы.

Опалубку универсального назначения применяют для возведения монолитных различных конструкций с переменными, небольшими или повторяющимися размерами.

Крупнощитовая опалубка состоит из крупноразмерных щитов, элементов соединения и крепления. Щиты опалубки воспринимают технологические нагрузки без установки дополнительных несущих или поддерживающих элементов. Такие щиты включают палубу, элементы жесткости и несущие элементы; их оборудуют подмостями для бетонирования, подкосами для установки и устойчивости, регулировочными и установочными домкратами. Крупнощитовую опалубку применяют для бетонирования протяженных стен, тоннелей, перекрытий (например, в каркасных сооружениях, откуда можно извлекать опалубку после бетонирования).

Подъемно-переставная опалубка монтируется из щитов, специальных креплений и приспособлений для подъема. Опалубку применяют для возведения железобетонных сооружений с переменной толщиной стен типа дымовых труб, градирен и др.

Горизонтально перемещаемая (катучая) опалубка состоит из каркаса (рамы) и закрепленных на нем, большей частью неподвижно, опалубочных щитов. Каркас устанавливается на тележках или других приспособлениях и перемещается вдоль возводимой конструкции. Применяется для бетонирования протяженных конструкций прямо- или криволинейного, в том числе замкнутого очертания, типа подпорных стен, тоннелей, коллекторов, водоводов, возводимых открытым способом.

Блок-формы представляют собой пространственные замкнутые блоки, неразъемные и жесткие (выполненные на конус) или разъемные и раздвижные. Применяют их для бетонирования замкнутых конструкций относительно небольшого объема типа ростверков, ступенчатых фундаментов и др.

Объемно-переставная опалубка состоит из секций П-образной формы, которые при соединении по длине образуют тоннели. Система тоннелей, установленных параллельно, перпендикулярно друг другу и т.д., в соответствии с планом конструкций образует опалубку для бетонирования стен и перекрытий. При распалубке секции сдвигают (сжимают) внутрь и выкатывают к проему для извлечения краном. Применяют для бетонирования, главным образом, поперечных несущих стен и монолитных перекрытий жилых и гражданских зданий.

Блочная опалубка монтируется из блоков замкнутого сечения; при распалубке их сдвигают внутрь и переставляют краном или с помощью домкратов. Применяют ее для бетонирования замкнутых конструкций или ячеек типа лифтовых шахт, лестничных клеток и др.

Скользящая опалубка состоит из щитов, закрепленных на домкратных рамах, рабочего пола, домкратов, приводных станций и других элементов. Всю систему периодически поднимают домкратами по мере бетонирования. Применяют ее для бетонирования вертикальных элементов железобетонных зданий и сооружений относительно большой высоты.

Пневматическая опалубка имеет вид гибкой воздухопроницаемой оболочки, раскроенной в соответствии с типом сооружения. Устанавливают ее в рабочее положение и заполняют бетоном после создания внутри избыточного давления воздуха или газа и поднимают в рабочее положение после бетонирования. Применяют также пневматические баллоны, поддерживающие несущие элементы опалубки. Такую опалубку используют для бетонирования сооружений относительно небольшого объема криволинейных очертаний.

Термоактивная опалубка – любая система опалубки с установленными на ней нагревательными элементами для прогрева бетона.

Несъемная опалубка. Элементы ее остаются после бетонирования в конструкции и выполняют в ряде случаев функции гидроизоляции, облицовки, утеплителя. Для изготовления используют различные материалы: тканую сетку, металл, пластмассу, армированный бетон, железобетон, пенополистирол, фибролит, ЦСП и т.п.

Специальная опалубка служит для бетонирования малоповторяемых нетиповых или сложных конструкций небольшого объема со специальной поверхностью и рельефом, например, лестничных маршей, карнизов, малых архитектурных форм, отделки интерьеров.

Тоннельная опалубка, применяемая для бетонирования монолитной обделки тоннелей, возводимых закрытым способом, включает в себя формирующие и поддерживающие секции. Перемещается она с помощью механизмов с механическим или гидравлическим приводом. Бетонная смесь подается на формирующую секцию и уплотняется прессованием с помощью механизма прессования. Перемещается опалубка, упираясь в затвердевший бетон. Поддерживающие секции, для уменьшения разрушения не затвердевшего бетона, выполняют податливыми и соединяют их с жесткой формирующей секцией.

Тип опалубки выбирают с учетом вида бетонируемых конструкций, а также способа выполнения работ. Для выбора необходим всесторонний экономический анализ с учетом сроков строительства, темпа оборачиваемости опалубки, повторяемости конструкций, наличия механизмов.

1.2. Требования к опалубкам

Опалубка должна изготавливаться в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на опалубку конкретных типов [8, 9].

При возведении монолитных конструкций жилых и гражданских зданий требуется повышенное качество поверхности, и поэтому к опалубке предъявляют дополнительные требования.

От деформативности опалубки зависят прочность и качество выполнения монолитных конструкций, а также трудоемкость опалубочных и отделочных работ, долговечность и стоимость опалубки. Кроме искривлений поверхности, нарушения геометрических размеров и других отклонений при недостаточно жесткой опалубке образуются раковины на поверхности и воздушные пузырьки при уплотнении бетона [11].

Важным требованием к опалубке является равномерность деформации элементов одного функционального назначения (например, крупноразмерных щитов стен или перекрытий). При термообработке бетона в термоактивной опалубке нужно учитывать дополнительные нагрузки и деформации опалубки при прогреве.

При возведении монолитных конструкций для уплотнения бетона, вертикальных конструкций, как правило, применяют внутренние вибраторы. Использование наружных вибраторов позволяет снизить трудовые затраты на бетонных работах. Однако опалубка значительно утяжеляется и, кроме того, ухудшается качество поверхностей бетона вследствие засасывания воздуха при вибрировании.

Все соединения опалубки рекомендуется выполнять быстроразъемными; они должны быть достаточно плотными и непроницаемыми. Сварные швы, а также острые углы и кромки опалубки должны быть обработаны.

Класс точности смонтированной опалубки должен быть на 1 класс выше класса точности бетонируемых конструкций, а класс точности изготовления элементов опалубки должен назначаться на 12

1 класс выше класса точности монтажа. Класс точности бетонированных конструкций назначают в проекте в соответствии с ГОСТ 21779-82 [5].

Для возведения монолитных конструкций с поверхностями, готовыми под окраску или оклейку обоями, следует применять опалубку, обеспечивающую получение бетонных поверхностей по СНиП 3.04.01-87 [20].

Более высокие допуски назначают для термоактивной опалубки, так как кроме дополнительных деформаций формы следует учитывать изменение размеров при охлаждении и нагревании. Большинство конструкций опалубки изготовляют по 7-му классу точности. Универсальные системы опалубки, рассчитанные на длительный срок службы, высокий темп оборачиваемости и применение в разных условиях, должны выполняться по более высокому классу точности. Следует иметь в виду, однако, что необоснованное завышение точности изготовления значительно увеличивает стоимость опалубки.

Значительное влияние на качество поверхности оказывает поверхность опалубки, соприкасающаяся с бетоном. Хорошие поверхности получаются при нанесении слоя смазки на металлическую опалубку. Опалубка из специально подобранной древесины позволяет в ряде случаев получить красивую текстуру. Хорошие результаты дают специальные поглощающие облицовки. При увеличении степени поглощения материала уменьшается количество раковин и пустот на поверхности бетона. Различная степень поглощения облицовки приводит к появлению ясно видимых темных и более светлых пятен на поверхности бетона. Кроме того, повторное применение опалубки также изменяет степень поглощения и цвет бетонной поверхности. Изменяют цвет также состав бетона, технология укладки и способ уплотнения.

Красивую поверхность бетона можно получить при использовании твердых древесноволокнистых плит и фанеры, покрытых смазкой. Поверхность в этом случае несколько лучше, чем при металлической поверхности опалубки. Опалубка с полностью непроницаемой поверхностью часто служит причиной появления пустот и раковин. Для снижения их нужно больше расходовать эмульсионной смазки. По этим соображениям желательно применять смазки и для поверхностей, имеющих небольшую адгезию к бетону (пластиковые опалубки, фанера с синтетическим покрытием).

1.3. Основные элементы опалубки

Опалубка для монолитного бетона состоит из двух основных элементов – палубы (обшивки опалубки) и поддерживающих конструкций.

1.3.1. Палуба

Палуба непосредственно соприкасается с бетоном, придавая ему заданные размеры и форму, а также фактуру поверхности. Кроме того, палуба должна передавать возникающие при бетонировании усилия без значительных деформаций поддерживающей конструкции. Для выполнения этих функций палуба должна соответствовать следующим требованиям: изготавливаться из совместимых с бетонной смесью материалов (чтобы, с одной стороны, он не мешал протеканию химических реакций при твердении, а с другой, – не подвергался разрушающему воздействию свежееуложенного или затвердевшего бетона); быть герметичной, чтобы в нее не проникали компоненты бетонной смеси (особенно цементное молоко и мелкие фракции), ухудшая в результате качество бетона и его поверхности; обладать способностью придавать требуемую форму и выдерживать заданные размеры; сохранять форму под нагрузкой; иметь незначительное сцепление с бетоном для облегчения распалубки и очистки и уменьшения износа материала; быть экономичной – иметь низкую стоимость и трудоемкость работ. Оптимальной «универсальной опалубки» для всех видов опалубочных работ нет, поэтому на практике для разных видов работ применяют различные типы опалубок. Различают следующие опалубки: по основному материалу – опалубки из древесины, древесных материалов, металлические, пластиковые; по свойствам поверхности – для конструктивного бетона, для отделки поверхности, специальные опалубки, водоотталкивающие; по числу оборотов – разового пользования (несъемные), многократного и с большим числом оборотов [32].

1.3.1.1. Доски для опалубки

Доски обычно заготавливают из древесины хвойных пород (сосны, ели, лиственницы). Непригодна для изготовления палубы древесина березы из-за растрескивания, а также древесина дуба, так как ее высокая кислотность препятствует твердению бетона и вызывает отсла-

ивание его поверхности. Древесина является пористым неомогенным и анизотропным материалом, поглощающим или отдающим влагу в зависимости от условий окружающей среды. При влажности выше или ниже точки насыщения волокон (25...30%) объем древесины изменяется. В результате изменений объема (разбухание или усушка) происходят характерные для древесины деформации, которые необходимо учитывать при установке опалубки.

По характеру поверхности различают пиленые доски с шероховатой поверхностью, строганные с одной или двух сторон и профилированные.

Пилёные доски из-за шероховатой поверхности имеют высокое сцепление с бетоном и поэтому требуют тщательной обработки разделительным средством (смазки опалубки) перед бетонированием. Оборачиваемость составляет 3...5 раз.

Строганные доски имеют меньшее сцепление с бетоном. Применяя строганные доски, получают сравнительно гладкую поверхность.

Обычно доски опалубки имеют прямоугольное поперечное сечение. Так как стык досок должен быть плотным, то допускается применение досок только параллельной распиловки с непрерывными кромками (обрезные доски). Для получения более плотного стыка необходимо применять шпунтовые доски. Доски должны иметь ширину не более 150 мм. Толщину досок назначают не менее 19 мм.

Дошчатые опалубки пригодны для всех видов работ. В связи с возможностью изменения форм и размеров в широком диапазоне они особенно хороши для опалубки ассиметричных, криволинейных и сводчатых поверхностей, а также доборных и немодульных поверхностей в комбинации с крупноразмерными элементами опалубки. Доски, особенно с шероховатой поверхностью, образуют водопоглощающую опалубку, что способствует удалению воздуха из бетонной смеси при ее уплотнении. В результате уменьшается число пузырьков на поверхности бетона. Недостатком таких опалубок является то, что они отнимают у свежееуложенного бетона воду затвердения и это может вызвать отслаивание на поверхности бетона или обрушение кромок. Поэтому перед бетонированием деревянную опалубку надо тщательно увлажнять, а в жаркую погоду поддерживать во влажном состоянии ее наружную сторону.

Преимуществом деревянной опалубки является сравнительно низкая теплопроводность, благодаря чему в холодное время года она лучше защищает бетон от охлаждения, чем металлическая опалубка.

Доски легко распиливаются, скрепляются и сверлятся, имеют небольшую массу. К недостаткам относятся низкая оборачиваемость и высокие трудозатраты при переработке.

1.3.1.2. Деревянные щиты опалубки

Щиты представляют собой плоские прямоугольные элементы, изготавливаемые промышленным способом из древесных материалов.

Щиты различаются по конструкции. Щиты из цельной древесины состоят из отдельных досок, склеенных по длинной стороне. Оборачиваемость 20...30 раз. Многослойные щиты трехслойные (состоящие из трех склеенных крест-накрест досок) и многослойные (состоящие из фанеры более чем трех слоев, так же склеенных крест-накрест) (рис. 1.2).

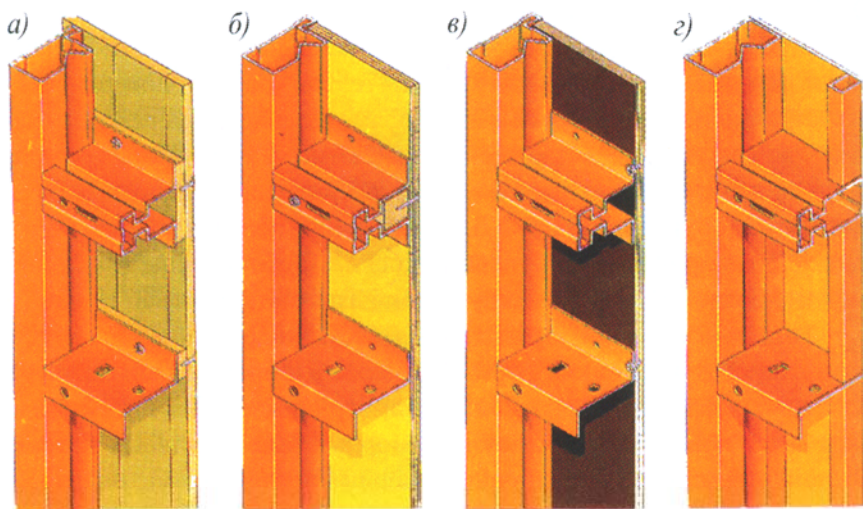


Рис. 1.2. Щиты опалубки: а - щит из цельной древесины; б - щит из фанеры толщиной 22 мм; в - щит из фанеры толщиной 21 мм; г - щит из фанеры толщиной 10 мм

Такие щиты при соответствующей обработке долговечнее и лучше сохраняют форму, чем щиты из цельной древесины. Для защиты кромок от механических повреждений щиты из цельной древесины, а часто и многослойные щиты окантовываются металлическими профилями. Профили прочно в заподлицо соединяются с плитами, не препятствуя их разбуханию и усушке. Профили защищены от коррозии. Часто в них делают отверстия для облегчения крепления щитов

гвоздями. Дополнительно можно защитить щиты металлическими уголками. Щиты опалубки поставляются со строгаными поверхностями. В некоторых случаях поверхность щитов пропитывается на заводе-изготовителе, т.е. выпускается с защитным слоем.

Щиты имеют такие размеры и массу, что их можно свободно устанавливать вручную, в то же время за счет большей площади по сравнению с досками уменьшается число креплений. Так как щиты служат дольше, более высокая закупочная стоимость с избытком компенсируется большим числом оборотов. Щитами можно опалубивать только плоские поверхности. Криволинейные поверхности при достаточно большом радиусе кривизны можно выполнять с их применением лишь в виде многоугольника. Целесообразно их применять вместе с поддерживающими элементами опалубки для устройства плит: перекрытий. Щиты можно применять и для опалубки стен, выбирая при этом такой тип тяжей и способ их установки, чтобы избежать большого числа отверстий при пропуске стяжек через стенки плит не должны образовываться слишком широкие швы и, как результат, выступы на поверхности бетона. Для устройства лицевых поверхностей щиты непригодны, так как на поверхности бетона отпечатываются защитные профили, придавая ей неэстетичный вид. Их часто применяют для укладки конструктивного бетона.

1.3.1.3. Крупноразмерные щиты опалубки из клееной древесины

Клееная древесина – понятие, охватывающее различные типы многослойных плит, из которых для опалубки применяют щиты из фанеры и столярные плиты. Их изготавливают промышленным способом и по своей конструкции, упруго-механическим свойствам, а также характеру поверхности они должны соответствовать требованиям, предъявляемым к бетонным конструкциям.

Фанера, является основным элементом крупноразмерного щита опалубки из клееной древесины. Она представляет собой тонкие листы древесины толщиной до 10 мм (чаще толщиной 1 мм). Их получают из древесины распиловкой (пиленая фанера), строганием (строганая фанера) или лущением по спирали (шпон). Щиты из клееной фанеры состоят из трех и более листов, как правило, шпона. Щиты, состоящие из пяти и более листов, называются многослойными. Сверху листы фанеры, как правило, покрыты древесиной очень прочных пород тропических или скандинавских деревьев (макоре, лимба, габун, махагони, северная береза) (рис. 1.3) [32].

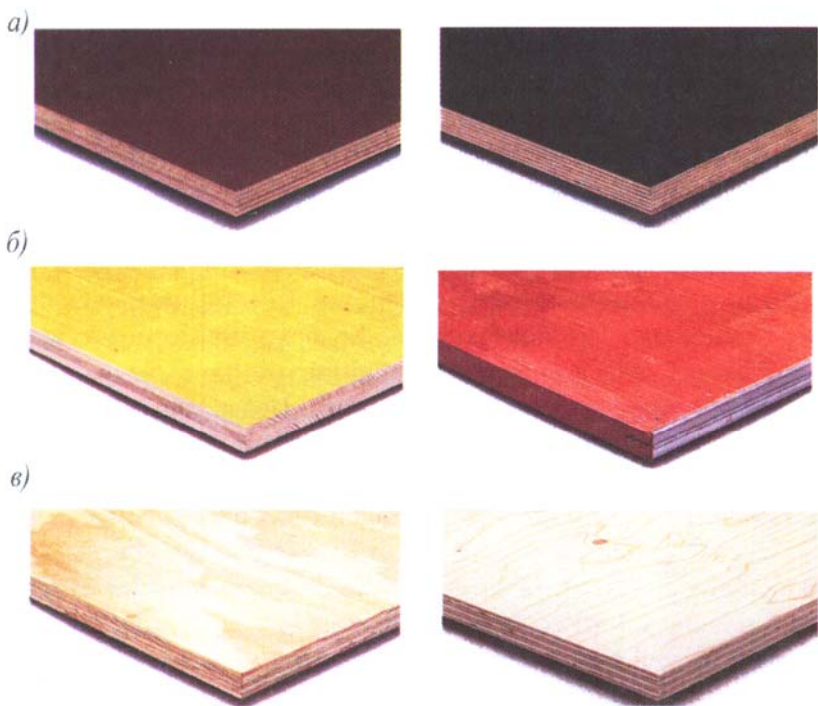


Рис. 1.3. Виды фанеры: *а* - ламинированная фанера для гладкого облицовочного бетона; *б* - трехслойные плиты для облицовочного бетона; *в* - доборная необработанная фанера

Плиты толщиной до 10 мм не очень жесткие и их можно применять только в качестве облицовки опалубки в комбинации с рамами достаточной жесткости с мелкими ячейками (пролетами) или при установке по разреженному настилу из досок толщиной 4...5 см, шириной 12...14 см. Листы толщиной 4 мм гибкие, их применяют для опалубливания криволинейных поверхностей. Листы толщиной 21 мм и более можно рассматривать как самонесущие. Фанера отличается от плит из цельной древесины меньшей деформацией от усушки и разбухания, особенно если ее поверхность и торцовые кромки защищены пластиками от проникания влаги.

Крупноразмерные щиты опалубки из столярных плит состоят из среднего слоя в виде брусков или полос фанеры (бруски шириной 24...30 мм, полосы фанеры максимальной). Крупноразмерные столярные плиты обычно имеют толщину 19...30 мм при размере 7...10 м². Их в основном применяют в качестве опалубки при сравнительно большом расстоянии между опорами.

Щиты опалубки из клееной древесины изготавливают с необработанной или улучшенной поверхностью. Необработанные поверхности плит, как правило, шлифуются с обеих сторон. Шлифованные поверхности поглощают больше воды, чем улучшенные поверхности, но меньше, чем плиты из цельной древесины. Таким образом, они занимают промежуточное место между водопоглощающими и водонепоглощающими опалубками. Число оборотов зависит от их износостойкости, которая, прежде всего, определяется жесткостью верхнего слоя фанеры. Улучшение поверхности производится для исключения или снижения водопоглощения, повышения устойчивости против механических воздействий и снижения сцепления с бетоном. Число оборотов опалубки из клееной древесины зависит от качества ее поверхности [32].

Опалубки этого типа относятся к водонепроницаемым, они дают плотную гладкую поверхность бетона. Для улучшения поверхности применяют синтетические смолы, полиэтиленовые пленки и листы. Эти материалы должны быть прочно соединены по всей поверхности с фанерой и не должны отрицательно влиять на схватывание цемента и процесс твердения бетона, а также изменять цвет бетона.

При обработке смолой ее наносят на поверхность фанеры с последующим горячим прессованием (чаще применяют феноловые смолы). В результате получается не совсем закрытая поверхность, в которой из-за низкой упругости через некоторое время могут образовываться трещины. При таком способе обработки получают гладкие и сетчатые поверхности. Последние получаются, если при прессовании смолы на нее поместить сито; в зависимости от размеров отверстий сита получается различная шероховатость поверхности. Изготовленный в такой опалубке бетон лучше сцепляется со штукатуркой или другим покрытием, а для облицовочного слоя получается более равномерная, но часто более темная поверхность.

В качестве покрытий применяются различные пленки на основе, например, бумаги, пропитанной фенолформальдегидной смолой. Такую пленку наносят на поверхность при высоком давлении и температуре, получая при этом упругий слой с закрытой поверхностью. Качество поверхности зависит от толщины пленки.

Наиболее высококачественными являются плиты с полиэфирным покрытием. В сочетании со стекловолокном можно получить покрытие из упрочненной стекловолокном пластмассы толщиной 1 мм, которое, благодаря шелковисто-матовой поверхности, пригодно

для устройства облицовочного слоя. Такое покрытие обладает высокой износостойкостью и предназначается для опалубок с высоким числом оборотов. Плиты с таким покрытием можно использовать 150 и более раз.

Для покрытий используют также получаемые прессованием пластмассовые листы. Они отличаются высокой износостойкостью и гладкой поверхностью. Так как число оборотов улучшенных таким способом плит более 200, то их целесообразно применять для изготовления сборного бетона. Для монолитного бетона их используют редко.

Плиты из клееной древесины в связи с их размерами и высокой оборачиваемостью в первую очередь целесообразно применять для крупнощитовой опалубки. Плиты из фанеры с улучшенной поверхностью можно применять для всех видов опалубочных работ, включая опалубку для получения высококачественных бетонных поверхностей. Опыт показал, что при использовании трехслойных столярных плит бруски среднего слоя могут отпечататься через фанеру на поверхности бетона, что неблагоприятно сказывается на ее фактуре. При пятислойных плитах такого не наблюдается.

Торцовые кромки плит из клееной древесины с улучшенной поверхностью обычно защищают от попадания влаги на заводе. Поэтому на строительной площадке плиты надо как можно меньше распиливать и резать. Если кромки обнажены в результате большого числа оборотов опалубки, их необходимо снова защищать [32].

1.3.1.4. Древесностружечные плиты

Древесностружечные плиты состоят из небольших древесных стружек, соединенных различными вяжущими на основе синтетических смол (рис. 1.4). Они подразделяются на плиты плоского и профильного прессования. Во первых стружки располагаются преимущественно вдоль, во вторых – поперек плиты. Плиты плоского прессования меньше разбухают в продольном направлении, но больше по толщине, чем плиты профильного прессования. Водостойкость плит зависит, прежде всего, от применяемого вяжущего.

Для опалубки обычно применяют плиты плоского прессования толщиной 22 мм как самонесущий материал; при этом поверхность может быть необработанной, покрыта маслом или полимерной пленкой. Плотность этих плит, равная 650...800 кг/м³, на 30...60% выше, чем у плит из клееной древесины, тогда как показатели механичес-

20

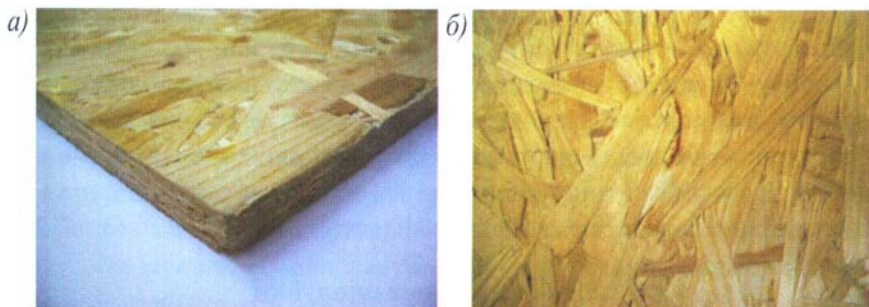


Рис. 1.4. Необработанная древесностружечная плита:
а - толщиной 22 мм; б - структура плиты

ких свойств ниже. Механические свойства древесностружечных плит, в противоположность плитам из клееной древесины, одинаковы как в продольном, так и в поперечном направлениях.

Необработанные древесностружечные плиты относятся к водопоглощающим опалубкам. Поглощая воду, они разбухают, в результате чего число их оборотов ограничивается 10. Плиты, покрытые пленкой, значительно меньше поглощают воду, и соответственно возрастает их оборачиваемость.

1.3.1.5. Древесноволокнистые плиты

Древесноволокнистые плиты изготавливают промышленным способом путем прессования древесных волокон, которые получают различными средствами из отходов древесины с добавкой вяжущего или без. В зависимости от исходного материала, способа изготовления и свойств продукта получают жесткие, полужесткие и пористые плиты. Жесткие плиты применяют для опалубок.

Древесноволокнистые плиты с необработанной поверхностью, называемые также стандартными древесноволокнистыми плитами, имеют размер до 520×200 см и толщину до 6 мм. Стабильность их сравнительно низкая, кроме того, они неводостойкие и поэтому подвержены деформациям – разбуханию, вспучиванию, волнообразованию, которые при неблагоприятных погодных условиях могут возникнуть еще до бетонирования.

Древесноволокнистые плиты, обработанные водоотталкивающими составами, менее чувствительны к влаге, чем необработанные. Обычно их размеры составляют 275×122 см при толщине 4...6 мм.

Необработанные древесноволокнистые плиты, из-за указанных недостатков, целесообразно применять однократно в виде палубы

при достаточно часто установленных поддерживающих элементах, в частности, для криволинейных поверхностей, или как несъемную опалубку. Плиты, обработанные маслом, можно повторно применять до пяти раз, если не предъявляются особые требования к качеству поверхности бетона, в частности, в отношении пятен и разницы и цвете. Древесноволокнистые плиты с пластмассовым покрытием по своим технологическим свойствам аналогичны клееным щитам [32].

1.3.1.6. Стальные опалубки

Прочность стали в 14 раз, а модуль упругости в 20...30 раз выше этих же показателей для древесины и соответственно древесных материалов, но и масса их в 12 раз больше. Сталь меньше деформируется, не подвержена воздействию влаги, значительно более износостойкая, чем древесина, и обеспечивает длительное постоянство размеров даже при очень высоком числе оборотов. Первоначально стальные опалубки применялись только при строительстве сложных инженерных сооружений, таких как плотины или шлюзы. То есть там, где должны восприниматься высокие нагрузки и поверхность опалубки подвергается сильному истиранию. В дальнейшем они нашли применение и в других областях строительства, в частности, таких, как опалубки стен и объемные опалубки в строительстве гражданских и промышленных сооружений. Из-за плохой комбинированности с древесиной и другими материалами стальные опалубки устанавливаются почти как единая конструкция, т.е. палуба, несущая конструкция и принадлежности к ней должны соответствовать друг другу. Для палубы применяют листовую сталь толщиной 2...5 мм.

Щиты соединяют болтами, клиновыми замками или скобами, для повышения жесткости щитов применяют стальные профили. Стандартные размеры – 1,5×0,5 м или 5×3 м. Наряду с этими стандартными элементами в некоторых конструкциях имеются доборные щиты небольших типоразмеров.

При использовании стальной опалубки поверхность бетона получается гладкой, но, как и при всех водонепоглощающих опалубках, могут получиться воздушные поры.

Теплоизоляционная способность стали в 400 раз меньше древесины, поэтому при использовании стальной опалубки в холодную погоду могут возникнуть затруднения с укладкой бетонной смеси из-за ее быстрого охлаждения. В этом случае могут потребоваться дополнительные мероприятия, например, прогрев или теплоизоляция.

Опалубки из листовой стали применяются в виде обычных щитов или спиральных труб. Щиты состоят из листов высокой износостойкости толщиной 1...2 мм и применяются преимущественно для облицовки. Спиральные трубы диаметром до 60 см и длиной в несколько метров изготавливают на заводах из полосовой стали с расположением стыков по спирали. Их применяют при необходимости получения полостей в конструкции, оставляя в бетоне, или для опалубки круглых колонн. При распалубке трубы отделяются от бетона узкими полосами.

Для облицовочного слоя применение их ограничено, так как на поверхности бетона отпечатываются стыки полос.

1.3.1.7. Алюминиевые опалубки

Алюминий характеризуется малой устойчивостью против щелочей, поэтому на первый взгляд его нельзя применять для изготовления опалубок, так как бетонная смесь имеет щелочную среду. Однако легирование алюминия кремнием, магнием и цинком обеспечивает его достаточную устойчивость против щелочей и позволяет использовать его в качестве материала для опалубки. По своим свойствам алюминий занимает среднее положение между древесиной и сталью. В зависимости от состава предел прочности на изгиб алюминия в 6...10 раз выше, чем у древесины, а модуль упругости в 7 раз выше. По отношению к стали эти показатели составляют 90 и 33% соответствующих величин. Масса алюминия на 65% меньше массы стали. На воздухе поверхность алюминия быстро покрывается окисной пленкой, которая герметизирует нижележащий материал, предотвращая его дальнейшее окисление, поэтому алюминий не надо подобно стали защищать от коррозии.

1.3.1.8. Металлическая сетка

Для опалубки используют сетки, усиленные поясами толщиной 0,5 мм. Опалубка из сетки дает большие преимущества, так как отверстия, с одной стороны, способствуют удалению воздуха, а с другой – препятствуют расслаиванию смеси. При правильном выполнении работ лишь небольшая часть мелкого заполнителя проникает через опалубку. После затвердевания бетона получается шероховатая поверхность, обеспечивающая хорошее сцепление со слоями штукатурки. Сетка, в качестве торцевой опалубки, обеспечивает надежное сцепление рабочих швов отдельных блоков бетонирования.

Сетки поставляют в виде листового материала. Они легко приобретают нужную форму и просто устанавливаются, что дает особые преимущества при опалубке криволинейных поверхностей. Так как опалубка практически «прозрачная», есть возможность непрерывно контролировать процесс укладки бетонной смеси. Гранулометрический состав заполнителя необходимо подбирать исходя из размеров отверстий в опалубке, а бетонная смесь должна иметь пластичную оптимальную консистенцию.

1.3.1.9. Пластмассы для опалубки

Существуют разнообразные виды пластмасс, отличающихся по своим свойствам. При опалубочных работах их используют в качестве проеомообразователей, собственно опалубки, матриц, оболочек пневматической опалубки.

Проеомообразователи из пластмассы применяют для выполнения полостей и выемок. Из пластика прямоугольного или круглого сечения на строительной площадке путем пиления, нарезания или с помощью раскаленной проволоки получают элементы требуемых размеров и устанавливают их в опалубку. Из-за небольшой массы они всплывают при бетонировании, поэтому их надо крепить к опалубке или арматуре.

Наряду с пластмассовыми проеомообразователями однократного применения имеются элементы, покрытые этиленовой пленкой, позволяющие применять их многократно.

Пластмассовые опалубки. Для изготовления опалубок, прежде всего, представляют интерес пластмассы, обладающие высокими показателями прочности при статической нагрузке, устойчивости к истиранию, твердости, химической совместимости с бетоном. Этим требованиям отвечают пластмассы, армированные стекловолокном (стеклопластики).

Основным преимуществом стеклопластиков по сравнению с другими материалами является возможность получения конструкций любой формы. Наряду с этим они отличаются небольшой массой, большой стабильностью формы при нормальной температуре и устойчивостью против коррозии. Устойчивость против истирания и износостойкость меньше, чем у металлических опалубок, однако повреждения поверхности легко устраняются нанесением нового покрытия. Щиты опалубок из стеклопластика изготавливают целиком вместе с ребрами жесткости. Толщина палубы при нормальной на-

грузке может составить 5...12 мм при расстоянии между ребрами 20...50 см. При температуре выше 50°C несущая способность снижается, поэтому опалубки этого типа не следует применять при термобработке бетона. Оборачиваемость достигает 60...100 раз [32]. Бетонную смесь рекомендуется уплотнять внутренними вибраторами, так как при использовании наружных вибраторов пластиковые опалубки поглощают больше колебательной энергии, чем опалубки из других материалов.

1.3.1.10. Матрицы

Матрицы служат для придания лицевой поверхности бетонным конструкциям требуемой фактуры и формы (рис. 1.5). Их устанавливают перед бетонированием в опалубку. В зависимости от материала, возможно их разовое или многократное использование. Многократно применяются гибкие матрицы размером до 3×10 м из полиуретана, полисульфида или натурального каучука, армированного нейлоновой тканью.

После распалубки их снимают с бетона, и после очистки, если она необходима, их можно снова устанавливать в опалубку. Получается фактура от имитирующей дерево до грубой, абстрактной, которая предлагается изготовителем в готовом виде или с дальнейшим покрытием в соответствии с проектом. Плиты опалубки из пеноистого полистирола остаются после распалубки в бетоне, защищая лицевую поверхность в период ухода за бетоном, после чего их удаляют [32].

1.3.2. Элементы поддерживающих конструкций

Поддерживающие конструкции служат опорой для палубы, а также для крепления опалубки. Они должны обладать достаточной прочностью и неизменяемостью в рабочем положении и передавать нагрузки на основание или несущие элементы конструкции. Тип поддерживающих элементов зависит от местоположения опалубки и величины действующей нагрузки.

1.3.2.1. Крепление вертикальных поверхностей опалубки

На вертикальные или наклонные поверхности опалубки бетон оказывает значительное боковое давление. Через палубу и ребра давление передается схваткам и воспринимается тяжами (рис. 1.6).

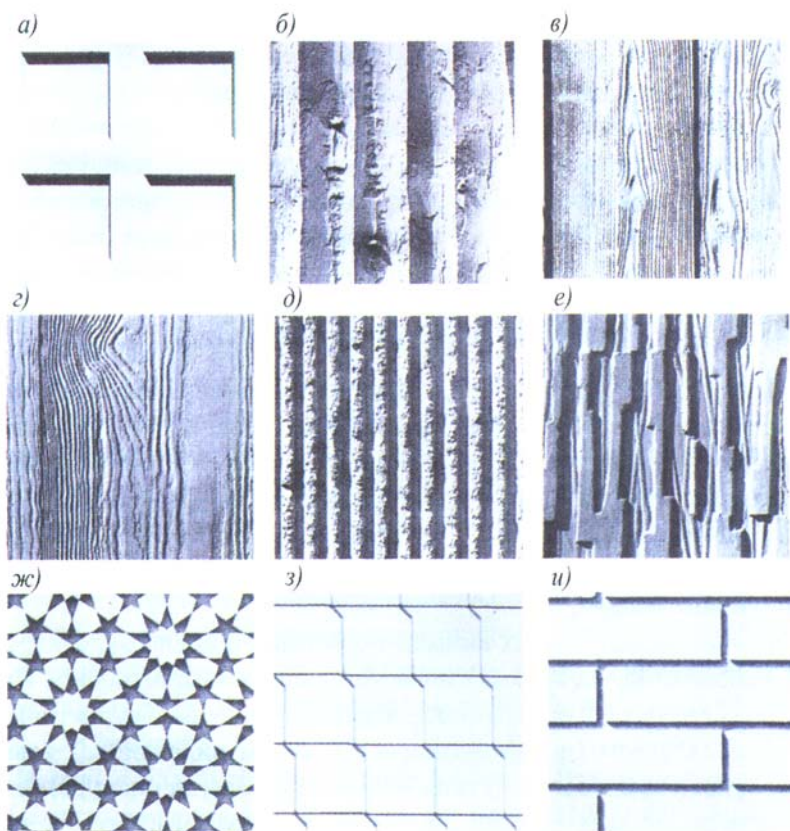


Рис. 1.5. Бетонные поверхности, оформленные матрицами НОЕplast под:
а - графический орнамент; б - абстрактный орнамент; в - дерево
лиственных пород; г - дерево хвойных пород; д - рельефную бетонную
структуру; е - скальную поверхность; ж - узорный орнамент;
з - облицовочную плитку; и - кирпич

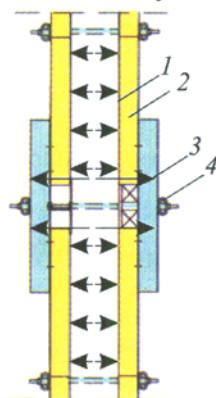


Рис. 1.6. Боковое давление на
вертикальные конструкции:
1 - палуба; 2 - ребра;
3 - горизонтальная балка
(схватка); 4 - тяж,
работающий на растяжение

Тяжи выпускаются различных конструкций, но все они состоят из элементов, работающих на растяжение, которые, соединяя обе стороны опалубки, удерживают их в равновесии, и распорок, работающих на сжатие, которые служат для фиксации толщины стенки опалубки в рабочем положении.

Проволочные стяжки. Мягкую гибкую стальную проволоку диаметром 3...4 мм пропускают два раза через опалубку, перекрещивая ее при этом один раз. Концы проволоки скручивают снаружи так, чтобы образовалась петля. Натягивать проволоку можно разными способами. Если пространство внутри опалубки позволяет, то проволоку можно натягивать, скручивая ее внутри (рис. 1.7, а). При опалубках стен значительной высоты такой способ невозможен из-за установленной арматуры и недоступности внутреннего пространства. В этом случае проволоку натягивают снаружи клином (рис. 1.7, б). При обоих способах закрепленные распорки (длинной, соответствующей толщине стен) удерживают опалубку в проектном положении и предохраняют ее от смещения вовнутрь. Деревянные распорки можно за-

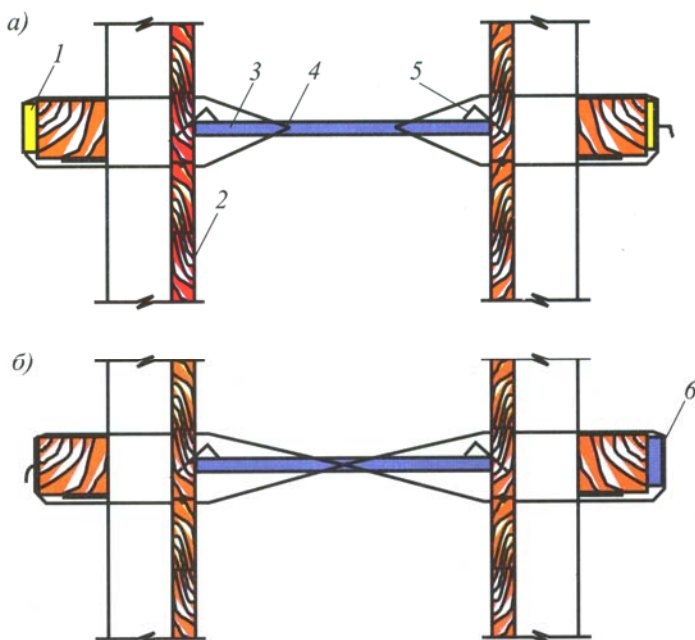


Рис. 1.7. Проволочная стяжка:

а - натянутая внутри опалубки; б - натянутая заклиниванием проволоки снаружи; 1 - короткие накладные опоры; 2 - палуба из досок; 3 - распорка; 4 - скрученная проволочная стяжка; 5 - гвоздь; 6 - клин

креплять гвоздями, забивая их косо сверху вниз. В этом случае при бетонировании распорки не будут выпадать, а крепления их будут легко выниматься. После бетонирования деревянные распорки извлекают, так как они не защищены от гниения и снижают качество бетона.

Проволочные стяжки имеют низкую несущую способность и высокие затраты труда как на устройство, так и на удаление. Они применяются только как вспомогательное средство при небольших объемах опалубочных работ и низких требованиях к качеству.

Тяжи опалубки. Они состоят из стержня, замка и распорки. Анкерный тяж представляет собой элемент, работающий на растяжение. Применяют тяжи из стали различных марок круглого и плоского сечения (рис. 1.8, а, б, в). Преимуществом плоских тяжей толщиной 2 мм является то, что их можно пропускать через стыки щитов опалубки, в то время как для круглых стержней требуются отверстия, просверленные в опалубке. Несущая способность круглых стержней выше. Анкерные тяжи могут состоять из одного элемента и использоваться многократно. В этом случае стержень пропускают

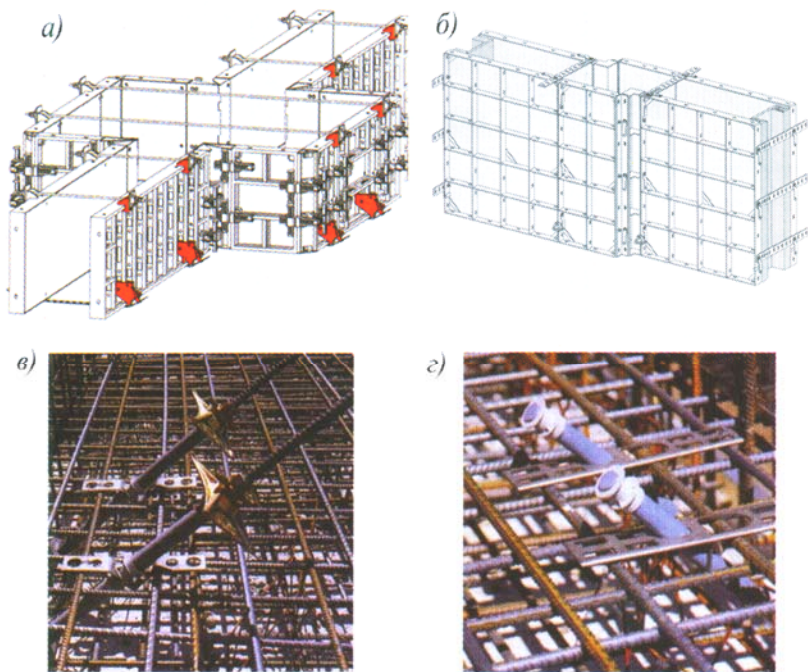


Рис. 1.8. Анкерные тяжи: а - круглого сечения; б - плоского сечения; в - стяжной стержень опалубки PASCHAL; г - трубка ПХВ

через пластмассовую трубку, служащую одновременно распоркой (рис. 1.8, г). При распалубке стержень извлекают из трубки и используют вторично.

Остающиеся в стене отверстия необходимо заделывать раствором, бетонными или пластмассовыми пробками (рис. 1.9, а, б). Основным преимуществом этого метода является простота извлечения стержня. Однако для водонепроницаемого бетона этот метод непригоден, так как он не обеспечивает полную водонепроницаемость анкерных отверстий. С этой целью применяют составные стержни (рис. 1.9, в, г, д, е).

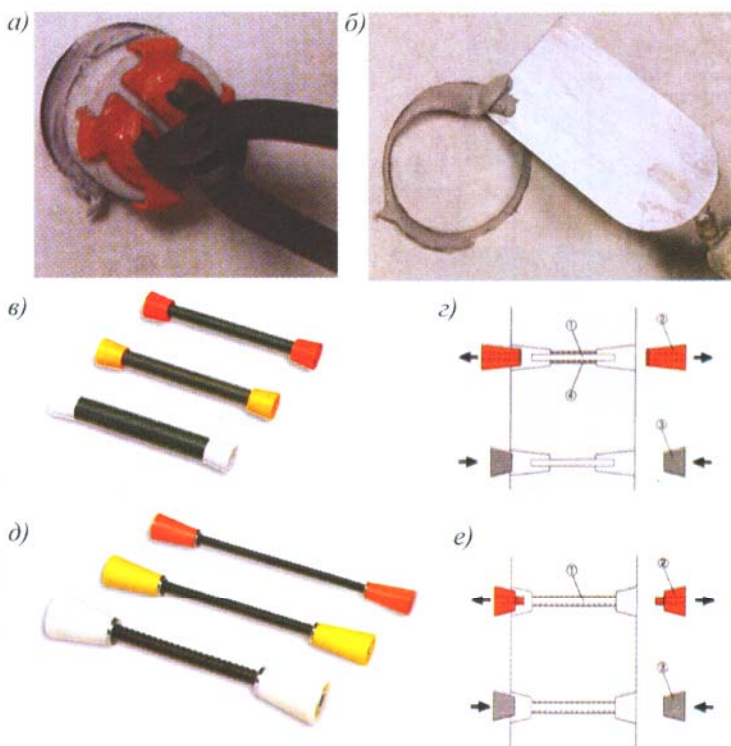


Рис. 1.9. Анкерная система фирмы PERI и технология заделки отверстий: а - вклеивание бетонного конуса; б - удаление излишков клея; в - уплотняющие конусы; г - заделка отверстий, обеспечивающая водонепроницаемость, огнестойкость, звукоизоляцию (1 - труба ПВХ; 2 - уплотняющий конус; 3 - бетонный конус); д - анкерные конусы; е - заделка отверстий, обеспечивающая водонепроницаемость, огнестойкость, звукоизоляцию, защиту от радиации (1 - забетонированный тяж; 2 - анкерный конус; 3 - бетонный конус; 4 - труба ПВХ)

В опалубках применяются большое разнообразие замков. По своему назначению замки различают на передающие возникающие в опалубке горизонтальные усилия анкерному стержню; стягивающие и соединяющие элементы опалубки. По принципу устройства и действия различают клиновые, эксцентрикковые, клино-эксцентрикковые, винтовые и специальные замки.

В клиновом анкерном замке стержень удерживается клином, при этом заклинивающее действие увеличивается в результате искривления анкерного стержня в месте забивки клина. Простой клиновый замок применяется при небольшом диаметре стержня и незначительной величине передаваемых усилий (рис. 1.10).

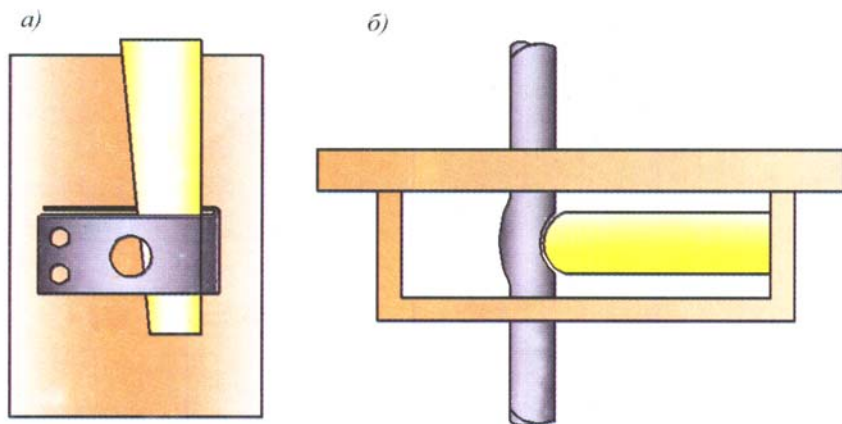


Рис. 1.10. Клиновой замок: *а* - общий вид; *б* - схема работы

Клиновой замок для соединения элементов и обеспечения ровных, плотных стыков опалубки (рис. 1.11). Данное соединение может воспринимать как растягивающие, так и сжимающие усилия.

Эксцентрикковые замки (рис. 1.12, а) передают усилия через зубчатую прижимную колодку, которая вследствие эксцентрического расположения заклинивается тем сильнее, чем больше возрастает нагрузка. Стабилизация достигается лишь после определенного проскальзывания стержня, поэтому предварительно их надо немного натянуть. Эксцентрикковый замок легче устанавливать, но его демонтаж, в противоположность клиновому замку, осуществляется в направлении, противоположном направлению растягивающих усилий, в результате чего возникают высокие напряжения.

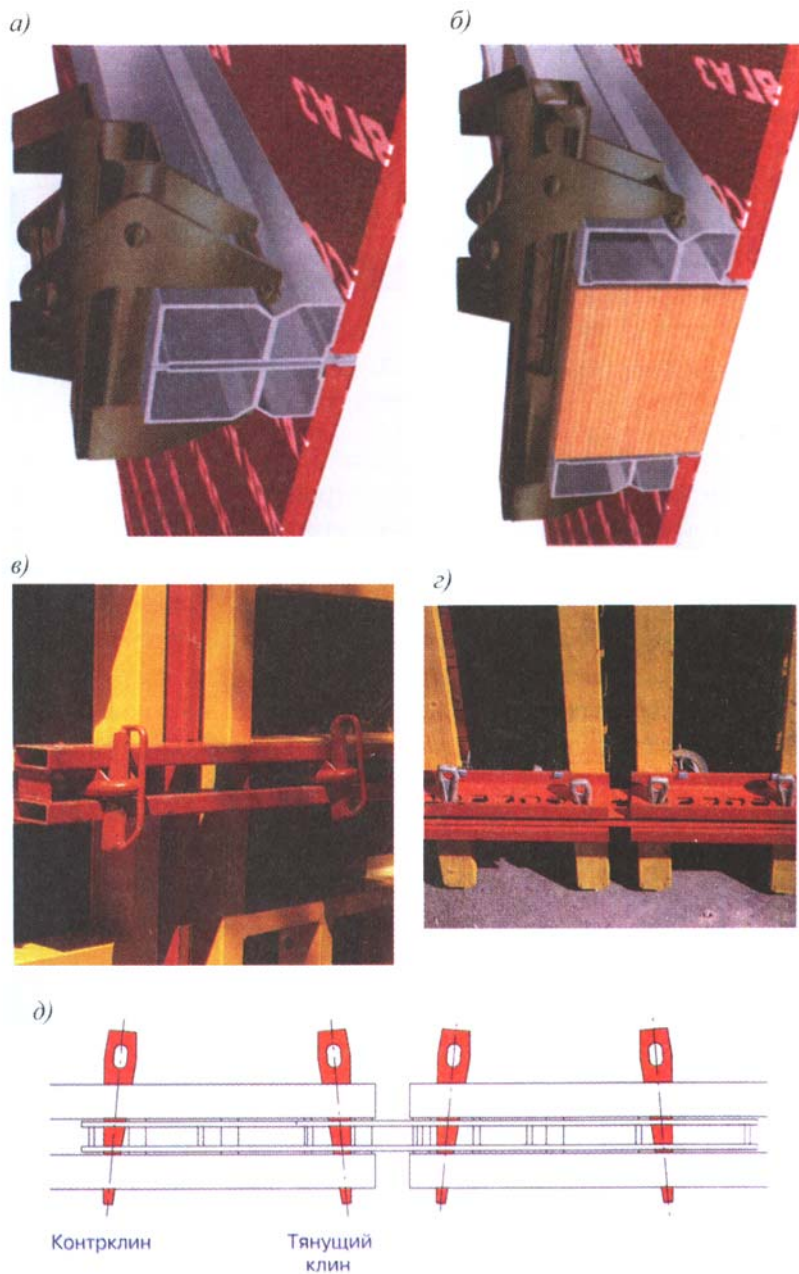


Рис. 1.11. Клиновые замки: а, б - опалубок AGS-80AL; в, з - опалубок PERI; д - схема работы клинового замка опалубки PERI

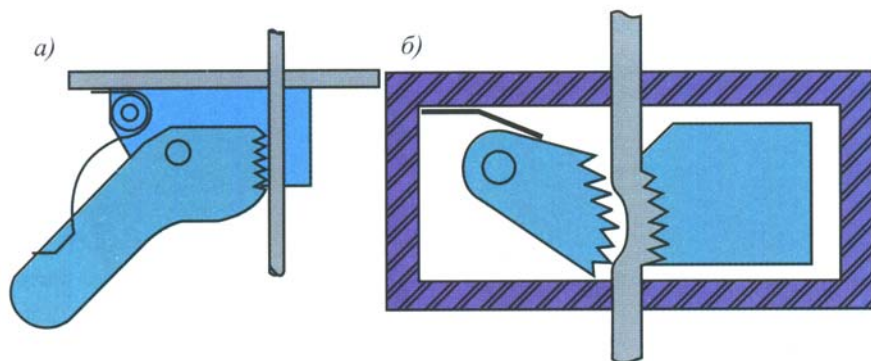


Рис. 1.12. Замок: *а* - эксцентриковый; *б* - клино-эксцентриковый с зажимной колодкой

Клино-эксцентриковые замки (рис. 1.13) представляют собой комбинацию двух вышеописанных устройств. Наиболее простой считается конструкция с зажимной колодкой, служащей упором для анкерного стержня. Заклинивание осуществляется эксцентриковым клином. При действии на анкерный стержень растягивающих нагрузок эксцентриковый клин вращается вокруг своей продольной оси, увеличивая заклинивающее действие. При высоких нагрузках упором служит эксцентриковый клин, при этом на противоположной стороне находится вторая колодка, зажатая клином, которая при его забивке прижимается к стержню и поэтому не требуется проскальзывания стержня до начала срабатывания зажима (рис. 1.12, б).

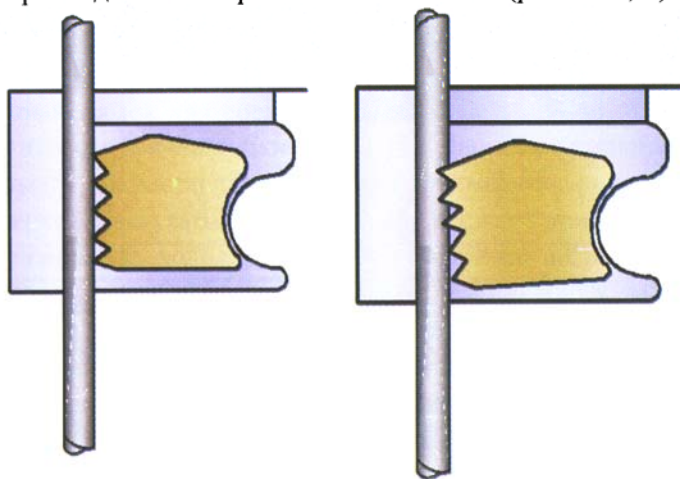


Рис. 1.13. Замок клино-эксцентриковый: *а* - в холостом положении; *б* - в рабочем положении

При винтовом замке (рис. 1.14) усилия воспринимаются гайками, навинченными на концы стержня. Этот вид замка применяют, прежде всего, в крупноразмерных опалубках, где небольшое число анкеров должно воспринимать большие усилия. Гайки часто выполняются как барашки, которые можно отвинчивать без гаечного ключа вручную или легким ударом молотка.

Для обеспечения расстояния в свету между стенками опалубки и предотвращения смещения стенок при натяжении используют распорки. В качестве распорок применяются трубы из совместимых с бетоном материалов, таких как пластмасса, асбестоцемент, бетон или сталь, обрезаемые на толщину стены (рис. 1.14, д).

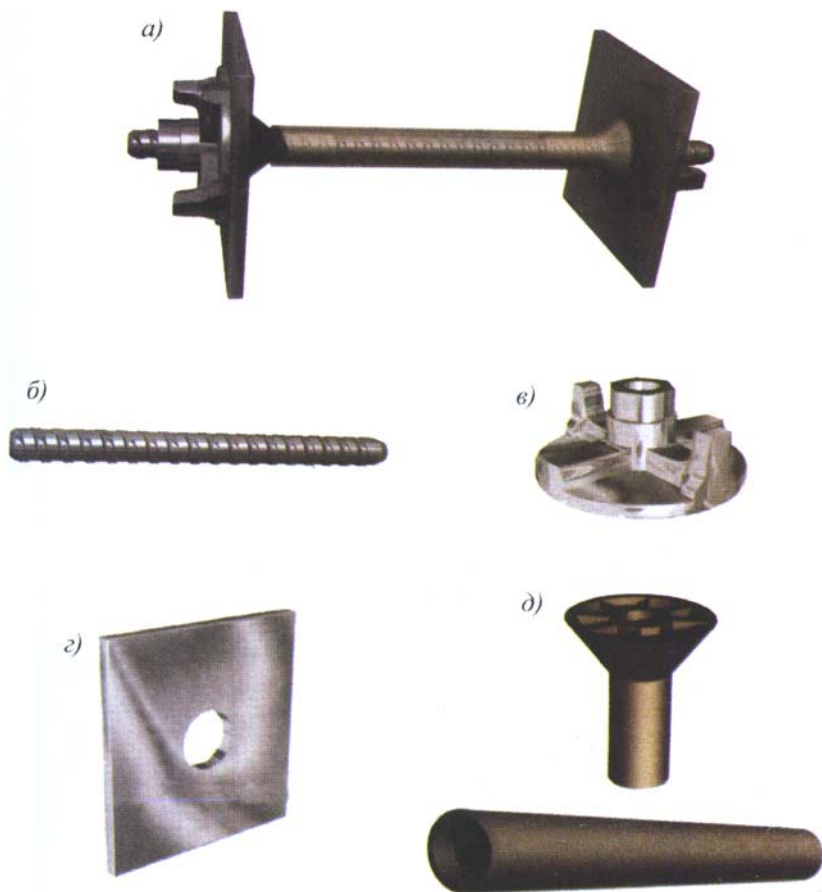


Рис. 1.14. Винтовой замок: а - общий вид; б - тяг; в - гайка специальная; г - шайба для стяжки; д - пластмассовые комплектующие (конус, трубка)

Они могут иметь круглое, шестиугольное или звездчатое поперечное сечение. Площадь поперечного сечения, исходя из величины прижимного усилия до 1,5 кН, должна составлять не менее 5 см². Они не должны также иметь придельного изгиба или других неконтролируемых деформаций.

Распорки этого типа имеют преимущества по сравнению с деревянными, применяемыми при проволочных стяжках. Они не нуждаются в специальном закреплении на опалубке, так как анкерный стержень, проходя внутри трубки, предотвращает ее смещение. Бетон не соприкасается со стержнем, поэтому при распалубке он легко извлекается. Наконец, распорки, благодаря их совместимости с бетоном, можно оставлять в затвердевшем бетоне. Отверстие трубки необходимо заделывать раствором или закрывать специальной пробкой. Если извлечение анкерного стержня нежелательно или невозможно (например, в водонепроницаемом бетоне), то стабильность положения достигается с помощью анкерного стержня в сочетании с винтовым конусом (см. рис. 1.9). Винтовые конусы, извлекаемые из бетона, служат соединительной муфтой между внутренней и наружной частями составного тяжа, причем одновременно они выполняют функцию распорки, что делает использование для этой цели трубок или деревянных распорок излишним.

Хомуты опалубки служат для придания жесткости и способности воспринимать нагрузки опалубкам прямоугольных опор, фундаментов и балок. В противоположность тяжам усилие на них переда-

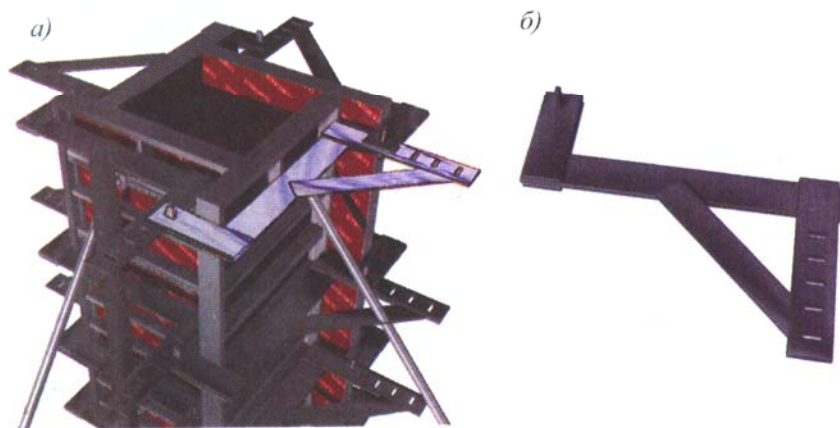


Рис. 1.15. Опалубка колонн AGS-80AL:
а - крепление щитов хомутами; б - хомут универсальный

ется не в точке, а по линии, поэтому они испытывают не только напряжения сжатия, но и изгиба. Наиболее распространены хомуты при установке опалубки колонн (рис. 1.15). Они состоят из четырех элементов, скрепляемых клиньями и образующих вокруг опалубки замкнутую раму. Расположение прорезей позволяет легко производить установку под типовые размеры колонн.

1.3.2.2. Опоры опалубки

Опоры опалубки служат для поддержания опалубок и восприятия вертикальных нагрузок при бетонировании конструкций с горизонтальными или наклонными поверхностями. Наряду с достаточной несущей способностью они должны иметь переменную высоту, легко устанавливаться вручную. Опоры опалубки изготавливаются из дерева и стали.

Деревянные стойки. Материалом для деревянных стоек служат бревна и брусья. Стойки из кругляка должны иметь опору в верхней части не менее 70 мм. При необходимости свободный пролет можно уменьшить с помощью двойных диагональных связей в двух взаимно перпендикулярных направлениях или горизонтальными связями, которые не должны смещаться. Недостаток деревянных стоек – их низкая несущая способность, результатом чего являются частая их установка, большой расход материала, а также трудность изменения размеров по высоте. Для точной установки подкладывают клинья, что позволяет осуществлять регулировку по высоте только в пределах нескольких сантиметров. Поэтому при каждой установке приходится обрезать опоры до определенной длины, что дает много отходов. Чтобы их уменьшить, под плитами перекрытий допускается каждую вторую, а под балками каждую третью опору устанавливать с одним стыком, если он отвечает следующим требованиям. Плоскости среза горизонтальны и плотно пригнаны; место стыка защищено от продольного изгиба гвоздевыми накладками длиной не менее 70 см, при этом для опор из бревен должны предусматриваться для каждого стыка три, а из брусьев – четыре накладки; из-за опасности продольного изгиба стык не должен находиться на расстоянии $1/3$ длины опоры.

Стальные опоры подразделяются на следующие типы: опоры из составных стоек, рассчитанных на высокие нагрузки (рис. 1.16); строительные опоры из раздвижных стоек; рамные опоры. Стальные строительные опоры (трубчатые опоры) изготавливаются промышлен-

ным способом. Они состоят из телескопических стоек, выполненных из труб. Нижняя часть стоек оборудована опорной плитой. Опора оголовника выполнена из пластины или швеллеро-образного профиля. Регулировка высоты осуществляется в две стадии: грубое регулирование выполняется при перестановке выдвижной части стойки относительно основания с фиксированием ее положения с помощью пальца, пропускаемого в отверстия. Точная установка выполняется с помощью гайки, служащей опорой для фиксирующего пальца. Установочная гайка может выполняться с наружной (рис. 1.17) и внутренней резьбой (рис. 1.18, а).

а)



б)



в)



г)



Рис. 1.16. Алюминиевая опора HD 200 для больших нагрузок до 200 кН фирмы PERI: а - общий вид; б, в - монтаж секций; г - устройство спуска

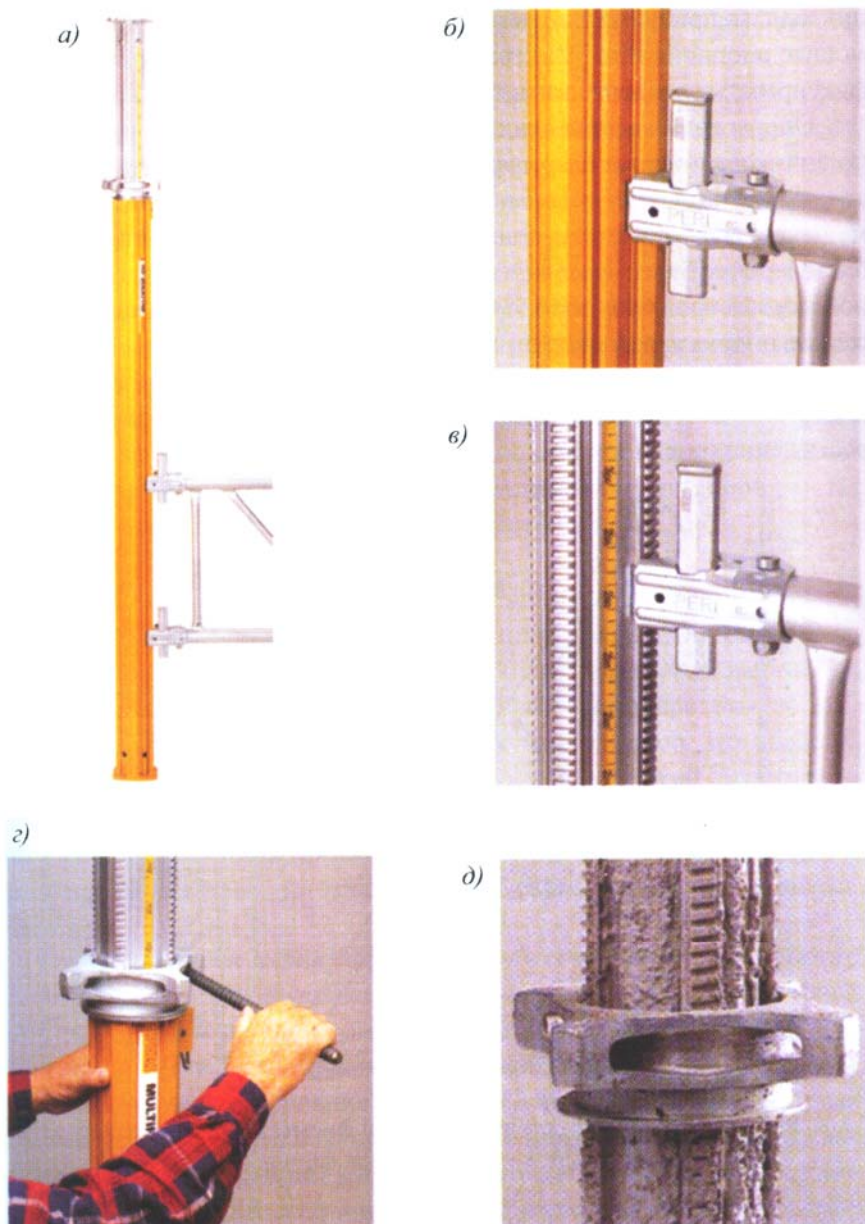


Рис. 1.17. Алюминиевая стойка фирмы PERI: *а* - общий вид; *б* - крепление рам на внешней трубе; *в* - крепление рам на внутренней трубе; *г* - регулировка высоты стойки гайкой; *д* - гайка очищает резьбу

Внутренняя резьба лучше защищена от повреждений и загрязнений, однако при наружной резьбе легче осуществляется рихтовка с помощью опорной гайки. Внутреннюю выдвижную часть стойки можно фиксировать по высоте также с помощью зажимного механизма.

Опоры из металлических труб изготавливаются преимущественно оцинкованными и благодаря такой защите от коррозии они долговечны. Вручную они устанавливаются быстрее деревянных опор и с меньшей затратой труда; причем применяется меньшее число опор, благодаря их более высокой несущей способности. В видоизмененной форме строительные опоры можно применять в наклонном положении в качестве подкосов, например, для раскрепления опалубок стен и опор. Вместо верхней и нижней опорных плит они снабжены шарнирными соединениями для работы не только на сжатие, но и на растяжение (рис. 1.18, б).

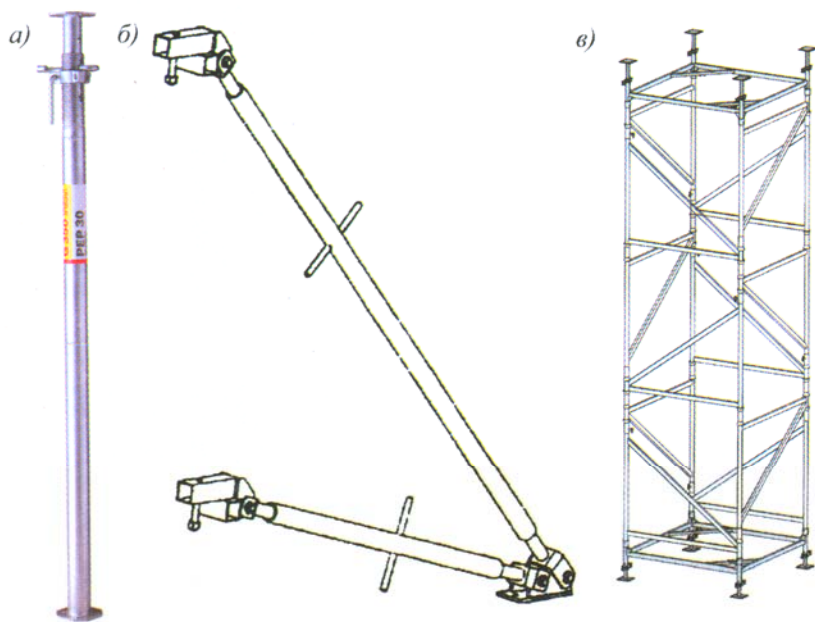


Рис. 1.18. Опоры: а - стальные стойки фирмы PERI; б - подкос монтажный; в - рамная опора фирмы НОЕ

Рамные опоры состоят из отдельных металлических рам заводского изготовления, которые монтируются с использованием диагональных связей в трех- или четырехугольные башни с базисным размером 1...2 м. Соединение между отдельными элементами обеспечи-

38

вает быстрые и нетрудоемкие монтаж и демонтаж (рис. 1.18, в). Для восприятия более высоких нагрузок число стоек в некоторых рамах этого типа может быть увеличено с помощью приставных рам.

Изменение высоты достигается с помощью доборных рам. Для точной установки рамные опоры оснащены в верхней и нижней частях винтовыми домкратами. В зависимости от горизонтальной нагрузки и типа рамных опор, они могут устанавливаться на высоту 4...10 м. Для установки на большую высоту требуется увеличение жесткости дополнительными связями. Максимальная допустимая нагрузка составляет 40...80 кН, в зависимости от типа рамной опоры. Эти значения уменьшаются при неравномерном нагружении стоек или, когда наряду с вертикальными действуют и горизонтальные нагрузки. На несущую способность некоторых типов опор влияет также величина выдвижения домкрата. Рамные опоры целесообразно применять при высоте не менее 4 м, когда несущая способность обычных опор из металлических труб быстро снижается.

1.3.2.3. Балки

Балки – важный элемент в современной технологии опалубочных работ. Применение балок или ферм, благодаря их высокой несущей способности, позволяет увеличить свободные пролеты до нескольких метров без установки дополнительных опор. По области применения различают: балки для опалубок перекрытий, регулируемые по длине, или же установленной длины; балки опалубок стен; балки для специального применения; по материалу – стальные, деревянные, алюминиевые; по конструкции – сквозные и со сплошными стенками.

Балки опалубок перекрытий – это облегченные балки, работающие на изгиб, изготовленные из стали, дерева или алюминия (рис. 1.20), разработанные для применения в строительстве гражданских, промышленных и инженерных сооружений, где должны восприниматься небольшие и средние нагрузки с пролетами менее 10 м. Вследствие этого их изгибающий момент ниже 30 кНм. Балки с более высокими изгибающим моментом и строительной высотой называются балками подмостей или висячими подмостями. Они изготавливаются утяжеленными и предназначены для больших нагрузок и пролетов при установке опалубки (например, в мостостроении).

Стальные ригели опалубки перекрытий состоят из изготавливаемых на заводе отдельных балок, которые могут устанавливаться

на различные пролеты за счет перемещения внутренних и наружных элементов относительно друг друга. Фиксация осуществляется клиньями или болтами. В то время как наружные элементы изготавливаются почти исключительно в виде сварных ферм, внутренними элементами являются также сплошные балки. Нижний пояс наружного элемента, как правило, в состоянии воспринимать только растягивающие усилия, поэтому наружные части должны опираться по концам, чтобы не возникали отрицательные изгибающие моменты и сжимающие усилия в нижнем поясе. Нижний пояс внутреннего элемента, наоборот, способен воспринимать напряжения сжатия, возникающие, например, при установке промежуточных опор. Ригели устанавливаются со строительным подъемом для компенсации прогиба под нагрузкой и создания строительного подъема в перекрытии (рис. 1.19).

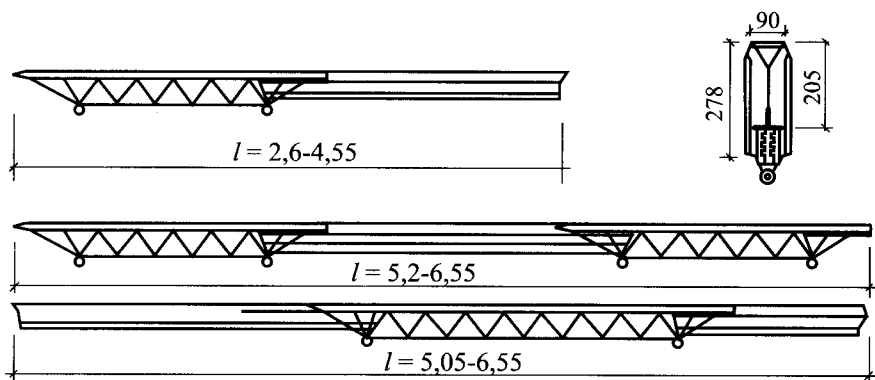


Рис. 1.19. Комбинация балки опалубки фирмы «Хюнебек»

Деревянные балки опалубок перекрытий. Промышленностью выпускаются клееные решетчатые деревянные балки и сплошные балки таврового сечения (рис. 1.20, а, б), причем большую их часть можно применять для опалубок как перекрытий, так и стен. Для защиты дерева от повреждений и сохранения несущей способности в течение всего срока эксплуатации их пропитывают на заводе средством для защиты древесины.

Иногда один пояс балки выполняется со строительным подъемом для опалубок перекрытий, другой выполняется прямым. Так как оба пояса обладают одинаковой прочностью на растяжение и сжатие, можно одну и ту же балку, лишь меняя местами верхний и нижний пояса, применять также для опалубки стен. Чтобы избежать при этом

путаницы, пояс с выпуклостью помечают канавкой, краской или другим способом. По длине деревянные балки соединяют внахлестку, причем в месте соединения устанавливают дополнительную деревянную опору.

Балки опалубки из алюминия. Их изготавливают прессованием, позволяющим получить требуемую для данной области применения форму поперечного сечения (рис. 1.20, г).

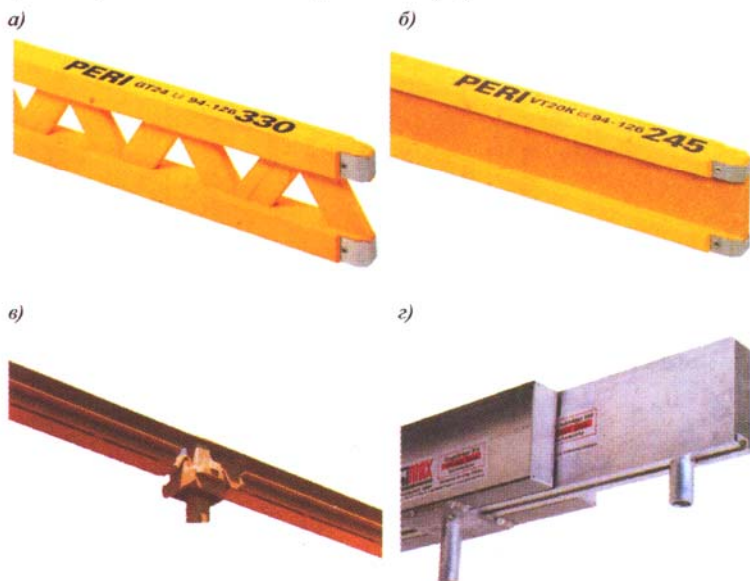


Рис. 1.20. Балки опалубки: а - решетчатая деревянная балка фирмы PERI таврового сечения; б - сплошная деревянная балка фирмы PERI таврового сечения; в - продольная металлическая балка фирмы HOE; г - балка алюминиевая системы miniMAX фирмы PASCHAL

Балки опалубки стен. Опалубка стен отличается от опалубки перекрытий по многим аспектам. Так, например, вследствие высокого бокового давления бетонной смеси опалубка стены должна воспринимать значительно более высокие нагрузки; палуба не может свободно опираться, а должна жестко соединяться с поддерживающей конструкцией; балки должны быть раскреплены схватками или тяжами.

Разработаны специальные стальные балки опалубки стен, прежде всего для крупнощитовых опалубок. Они могут быть выполнены как балки со сплошными стенками с поперечными отверстиями или как решетчатая балка с конструктивной высотой до 75 см и допускаемым изгибающим моментом до 70 кНм (рис. 1.21) [32]. Их длина со-

ответствует проектной высоте стен; при необходимости их можно наращивать путем соединения внахлестку или с помощью соединительных накладок. Они не имеют выгибов, так как стены, в противоположность перекрытиям, изготавливаются, как правило, без изгиба.

В некоторых типах балок на любой высоте можно установить тяжи, чем достигается наибольшее использование несущей способности и удобство установки в свободном пространстве при значительном армировании.

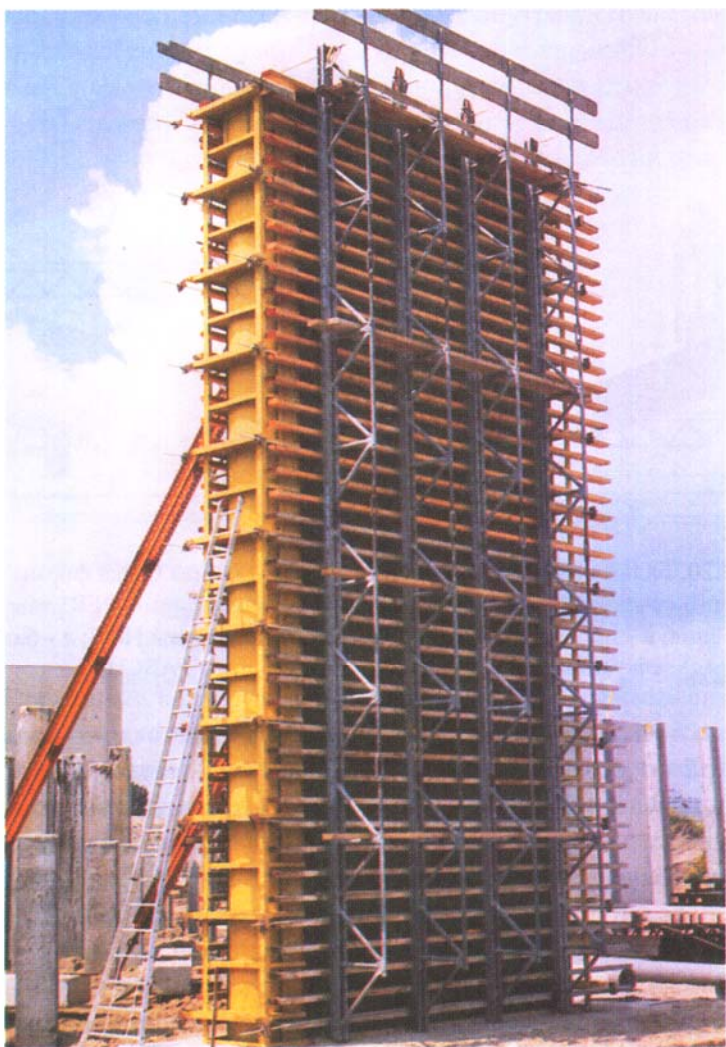


Рис. 1.21. Стальная балка опалубки стены фирмы НОЕ

Балки для специального применения – это гибкие балки, которые можно устанавливать с разным радиусом кривизны, что дает возможность использовать их для опалубки криволинейных поверхностей. Они состоят из раскосной решетчатой конструкции с двумя или тремя поясами, выполненными из гибкой, упруго деформирующейся, листовой стали. Волнообразные раскосы жестко связаны только с поясом. В среднем и нижнем поясах они закрепляются болтами через отверстия или на шлицах с возможностью перемещения. Таким образом, верхний пояс сохраняет свою первоначальную длину, в то время как средний и нижний при установке дуги укорачиваются и перекрываются внахлестку. Балки этого типа могут применяться как самонесущие в качестве балок опалубки криволинейных перекрытий (рис. 1.22.).

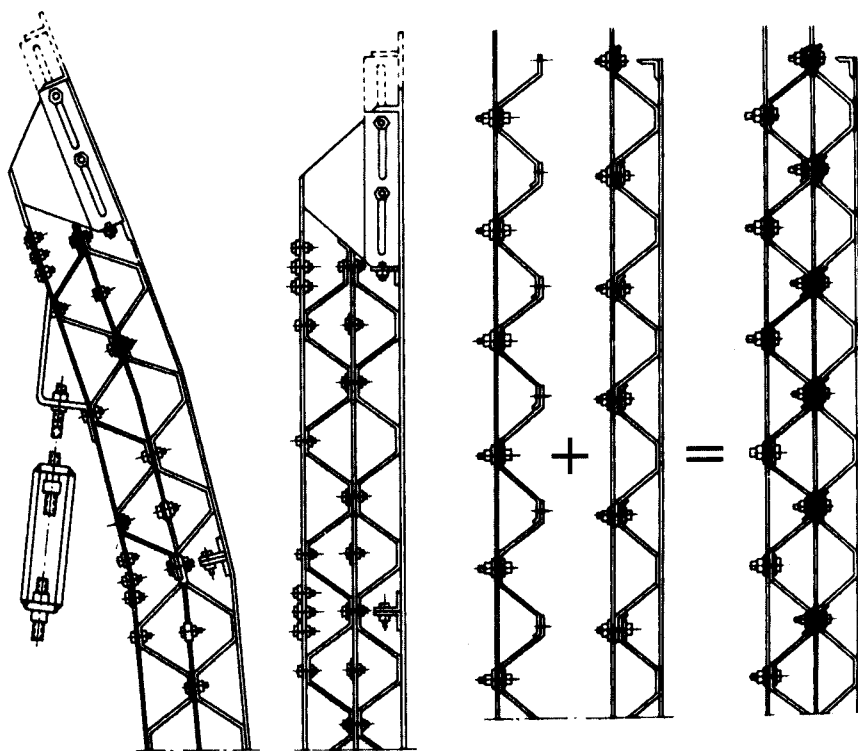


Рис. 1.22. Гибкая балка фирмы «Хейлваген»

1.4. Расчет давления бетонной смеси на конструкции опалубок

Основная нагрузка, которая воспринимается опалубкой, это давление свежего бетона.

Бетонная смесь – это своеобразная жидкость. Давление свежего бетона в первоначальной стадии является гидростатическим, то есть, оно зависит от высоты залитой в опалубку смеси. Когда наступает схватывание бетона, давление больше не растет. Поэтому расчет давления на опалубку, особенно для высоких конструкций, ведется с учетом скорости бетонирования.

В мире существуют различные методики определения давления свежеприготовленной бетонной смеси на конструкции опалубок, которые учитывают различные факторы влияния, причем эти способы постоянно совершенствуются. Это обусловлено тенденцией к постоянному сокращению времени бетонирования и связанным с ним повышением производительности бетононасосов, что привело к повышению скорости укладки бетона и высоты заполнения бетонируемых конструкций.

Определение давления бетона на вертикальные или наклонные поверхности является сложной проблемой. Теоретические и эмпирические исследования дают разноречивые результаты [32]. С современной точки зрения давление свежеложенного бетона зависит от следующих факторов (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Факторы, влияющие на расчет давления свежеложенного бетона

Бетонная смесь	Опалубка	Укладка бетонной смеси
Факторы		
Наполнители бетона	Пропускаемость покрытия (поровое давление)	Возрастание нагрузки в месте укладки
Размер, форма заполнителей	Площадь сечения (стена/колонна)	Состояние воздуха
Марка цемента	Шероховатость покрытия	Послойная или непрерывная укладка
Температура смеси	Жесткость опалубочных конструкций	Тип вибрации (внешняя или внутренняя)
Принцип замеса	Наклон опалубки	Глубина вибрации
Объемный вес	Вертикальная высота бетонирования	Скорость укладки по высоте
Консистенция		

1.4.1. Расчет по методике СНиП III-15-76 (Россия)

Боковое давление бетонной смеси P согласно СНиП III-15-76 [21] принимают равным:

– $P = \rho h$, кгс/м² – при уплотнении глубинными вибраторами, высоте слоя укладываемой смеси h , м, меньшей или равной радиусу R , м, действия вибратора $h \leq R$, и скорости бетонирования v , меньшей 0,5 м/ч, где ρ – объемная масса смеси, принимаемая для обычных тяжелых бетонов равной 2500 кг/м³;

– то же, для $v \geq 0,5$ м/ч при $h \geq 1$ м $P = \rho (0,27 v + 0,78) K_1 K_2$, кгс/м², где K_1 – коэффициент, зависящий от подвижности смеси и равный 0,8 для бетонов с осадкой конуса 0...2 см; 1,0 для смесей с $O_k = 4...6$ см; 1,2 для $O_k = 8...12$ см; K_2 – коэффициент, учитывающий влияние температуры бетонной смеси и равный 1,15 для смесей с температурой 5...7° С, 1,0 при 12...17° С и 0,85 при 28...32° С;

– $P = \rho h$; кгс/м² – при уплотнении наружными вибраторами при $x < 4,5$ м/ч и $h \leq 2R$

– то же, при $v \geq 4,5$ м/ч и $h > 2$ м $P = \rho (0,27 v + 0,78) K_1 K_2$, кгс/м².

Кроме того, учитывают горизонтальные нагрузки. Ветровые нагрузки принимают в соответствии со СНиП 2.01.07-85* [18].

Нагрузки от сотрясений при выгрузке бетонной смеси учитывают по данным табл. 1.2, а нагрузки от вибрирования смеси принимают равными 400 кгс/м² поверхности [11].

Таблица 1.2

Нагрузка от сотрясений при выгрузке бетонной смеси

Способ укладки смеси	Горизонтальная нагрузка, кгс/м ²
Спуск по лоткам и хоботам, а также из бетоноводов	400
Выгрузка из бадей емкостью от 0,2 до 0,8 м ³	400
Выгрузка из бадей емкостью более 0,8 м ³	600

При использовании наружных вибраторов несущие элементы опалубки, крепления и соединения дополнительно рассчитывают на местные воздействия вибраторов.

Кроме того, опалубку рассчитывают на следующие вертикальные нагрузки: собственную массу опалубки; массу бетонной смеси, принимаемую равной 2500 кг/м³ для тяжелых бетонов; массу арматуры.

Нагрузку от людей и транспортных средств при расчете палубы, настилов и кружал опалубки перекрытий принимают равной 250 кгс/м², нагрузку при расчете конструкций, поддерживающих кружала, берут 150 кгс/м², при расчете стоек лесов – 100 кгс/м².

При учете всех нормативных нагрузок вводят коэффициенты перегрузки, приведенные в табл. 1.3 [11].

Таблица 1.3

Коэффициенты перегрузки опалубки

Нормативные нагрузки	Коэффициенты перегрузки
Собственная масса опалубки и лесов	1,1
Масса бетона и арматуры	1,2
Нагрузки от движения людей и транспортных средств	1,3
Боковое давление бетонной смеси	1,3
Динамические нагрузки от сотрясений при выгрузке бетонной смеси	1,3

Прогиб элементов опалубки не должен превышать: для опалубки открытых лицевых поверхностей – 1/400 пролета, то же для закрытых поверхностей – 1/250 пролета; просадка поддерживающих элементов и лесов – 1/1000 пролета монолитной конструкции [11].

1.4.2. Расчет по методике DIN 18218 (Германия)

Расчет давления свежееуложенной бетонной смеси по методике DIN 18218 «Давление свежееуложенного бетона на вертикальные опалубки» [16, 17].

Согласно DIN 4235 до глубины $H_R + 0,2$ м в зоне действия вибратора имеет место гидростатическое давление (рис. 1.23, а). График давления «спокойного» бетона показывает, что при опускании вибратора линия давления перемещается параллельно и достигает в самом низу максимальное давление $P_{\max}$ (рис. 1.23, б, в). Расчет по системе DIN 18218 приближается к этому графику, но по прямой (рис. 1.23, г).

Расчет давления бетона:

$$P_{\max} = G \times C_2 \times K_T \times (0,48 \times V + 0,74), \text{ (кН/м}^2\text{)} \quad (1.1)$$

$$V_3 = \frac{2,08 \times p}{G \times C_2 \times K_T} - 1,54, \text{ (м/ч)} \quad (1.2)$$

Коэффициент поперечного сечения во внимание не принимается.

Давление бетона в зависимости от глубины вибрирования

Давление бетона $P_{\max}$ для объемного веса $S = 25 \text{ кН/м}^3$	Гидростатическая высота давления H_S в (м)	Допустимая глубина вибрации H_R в (м)	Допустимая скорость бетонирования при $T + 15^\circ\text{C}$ для К2/К3 по DIN 18218 в V_b (м/ч)
30	1,20	1,00	0,96
40	1,60	1,40	1,79
50	2,00	1,80	2,63
60	2,40	2,20	3,46
70	2,80	2,60	4,29
80	3,20	3,00	5,13
100	4,00	3,80	6,79

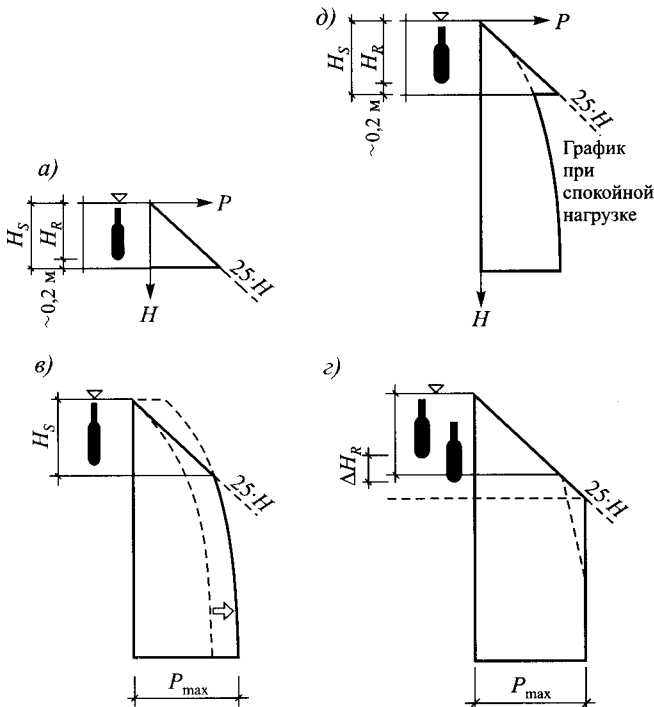


Рис. 1.23. Соотношение между глубиной уплотнения бетонной смеси (H_R) внутренним вибратором и давлением бетона ($P_{\max}$) на вертикальные конструкции опалубок: а - эпюра давления «возбужденного» бетона (в зоне действия уплотнения $H_R + 0,2 \text{ м}$); б - суммарная эпюра давления «возбужденного» и «спокойного» бетона; в - эмпирическая эпюра перемещения линии при погружении вибратора; г - аппроксимированная эпюра распределения давления при уплотнении по DIN 18218

Коэффициент добавок:

$$C_2 = 0,065 \times T_V + 1, \quad (1.3)$$

где T_V – замедление твердения в часах.

Коэффициент температуры:

$$K_T = \frac{145 - 3 \times T}{100}, \quad (1.4)$$

где T – температура свежего бетона.

Область применения:

- консистенция бетона: K_2 – пластичный, K_3 – мягкий;
- $5^\circ\text{C} < T < 30^\circ\text{C}$;
- $C_2 = 1,0$ для бетона без добавок замедления схватывания;
- $P_{\max} < 80 \text{ кН/м}^2$ для стен;
- $P_{\max} < 100 \text{ кН/м}^2$ для колонн;
- независимо от высоты бетонирования H .

Определение давления бетона по диаграммам DIN 18218 действительно в следующих условиях (рис. 1.24) [31]:

- объемный вес бетонной смеси: 25 кН/м^3 ;
- конец схватывания бетона: через 5 часов;
- температура свежего бетона: $+15^\circ\text{C}$;
- уплотнение глубинными вибраторами;
- плотная опалубка.

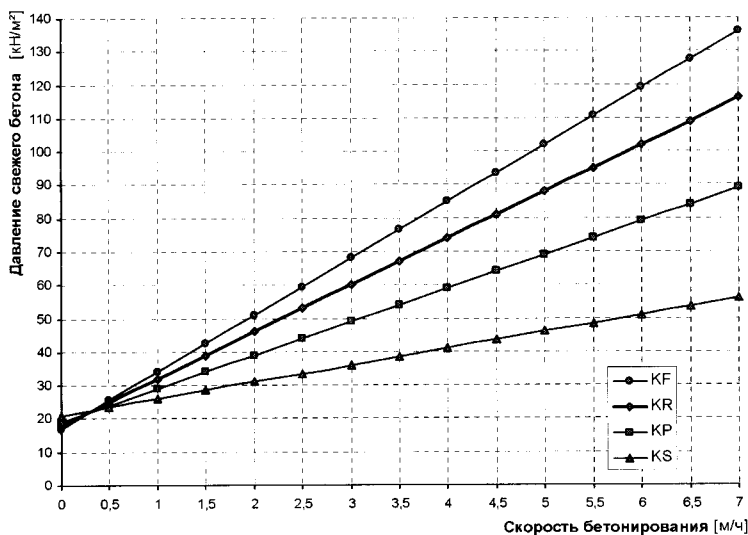


Рис. 1.24. Давление свежего бетона P_b в зависимости от скорости бетонирования V при температуре свежей бетонной смеси $T = 15^\circ\text{C}$

Линии в диаграмме (рис. 1.24) построены для следующих областей консистенции (табл. 1.5):

Таблица 1.5

По старой номенклатуре		По новой номенклатуре	
Текущий бетон	$a = 51 \div 60$ см	KF (текучий)	$a = 49 \div 60$ см
К 3	$a = 41 \div 50$ см	KR (мягкий)	$a = 42 \div 48$ см
К 2	$a \leq 40$ см	KP (пластичный)	$a = 35 \div 41$ см
К 1	$v = 1,45 \div 1,60$	KS (жесткий)	$v \geq 1,20$

где: v – размер уплотнения по Вальтцу; a – размер распыла.

Чаще всего используется консистенция КЗ (KR), так как такая бетонная смесь удобоукладываема.

При расчете давления необходимо обращать внимание на зависимость замедления схватывания бетона от температуры, следствием чего является возрастание давления на элементы опалубки (рис. 1.25).

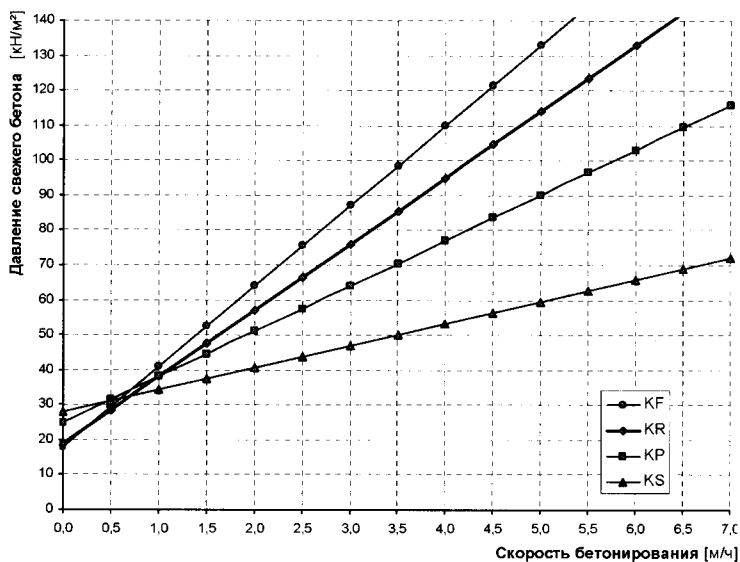


Рис. 1.25. Давление свежего бетона P_b в зависимости от скорости бетонирования V при температуре свежей бетонной смеси $T = 5^\circ\text{C}$ (все остальные условия см. рис. 1.24)

1.4.3. Расчет по методике CIRIA-REPORT 108 (Великобритания)

$$P_{\max} = G(C_1 \sqrt{V} + C_2 K_T \sqrt{H - C_1 \sqrt{V}}), \text{ (кН/м}^2\text{)} \quad (1.5)$$

$$V_3 = \left[\frac{2 \frac{P}{G} - C_2 K_T^2 - C_2 K_T \sqrt{C_2^2 K_T^2 + 4 \left(H - \frac{P}{G} \right)}}{2 C_1} - 1,54 \right]^2 \cdot (\text{м/ч}) \quad (1.6)$$

Коэффициент поперечного сечения:

$C_1 = 1,0$ для стен;

$C_1 = 1,5$ для колонн (сечения рассматриваются как колонны, если размер грани меньше 2,0 м).

Коэффициент добавок:

$C_2 = 0,30$ для нормального бетона;

$C_2 = 0,45$ для бетона с замедлителем твердения.

Коэффициент температуры:

$$K_T = \left(\frac{36}{T + 16} \right)^2 \cdot \quad (1.7)$$

Область применения:

- независимо от консистенции;
- $5^\circ\text{C} < T < 30^\circ\text{C}$;
- для $C_2 < 1,0$ значение $K_T < 1,0$ (без ограничений для снижения давления бетона при использовании бетонных наполнителей и температуре свежего бетона $+15^\circ\text{C}$);
- $P_{\max} < 90 \text{ кН/м}^2$ для стен;
- $P_{\max} < 166 \text{ кН/м}^2$ для колонн;
- независимо от высоты бетонирования H .

1.4.4. Расчет по методике CIB-FIB-CEB (Франция)

Данный метод различает три значения P_1, P_2, P_3 , в которых учитываются различные критерии (табл. 1.6...1.8). В таблицы включены следующие факторы влияния:

- высота бетонирования;
- толщина стен d мм;
- вертикальная скорость свежеприготовленной бетонной смеси;
- величина осадки в мм по норме Р 18-305;
- температура свежеприготовленной бетонной смеси.

Вес свежеприготовленного бетона 2400 кг/м^3 .

В табл. 1.6...1.8 представлены данные для определения давления свежеприготовленной бетонной смеси (минимальное значение принимается за основу давления свежего бетона).

Таблица 1.6

Определение гидростатического давления P_1

h , м	1	2	3	4	5	>6
P_1 , кН/м ²	25	50	75	100	125	150

Таблица 1.7

Определение давления P_2 (эффект слегка загустевшего бетона)

d , мм	V , м/ч											
	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20	30	≥40
150	$P_2=35$	35	40	45	45	50	55	60	75	90	120	150
200	40	40	45	50	50	55	60	65	80	95	125	150
300	50	50	55	60	60	65	70	75	90	105	135	150
400	60	60	65	70	70	75	80	85	100	115	145	150
500	70	70	75	80	80	85	90	95	110	125	150	150

Таблица 1.8

Определение давления схватывания свежеприготовленной бетонной смеси P_3

Величина осадки, мм	Температура свежеприготовленной бетонной смеси, °С	V , м/ч									
		1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	≥8
50	5	50	70	95	115	135	150	150	150	150	150
	10	20	55	70	85	100	135	150	150	150	150
	15	40	45	55	65	75	100	125	150	150	150
	20	35	40	45	50	55	70	90	105	125	150
75	5	60	85	110	140	150	150	150	150	150	150
	10	50	65	85	105	125	150	150	150	150	150
	15	40	50	65	80	95	125	150	150	150	150
	20	35	40	50	60	70	90	115	135	150	150
100	5	70	100	130	150	150	150	150	150	150	150
	10	55	75	100	120	150	150	150	150	150	150
	15	45	60	75	90	110	150	150	150	150	150
	20	35	45	55	70	80	110	130	150	150	150

1.4.5. Расчет по методике ACI 347R (США)

Согласно ACI для расчета давления свежеприготовленной бетонной смеси различают формы поперечного сечения и диапазоны скорости бетонирования. При расчетах учитываются:

- форма поперечного сечения;
- вертикальная скорость;
- температура свежеприготовленной бетонной смеси;
- высота бетонирования.

За основу веса свежего бетона принимается величина 2400 кг/м³

Для опор в качестве давления бетона считается:

$$P_b = 7,19 + \frac{785 \times V_b}{17,78 + T_t} \cdot \text{кН/м}^2 \quad (1.8)$$

В качестве предельных значений давления свежеприготовленной бетонной смеси для опор установлены следующие значения:

$$P_{\min} = 28,74, \text{ кН/м}^2 \quad (1.9)$$

$$P_{\max} = 143,7$$
$$P_{\max} = 23,5 \times h \cdot \text{кН/м}^2 \quad (1.10)$$

За основу берется меньшее значение.

Различают диапазоны вертикальной скорости:

$$V_b < 2,14, \text{ м/ч} \quad (1.11)$$

Для стен используется та же формула, что и для опор.

$$2,14 < V_b < 3, \text{ м/ч} \quad (1.12)$$

$$P_b = 7,19 + \frac{1155}{17,78 + T} + \frac{244 \times V_b}{17,78 + T_t}, \text{ кН/м}^2 \quad (1.13)$$

$$V_b > 3, \text{ м/ч} \quad (1.14)$$

$$P_b = 23,5 \times h \cdot \text{кН/м}^2 \quad (1.15)$$

В качестве предельных значений давления свежеприготовленной бетонной смеси для стен установлены следующие значения:

$$P_{\min} = 28,74, \text{ кН/м}^2 \quad (1.16)$$

$$P_{\max} = 95,8$$
$$P_{\max} = 23,5 \times h \cdot \text{кН/м}^2 \quad (1.17)$$

За основу принимается меньшее значение.

1.4.6. Примеры расчета

Произведен расчет давления бетона на элементы опалубок стен и опор, исходные данные по табл. 1.9. Для удобства расчета все обозначения в формулах различных методик приведены к одному виду и сведены в единую таблицу (табл. 1.10).

Таблица 1.9

**Исходные данные для расчета
давления свежеприготовленной бетонной смеси**

Характеристики	Ед. изм.	Пример 1. Опалубка для стен	Пример 2. Опалубка опоры
Высота бетонирования, h	м	4	6
Скорость бетонирования, x	м/ч	3,0	6,0
Температура бетонной смеси, t	°C	15	15
Толщина стены, d	мм	300	—
Осадка конуса, O_k	мм	75	75
Объемный вес бетонной смеси, c	кН/м ³	25	25
Наличие добавок		—	—
Поперечное сечение	м	—	0,5×0,5

Расчет «Стены»

По СНиП III-15-76:

$$P = \rho(0,27v + 0,78)K_1K_2, \text{ т.к. } v \geq 0,5 \text{ м/ч,}$$

где $K_1 = 1,2$, т.к. $O_k = 75$ мм

$$K_2 = 1,0, \text{ т.к. } t = 15^\circ\text{C}$$

$$P = 25,0(0,27 \times 3 + 0,78) \times 1,2 \times 1,0 = 47,7 \text{ кН/м}^2.$$

По DIN 18218:

$$P = \rho(0,48v + 0,74)k_2K_2, \text{ кН/м}^2$$

где $k_2 = 1,0$, т.к. бетонная смесь без добавок

$$K_2 = \frac{145 - 3 \times t}{100} = \frac{145 - 3 \times 15}{100} = 1,0$$

$$P = 25,0 \times 1,0 \times 1,0 \times (0,48 \times 3 + 0,74) = 54,5, \text{ кН/м}^2$$

Методики расчета давления бетонной смеси

Стандарты	Объемный вес бетонной смеси, (ρ) , кН/м^3 (кг/м^3)	Скорость бетонирования конструкции (v), м/ч	Высота бетонирования (h), м	Коэффициент поперечного сечения опалубки (k_1)	Коэффициент добавки (k_2)	Коэффициент зависящий от подвижности бетонной смеси (K_1)	Коэффициент, учитывающий влияние температуры бетонной смеси (K_2)	Давление бетонной смеси (P), кН/м^2 (кгс/м^2)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
СНиП III-15-76 (Россия)	25 (2500)	$v < 0,5$	$h \leq R$, м	не учитывается	не учитывается	$K_1 = 0,8$ $OK = 0 \dots 2 \text{ см};$ $K_1 = 1$ $OK = 4 \dots 6 \text{ см};$ $K_1 = 1,2$ $OK = 7 \dots 12 \text{ см}$	$K_2 = 1,5$ $t = 5 \dots 7^\circ\text{C};$ $K_2 = 1,0$ $t = 12 \dots 17^\circ\text{C};$ $K_2 = 0,85$ $t = 28 \dots 32^\circ\text{C}$	$P = \rho (0,27v + 0,78) K_1 K_2$
		$v \geq 0,5$	$h \geq 1 \text{ м}$					
DIN 18218 (Германия)	25 (2500)	$v \leq 10$	не учитывается	не учитывается	$k_2 = 1,15$ ($OK = 0$ см жесткий бетон); $k_2 = 1,25$ ($OK = 0,5 \dots 2$ см малоподвижный бетон); $k_2 = 1,40$ ($OK > 2$ см подвижный и литой бетон); при замедлении схватывания 5 ч.	учитывается	$K_2 = \frac{145 - 3 \times t}{100}$, где t – температура свежего бетона.	$P = \rho (0,48v + 0,74) K_2 K_2$
					$k_2 = 1,45$ ($OK = 0$ см жесткий бетон); $k_2 = 1,25$ ($OK = 0,5 \dots 2$ см малоподвижный бетон); $k_2 = 1,80$ ($OK > 2$ см подвижный и литой бетон); при замедлении схватывания 15 ч. $k_2 = 1,0$ без добавок			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
CIRIA-108 (Великобритания)	25 (2500)	$v \leq 10$	учитываются	$k_1=1$ для стен $k_1=1,5$ для опор	$k_2=0,3$ для обычного бетона $k_2=0,45$ для бетона с замедлителем схватывания	не учитывается	$K_2 = \left(\frac{36}{t+16} \right)^2$, где t – температура свежего бетона.	$P = \rho \left(k_1 \sqrt{v} + k_2 K_2 \sqrt{h} - k_1 \sqrt{v} \right)$ или $P = \rho h$ принимается меньшее
CIB-FIB-CEB (Франция)	24 (2400)	$v \leq 8$	учитываются	учитывают толщину стен	не учитывается	учитывается	учитывается	Расчет по табл. 1.6...1.8 P_1 P_2 P_3 принимается меньшее
Стандарты	Объемный вес бетонной смеси, (ρ) , кН/м ³ (кг/м ³)	Скорость бетонирования конструкции (v), м/ч	Высота бетонирования (h), м	Коэффициент поперечного сечения опалубки (k_1)	Коэффициент добавки (k_2)	Коэффициент зависящий от подвижности бетонной смеси (K_1)	Коэффициент, учитывающий влияние температуры бетонной смеси (K_2)	Давление бетонной смеси (P), кН/м ² (кгс/м ²)

Продолжение таблицы 1.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
								опоры	стены
ACI 347 R (США)	24 (2400)	учитывается	учитывается		не учитывается	не учитывается	учитывается	предельные значения P (кН/м ²), принимается меньшее	
								$P_{min}=28,74$; $P_{max}=143,7$ или $23,5 \times h$	$P_{min}=28,74$; $P_{max}=95,8$ или $23,5 \times h$
								$P=7,19 + \frac{785 \times v}{17,78 + t}$	Если $v < 2,14$, то $P=7,19 + \frac{785 \times v}{17,78 + t}$; если $2,14 \leq v \leq 3$ $P=7,19 + \frac{1155}{17,78 + t} + \frac{244 \times v}{17,78 + t}$; если $v > 3$ $P=23,5 \times h$

По CIRIA 108:

$$P = \rho \left(k_1 \sqrt{v} + k_2 K_2 \sqrt{h - k_1 \sqrt{v}} \right), \text{ кН/м}^2$$

где $k_1=1,0$ – для стен;

$k_2=0,3$ – т.к. бетонная смесь без добавок.

$$K_2 = \left(\frac{36}{t+16} \right)^2 = \left(\frac{36}{15+16} \right)^2 = 1,35$$

$$P = 25,0 \times (1,0\sqrt{3} + 0,3 \times 1,35 \times \sqrt{4 - 1,0\sqrt{3}}) = 58,55 \quad , \text{ кН/м}^2.$$

По CIB-FIB-CEB:

$$P_1 = 100 \text{ кН/м}^2$$

$$P_2 = 55 \text{ кН/м}^2 \text{ Принимаем меньшее } P_2 = 55 \text{ кН/м}^2.$$

$$P_3 = 95 \text{ кН/м}^2$$

По ACI 347 R:

$$P = 7,19 + \frac{1155}{17,78 + t} + \frac{244 \times v}{17,78 + t} = 7,19 + 35,23 + 22,33 = 64,75. \quad \text{кН/м}^2$$

Расчет «Опор»

По СНиП III-15-76:

$$P = \rho (0,27v + 0,78) K_1 K_2, \text{ кН/м}^2$$

где $K_1=1,2$, т.к. ОК=75 мм;

$K_2=1,0$, т.к. $t = 15^\circ\text{C}$.

$$P = 25,0(0,27 \times 6 + 0,78) \times 1,2 \times 1,0 = 72 \quad . \text{кН/м}^2$$

По DIN 18218:

$$P = \rho \times \kappa_2 \times K_2 \times (0,48v + 0,74), \text{ кН/м}^2$$

где $K_2=1,0$, т.к. бетонная смесь без добавок

$$K_2 = \frac{145 - 3 \times t}{100} = 1,0$$

$$P = 25 \times 1,0 \times 1,0 \times (0,48 \times 6 + 0,74) = 90,5 \quad \text{кН/м}^2$$

По CIRIA-108:

$$P = \rho \left(k_1 \sqrt{v} + k_2 K_2 \sqrt{h - k_1 \sqrt{v}} \right) =$$
$$-25 \left(1,5\sqrt{6} + 0,3 \times 1,35 \sqrt{6 - 1,5\sqrt{6}} \right) = 109. \quad \text{кН/м}^2.$$

По CIB-FIB-CEB:

$$P_1 = 150 \text{ кН/м}^2$$

$$P_2 = 85 \text{ кН/м}^2 \text{ Принимаем меньшее } P_2 = 85 \text{ кН/м}^2.$$

$$P_3 = 150 \text{ кН/м}^2$$

По ACI 347 R:

$$P = 23,5 \times h = 23,5 \times 6 = 141 \text{ кН/м}^2. \quad \text{Принимаем } P_{\max} = 95,8 \text{ кН/м}^2$$

Таблица 1.11

Сравнение результатов расчета давления бетонной смеси по различным методикам

Метод расчета	Разница с величиной давления по DIN 18218 в %	
	стена	опора
СНиП III-15-76	-22,5	-20,4
DIN 18218	—	—
CIRIA-108	+7,3	+20,4
CIB- FIB- CEB	+0,9	+6,1
ACI 347 R	+18,8	+5,9

1.5. Меры по снижению сцепления бетона с опалубкой, очистка опалубки

Величина сцепления бетона с опалубкой достигает нескольких кгс/см². Это затрудняет работы по распалубке, ухудшает качество бетонных поверхностей и приводит к преждевременному износу опалубочных щитов.

На сцепление бетона с опалубкой оказывают влияние адгезия и когезия бетона, его усадка, шероховатость и пористость формирующей поверхности опалубки.

Под адгезией (прилипанием) понимают обусловленную молекулярными силами связь между поверхностями двух разнородных или жидких соприкасающихся тел [14]. В период контакта бетона с опалубкой создаются благоприятные условия для проявления адгезии. Клеящее вещество (адгезив), которым в данном случае является бетон, в период укладки находится в пластичном состоянии. Кроме этого, в процессе виброуплотнения бетона пластичность его еще более увеличивается, вследствие чего бетон сближается с поверхностью опалубки и сплошность контакта между ними увеличивается.

Бетон прилипает к деревянным и стальным поверхностям опалубки сильнее, чем к пластмассовым, из-за слабой смачиваемости последних. В табл. 1.12 приведены значения нормального сцепления бетонов с некоторыми опалубочными материалами [11].

Таблица 1.12

Сцепление бетонов с различными опалубочными материалами

Материалы	Нормальное сцепление бетонов в возрасте 1 сут, кгс/см ²			
	тяжелый бетон		керамзитобетон	
	В 12,5	В 7,5	В 125	В 15
Сталь без обработки и без смазки	1,85	1,31	1,81	2,41
Сталь со смазкой	0,47	0,35	0,39	0,45
Сосна строганная	1,25	1,12	1,17	1,32
Фанера водостойкая	1,15	1,08	1,11	1,22
Древесностружечная плита	1,20	1,16	1,18	1,20
Текстолит	0,29	0,20	0,24	0,26
Гетинакс	0,57	0,42	0,52	0,56
Фторопласт-4	0,19	0,13	0,14	0,15
Стеклопластик полиэфирный	0,31	0,23	0,24	0,26

Усилие отрыва опалубки, кгс, определяют по формуле

$$P_{от} = K_c \times \sigma_n \times F_{щ}, \quad (1.18)$$

где σ_n – нормальное сцепление, кгс/см²; $F_{щ}$ – площадь отрываемого щита (панели), м²; K_c – коэффициент, учитывающий жесткость щитов (панелей). Значения K_c для разных видов опалубки равны: мелкощитовой – 0,15, деревянной – 0,35, стальной – 0,40, крупнопанельной (панели из мелких щитов) – 0,25, крупнощитовой – 0,30, объемно-переставной – 0,45, для блок-форм – 0,55.

Дерево, фанера, сталь без обработки и стеклопластики хорошо смачиваются и сцепление бетона с ними достаточно большое, со слабо смачиваемыми (гидрофобными) гетинаксом и текстолитом бетон сцепляется незначительно.

Краевой угол смачивания (рис. 1.26) шлифованной стали больше, чем у необработанной. Однако сцепление бетона со шлифованной сталью снижается незначительно. Объясняется это тем, что на границе бетона и хорошо обработанных поверхностей сплошность контакта более высокая.

При нанесении на поверхность пленки смазки она гидрофобизуется, что резко уменьшает адгезию.

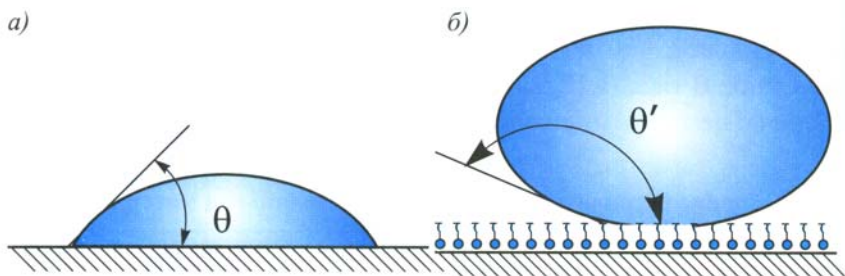


Рис. 1.26. Краевой угол смачивания различных поверхностей:
а - гидрофильной; б - гидрофобной (со смазкой)

Усадка отрицательно влияет на адгезию, а, следовательно, и на сцепление. Чем больше величина усадки в пристыковых слоях бетона, тем вероятнее появление в зоне контакта усадочных трещин, ослабляющих сцепление.

Под когезией в контактной паре опалубка – бетон следует понимать прочность на растяжение пристыковых слоев бетона.

Шероховатость поверхности опалубки увеличивает ее сцепление с бетоном. Это происходит потому, что шероховатая поверхность имеет большую фактическую площадь контакта по сравнению с гладкой.

Высокопористый материал опалубки тоже увеличивает сцепление, так как цементный раствор, проникая в поры, при виброуплотнении образует точки надежного соединения.

При снятии опалубки может быть три варианта отрыва.

При первом варианте адгезия очень мала, а когезия достаточно велика. В этом случае опалубка отрывается точно по плоскости контакта.

Второй вариант – адгезия больше, чем когезия. При этом опалубка отрывается по клеящему материалу (бетону).

Третий вариант – адгезия и когезия по своим величинам примерно одинаковы. Опалубка отрывается частично по плоскости контакта бетона с опалубкой, частично по самому бетону (смешанный или комбинированный отрыв).

При адгезионном отрыве опалубка снимается легко, поверхность ее остается чистой, а поверхность бетона имеет хорошее качество. Вследствие этого необходимо стремиться к обеспечению адгезионного отрыва. Для этого формирующие поверхности опалубки выполняют из гладких плохо смачиваемых материалов или наносят на них смазки и специальные антиадгезионные покрытия.

Смазки наносятся на опалубку для уменьшения сцепления ее с бетоном и предотвращения, таким образом, повреждений как поверхности бетона, так и опалубки. Они могут содержать активные вещества для одновременной защиты материала опалубки от коррозии или гниения. Смазки для опалубки в зависимости от их состава, принципа действия и эксплуатационных свойств можно разделить на четыре группы (рис. 1.27):



Рис. 1.27. Классификация смазок для опалубок

Водные суспензии порошкообразных веществ, инертных по отношению к бетону, являются простым и дешевым, но не всегда эффективным средством для устранения прилипания бетона к опалубке. Принцип действия основан на том, что в результате испарения воды из суспензий до бетонирования на формирующей поверхности опалубки образуется тонкая защитная пленка, препятствующая прилипанию бетона.

Чаще других для смазки опалубки применяют известково-гипсовую суспензию, которую готовят из полуводного гипса (0,6...0,9 вес. ч.), известкового теста (0,4...0,6 вес. ч.), сульфитно-спиртовой барды (0,8...1,2 вес. ч.) и воды (4...6 вес. ч.).

Суспензионные смазки стираются бетонной смесью при уплотнении и загрязняют бетонные поверхности, вследствие чего их применяют редко.

Наиболее распространены гидрофобизирующие смазки на основе минеральных масел, эмульсола ЭКС или солей жирных кислот (мыл).

После их нанесения на поверхность опалубки образуется гидрофобная пленка из ряда ориентированных молекул (см. рис. 1.26), которая ухудшает сцепление материала опалубки с бетоном. Недостатком таких смазок является загрязнение поверхности бетона, высокая стоимость и пожароопасность. Примером удачного состава (отсутствие растворителей, возможность выполнения работ при отрицательных температурах, не загрязняет поверхность) является смазка АСОКА-СО/5005, которая может применяться для любого вида опалубки.

В третьей группе смазок используются свойства бетона схватываться замедленно в тонких пристыковых слоях. Для замедления схватывания в состав смазок вводят мелассу, танин и др. Недостаток таких смазок – сложность регулирования толщины слоя бетона, в котором замедляется схватывание.

Наиболее эффективны комбинированные смазки, в которых используются свойства формирующих поверхностей в сочетании с замедлением схватывания бетона в тонких пристыковых слоях. Такие смазки готовят в виде так называемых обратных эмульсий. В некоторые из них помимо гидрофобизаторов и замедлителей схватывания вводят пластифицирующие добавки: сульфитно-дрожжевую барду (СДБ) или мылонафт. Эти вещества при виброуплотнении пластифицируют бетон в пристыковых слоях и снижают его поверхностную пористость.

Состав некоторых комбинированных смазок типа обратных эмульсий и условия их применения указаны в табл. 1.13.

Таблица 1.13

Составы комбинированных смазок типа ЭСО-ГИСИ

Тип смазки	Количество компонентов, вес. ч.							Применение
	Обработанное масло	Известковое молоко	Вода	10%-ный раствор азотнокислого цинка	Эмульсия «Оксален-30»	3%-ный раствор СДБ	3%-ный раствор мылонафта	
ЭСО-24	2,5	1,2	-	4,0	-	-	-	Для фанерной и дощатой опалубок
ЭСО-25	2,5	1,25	-	1,25	-	0,5	-	
ЭСО-27	2,5	1,2	-	1,0	0,5	1,0	-	Для деревянной и металлической опалубок
ЭСО-27А	2,5	1,2	0,5	1,0	0,25	-	1,0	
ЭСО-29	2,5	1,0	-	1,0	0,15	-	0,5	

Смазки ЭСО-ГИСИ готовят в ультразвуковых гидродинамических смесителях, в которых механическое перемешивание компонентов сочетается с ультразвуковым. Для этого в бак смесителя заливают компоненты и включают мешалку.

Установка для ультразвукового перемешивания состоит из циркуляционного насоса, всасывающего и напорного трубопроводов, распределительной коробки и трех ультразвуковых гидродинамических

ких вибраторов – ультразвуковых свистков с резонансными клиньями. Жидкость, подаваемая насосом под избыточным давлением $3,5...5 \text{ кгс/см}^2$, истекает с большой скоростью из сопла вибратора и ударяется о клиновидную пластину. При этом пластина начинает вибрировать с частотой $25...30 \text{ кГц}$. В результате в жидкости образуются зоны интенсивного ультразвукового перемешивания с одновременным делением компонентов на мельчайшие капельки. Длительность перемешивания $3...5 \text{ мин}$.

Эмульсионные смазки обладают стабильностью, они не расслаиваются в течение $7...10$ суток. Применение их полностью устраняет прилипание бетона к опалубке; они хорошо удерживаются на формирующей поверхности и не загрязняют бетон.

Наряду с правильным выбором смазки важно также их правильное нанесение. Способ нанесения зависит: от вязкости; положения поверхности. Иногда необходимо учитывать погодные условия. Жидкие смазки рекомендуется наносить обычными распылителями, обеспечивающими получение равномерного слоя с небольшим расходом при любом положении поверхности опалубки (рис. 1.28).

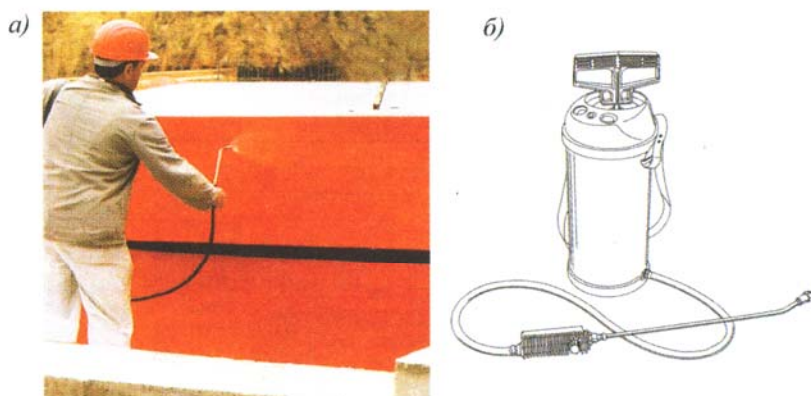


Рис. 1.28. Смазка элементов опалубки: *а* - опрыскивание поверхности опалубки; *б* - бачок-распылитель фирмы PERI

Можно также применять кисти, щетки, валики. Горизонтальные или слабо наклонные опалубки целесообразно обрабатывать механическими щетками, снижающими трудозатраты и улучшающими распределение особенно смазок жесткой консистенции. Эмульсии нельзя

наносить во время дождя, так как при этом сильно замедляется процесс распада и возникает опасность стекания эмульсии с опалубки и ее разжижения. Их необходимо защищать от мороза и не следует наносить при низких температурах. Образующийся в отдельных местах избыток смазки необходимо удалять губкой или резиновыми щетками и опалубку в этом месте дополнительно обработать.

Применение эффективных смазок снижает вредное воздействие на опалубку некоторых факторов. В ряде же случаев использовать смазки нельзя. Так, при бетонировании в скользящей или подъемно-переставной опалубке применять такие смазки запрещено из-за их попадания в бетон и снижения его качества.

Хороший эффект дают антиадгезионные защитные покрытия на основе полимеров. Их наносят на формирующие поверхности щитов при их изготовлении, и они выдерживают 20...35 циклов без повторного нанесения и ремонта. Такие покрытия полностью устраняют прилипание бетона к опалубке, улучшают качество его поверхности, а также защищают деревянную опалубку от намокания и коробления, а металлическую – от коррозии. Для металлических щитов в качестве антиадгезионного покрытия рекомендуется эмаль СЭ-3, в состав которой входит эпоксидная смола (4...7 вес. ч.), метилполисилоксановое масло (1...2 вес. ч.), свинцовый глет (2...4 вес. ч.) и полиэтиленполиамин (0,4...0,7 вес. ч.). Сметанообразную пасту из этих компонентов наносят на тщательно очищенную и обезжиренную металлическую поверхность кистью или шпателем. Покрытие твердеет при 80...140°C в течение 2,5...3,5 ч. Оборачиваемость такого покрытия достигает 50 циклов без ремонта.

Для дощатой и фанерной опалубки разработано покрытие на основе фенолформальдегида. Его напрессовывают на поверхность щитов при давлении до 3 кгс/см² и температуре + 80°C. Это покрытие полностью устраняет прилипание бетона к опалубке и выдерживает до 35 циклов без ремонта.

Несмотря на довольно высокую стоимость, антиадгезионные защитные покрытия выгоднее смазок в связи с их многократной оборачиваемостью.

Очистка опалубки. После распалубки из опалубки вытаскивают гвозди и очищают ее от прилипшего бетона. Для очистки применяют скребки, ручные устройства и очистительные машины (рис. 1.29). Применение того или иного способа зависит от вида поверхности опалубки, размеров элементов, степени загрязнения, объема

работ по очистке. Скребок сильно истирает поверхность опалубки и пригоден только для обработки досок и щитов с шероховатой поверхностью, но его нельзя применять для опалубок с улучшенной поверхностью. Применение скребка дает низкую производительность работ по очистке и требует больших трудозатрат, поэтому его следует применять только при небольших объемах работ.

Ручное очистительное устройство работает аналогично шлифовальной машине. Очистительный орган состоит из одной или двух вращающихся щеток, пластмассовых или шлифовальных дисков,

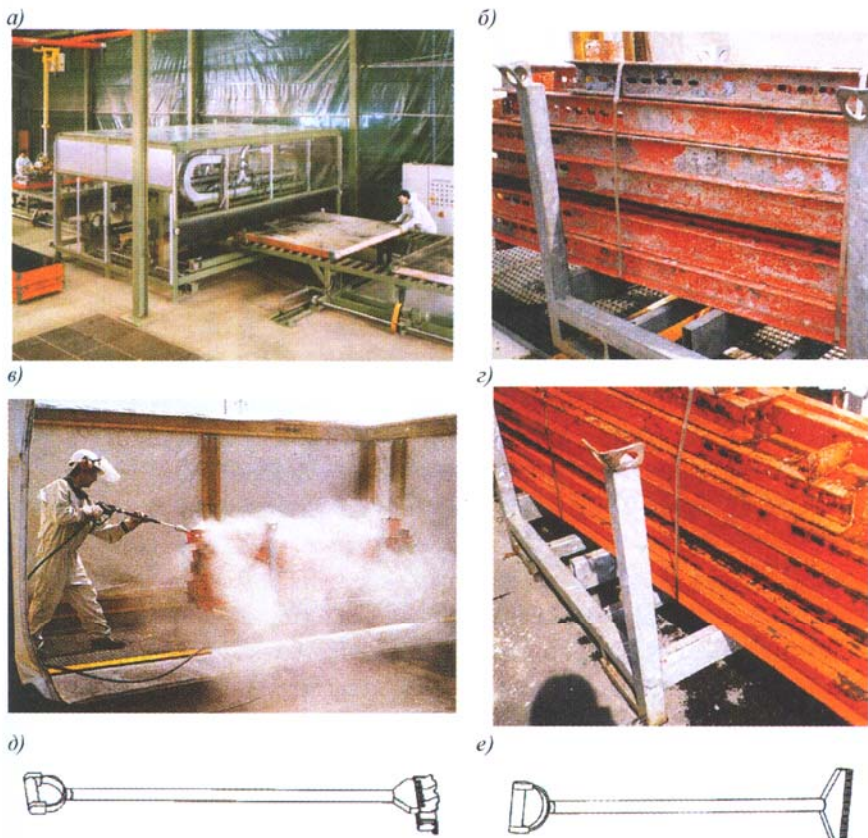


Рис. 1.29. Очистка элементов опалубки: *а* - установка для очистки элементов; *б* - загрязненные элементы опалубки; *в* - очистка водой под высоким давлением; *г* - очищенные элементы опалубки; *д* - универсальный скребок 100×850 мм; *е* - универсальный скребок со стальными съемными полотнами от 50×850 мм до 175×1300 мм

работающих с разным эффектом. Эти устройства более производительны, чем скребки, и пригодны также для гладких улучшенных поверхностей.

Очистительные машины бывают подвижные или стационарные. Рабочий орган подвижной машины состоит из сменных вращающихся щеток из проволоки, перлона или естественного волокна и их сочетания, а также шлифовальных дисков. В комплекте набор для всех видов поверхности. Эти машины можно устанавливать только на горизонтальной поверхности. Их также применяют для последующего нанесения смазок. При стационарных машинах опалубку помещают в машину, где она очищается с двух или четырех сторон стальными молоточками, валками, циклевками, вращающимися щетками или комбинацией этих элементов (рис. 1.29, а). Опалубку после этого пропускают через установку для пропитки, где она снова покрывается смазкой.

ГЛАВА 2. КОНСТРУКЦИИ ОПАЛУБОК

2.1. Разборно-переставные опалубки

Разборно-переставные опалубки бывают двух типов: мелкощитовые и крупнощитовые. Установка первых может осуществляться вручную, крупнощитовая опалубка требует кранового монтажа. Современные системы опалубок применимы для бетонирования фундаментов, колонн, ригелей, стен, перекрытий и других конструктивных элементов зданий [1,8 9,13 30].

2.1.1. Опалубки стен и колонн

2.1.1.1. Мелкощитовая опалубка

Она состоит из нескольких типов небольших по размеру щитов, выполненных из стали, фанеры, или комбинированных, а также элементов креплений и поддерживающих устройств. Щиты имеют площадь не более 3 м², масса одного элемента такой опалубки не должна превышать 50 кг, что позволяет при необходимости устанавливать и разбирать опалубку вручную. При этом выдерживается боковое давление бетонной смеси на опалубку до 60 кН/м². Для использования механизмов и снижения трудозатрат щиты опалубки можно предварительно собрать в крупноразмерные плоские опалубочные панели или пространственные блоки, которые будут устанавливаться и сниматься с помощью кранов.

Мелкощитовые опалубки отличаются высокой универсальностью, их можно использовать для возведения самых различных конструкций – фундаментов, колонн, стен, балок, перекрытий. Тщательная обработка поверхности фанерной палубы дает возможность ее эксплуатировать до 200 циклов. Простота крепления щитов к каркасу позволяет быстро заменять изношенную палубу.

Технологичность монтажа и демонтажа опалубочных систем определяется, прежде всего, конструкцией соединительных элементов. В отечественных опалубках применяют замковые соединения в виде муфты или металлического стержня с чекой и болтовые соединения. При разборке, а особенно при заклинивании, такое решение требует больших усилий и значительных трудозатрат. При укрупнительной сборке часто используют морально устаревшие болтовые соединения, зарубежный же опыт основан на исключении болтовых соединений.

Существенным недостатком мелкощитовых опалубок являются большие трудозатраты на установку и снятие опалубки, низкий уровень механизации этих процессов.

Мелкощитовая опалубка «Фрамакс» фирмы «Дока». Рамная мелкощитовая опалубка «Фрамакс» нашла широкое распространение на строительных площадках Московского региона. Опалубка предназначена для бетонирования стен, фундаментов и колонн. При едином конструктивном решении опалубка имеет ряд модификаций. При боковом давлении бетонной смеси до 80 кН/м^2 может быть использована стальная рама, горячеоцинкованная, благодаря закрытому контуру и порошкообразному покрытию поверхность конструкции легко и быстро очищается от бетонной смеси. При давлении, не превышающем 60 кН/м^2 , и установке элементов вручную применяют аналогичную алюминиевую рамную опалубку «Алю-Фрамакс». Палуба для этих двух вариантов одинаковая, зажимные и крепежные приспособления и комплектующие детали те же самые.

Особенностью опалубочной системы «Фрамакс» является малое количество опалубочных элементов. Применимы три высоты: 1,35, 2,70 и 3,30 м, по ширине элементы имеют размеры 1,35, 0,90, 0,60, 0,45 и 0,30 м или 5 типоразмеров. Конструкция элементов и их стыков позволяет располагать их как вертикально, так и горизонтально, что облегчает опалубливание поверхностей самых разных размеров. Для больших площадей опалубливания и при объединении щитов в крупнопанельную опалубку целесообразно использовать крупноразмерный щит $2,7 \times 2,4 \text{ м}$ (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Рамные элементы «Фрамакс»

Размеры,	Масса, кг	Размеры, м	Масса, кг	Размеры, м	Масса, кг
0,3×2,7	60	0,3×1,35	31,1	0,3×3,3	769
0,45×2,7	74	0,45×1,35	39,3	0,45×3,3	95 4
0,6×2,7	88,5	0,6×1,35	47,1	0,6×3,3	112 8
0,9×2,7	116,8	0,9×1,35	64,8	0,9×3,3	156
1,35×2,7	201,2	1,35×1,35	101,5	1,35×3,3	251 5

Универсальные элементы

2,4×2,7	379,0	0,9×2,7	141,0	0,9×1,35	76,2
0,9×0,9	60,5	0,9×3,3	179,5		

Палуба может быть изготовлена в нескольких вариантах – из водостойкой фанеры толщиной 21 мм, алюминиевых и стальных оцинкованных листов, которые крепятся к каркасу сзади на винтах, что обеспечивает чистую и гладкую поверхность бетонируемой конструкции и облегчает замену палубы.

Соединение элементов опалубки между собой можно осуществлять в любом месте рамы быстро и надежно благодаря тому, что контурная рама элемента опалубки имеет специальный желоб, проходящий по внешнему профилю рамы. Для соединения двух элементов между собой применяют быстродействующие и универсальные зажимные приспособления (если между щитами опалубки располагается вставка), которые позволяют фиксировать соединение элементов простым ударом молотка. Фирма «Дока» использует быстроразъемные зажимные приспособления. Для восприятия горизонтального распора применяют винтовые замки с барашками, что обеспечивает быструю установку и снятие.

Опалубка приспособлена для возведения мелких и крупных строений.

Для соединения щитов опалубки между собой в единую опалубочную систему применяют анкерные стержни с винтовой нарезкой, вставляемые в специально оставленные в каркасе опалубки анкерные втулки.

Закрепление и фиксация анкерных болтов происходят с помощью специальных анкерных пластин с большой площадью прилегания к поверхности и анкерных гаек, составляющих с пластинами единое целое. Анкерная гарнитура решена таким образом, что позволяет анкерным стержням, проходя через коническую анкерную втулку, крепить элементы каркаса наклонно друг к другу. Конструкция анкерной пластины обеспечивает жесткое прилегание к опалубке и надежное крепление анкерных гаек.

Высокопрочные рамы каркаса и жесткая конструкция палубы делают щиты устойчивыми и малодеформируемыми, что позволяет соединять противостоящие щиты опалубки с помощью всего двух анкеров, обеспечивая тем самым высокую гибкость системы.

Мелкощитовая опалубка «Фрамэко» фирмы «Дока». В настоящее время фирма «Дока» рекомендует для применения улучшенную рамную опалубочную систему «Фрамэко». Стальная рама опалубки из коробчатого профиля, горячеоцинкованная, обеспечивает высокую прочность и жесткость, предохраняет торцы плиты опалубки от по-

вреждений. Имеющийся желоб по внешнему профилю рамы позволяет соединять примыкающие элементы опалубки в любом месте, в вертикальном и горизонтальном положении. В качестве соединительных деталей и комплектующих элементов можно использовать изделия системы «Фрамакс». Рамные профили систем одинаковые, опалубочная плита системы «Фрамэко» стала тоньше, толщиной 18 мм.

Единственный крупный элемент 2,4×3,0 м массой 330 кг, остальные элементы, рассчитанные на нагрузку 60 кН/м², имеют три параметра ширины – 1,0, 0,75 и 0,5 м и два параметра высот 3,0 и 1,2 м (табл. 2.2). Для опалубки колонн разработаны специальные элементы, допускающие давление бетонной смеси до 90 кН/м². Щиты опалубки имеют ширину 0,9 м и три параметра высот – 3,0, 1,8 и 1,2 м, что позволяет оптимально подогнать опалубку к необходимой высоте колонны. Удобное расположение отверстий на щитах опалубки дает возможность опалубить колонны с поперечным сечением до 75×75 см с шагом 5 см.

Быстродействующие зажимные приспособления позволяют быстро и жестко соединять все элементы системы. Детали приспособления прикреплены друг к другу, их невозможно потерять. Они устойчивы против загрязнения. Элементы между собой соединяют специальным штырем, который забивают в специальное отверстие молотком. При этом соединяемые элементы стягиваются, зажимное приспособление предохраняет стык от растяжения, благодаря наличию желобов у рамы щитов они рихтуются и с наружной стороны оказываются в заподлицо.

Универсальное зажимное приспособление выполнено так, что его составляющие при разъединении не теряются, оно устойчиво к загрязнению, крепится на опалубке с помощью молотка. В отличие от быстродействующего приспособления, универсальное позволяет установку между щитами опалубки бруса или другого элемента, общая ширина стыка может достигать до 15 см.

Таблица 2.2

Рамные элементы «Фрамэко»

Размеры, м	Масса, кг	Размеры, м	Масса, кг	Размеры, м	Масса, кг
1,0×3,0	123,3	0,75×3,0	99,5	0,5×3,0	75,5
1,0×1,2	54,5	0,75×1,2	43,5	0,5×1,2	32,5

Универсальные элементы

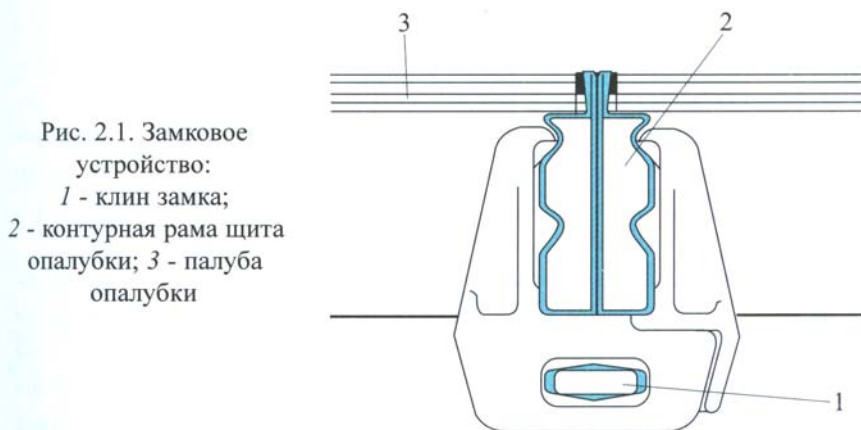
0,9×3,0	102,5	0,9×1,8	89,5	0,9×1,2	48,5
---------	-------	---------	------	---------	------

Системы опалубки фирмы «Мева». Немецкая фирма «Мева» выпускает несколько типов опалубки, общих по решению, но отличающихся некоторыми конструктивными особенностями. Опалубочная система «Мева» предназначена для опалубливания любых горизонтальных и вертикальных строительных конструкций. Эта система отличается несколькими характерными и оригинально спроектированными конструктивными элементами.

Опалубочный замок обеспечивает быстрое и безопасное соединение двух щитов опалубки в горизонтальных и вертикальных конструкциях в любом месте конструктивной рамы. Замкнутые профили рам и ребер жесткости создают опалубочные соединения, успешно противостоящие нагрузкам кручения, облегчают процессы стыковки элементов, повышают безопасность строительства. Элементы функционального крепления противостоящих щитов опалубки между собой включают встроенные гайки со специальной нарезкой, что резко снижает затраты труда и облегчает все соединения.

Специфика щитов опалубки фирмы «Мева» – все рамы щитов выполнены из стального, алюминиевого или смешанного каркаса, они сделаны из неразъемного полого профиля с выгнутым гофром и надежной защитой кромок элементов палубы. Запатентованные замковые соединения щитов опалубки подходят для всех систем фирмы «Мева» и являются силовыми, что позволяет их использовать в любом месте рамы.

При накладывании замка (рис. 2.1) стягиваются два щита (у них выравнивается днище) и нижние части профилей, а ударом молотка замыкаются элементы путем стягивания их в местах специального



скоса. Масса замка 2,8 кг, он может быть вставлен и закреплен одной рукой. Клин в замке несъемный, что постоянно обеспечивает комплектность замка.

Достоинство данного конструктивного решения опалубки – жесткость не только щитов, но и в целом опалубочной панели от моментов кручения. Опалубка позволяет устанавливать щиты не только вертикально, но и горизонтально, что сокращает номенклатуру щитов, а жесткость и прочность соединения щитов при этом не уменьшаются.

Щитовая опалубка «Стар тек» фирмы «Мева» (стальная рама с алюминиевыми ребрами). Опалубка типа «Стар тек» является универсальной системой; она имеет в основе стальные рамы из неразъемных полых профилей с сформированным гофром. Ширина профиля 4 см, высота – 12 см, толщина профиля определена по условиям статической работы и принята до 3,6 мм. Поверхность рамы лакированная. Для уменьшения массы внутренние элементы жесткости – подкосы и распорки – выполнены из алюминия и крепятся к стальной раме методом клеевого сцепления. Такое решение каркаса обеспечивает жесткость конструкции для кранового монтажа при площади щитов до 40 м² и позволяет осуществлять ручной монтаж отдельных элементов. Опалубка рассчитана на статическую нагрузку 70 кН/м². Оптимальное применение – для стен и фундаментов.

Выпускают элементы трех высот – 2,70, 1,35 и 0,90 м, ширина элементов имеет 9 типоразмеров – 2,70, 1,35, 0,90, 0,75, 0,55, 0,50, 0,45, 0,30, 0,25 м. Масса элементов для типоразмеров 2,70 и 1,35 м составляет 55 кг на 1 м², для остальных элементов масса не превышает 40.

В качестве палубы принята высококачественная многослойная фанера, для элементов шириной до 0,90 м толщина фанеры составляет 15 мм, для элементов шириной 1,35 и 2,70 м толщина фанеры увеличена до 18 мм. Фанера имеет двустороннее покрытие из синтетической смолы. Листы к раме крепятся с наружной стороны с помощью винтов с режущей кромкой, все отверстия заделывают пластмассовыми гильзами, примыкания щитов к раме обработаны силиконом.

Комплекующие и замковые соединения аналогичны соединениям фирмы «Дока». Быстродействующее зажимное приспособление устанавливают одной рукой, оно стягивает примыкающие щиты, при легком ударе молотком по штырю-зажиму щиты выравниваются без смещения, образуется жесткий узел. Для соединения и раскрепления

щитов опалубки предусмотрены фланцевые винты, для установки которых в рамах опалубки имеются сквозные отверстия.

Мелкощитовая опалубка «Алу стар» фирмы «Мева» (каркас опалубочных щитов из алюминия). Опалубка «Алу стар» фирмы «Мева» имеет рамы, выполненные из алюминиевых неразъемных двухкамерных профилей. Ширина профиля принята 4 см, высота – 12 см. Толщина профиля для элементов различной площади увязана со спецификой статической работы. Рама дополнительно усилена посредством поперечного ребра, которого нет в металлическом каркасе системы «Стар тек». Поверхность профиля защищена пластмассовым напылением, что повышает его ударостойкость, устойчивость к царапинам. Расчетная нагрузка 60 кН/м².

Номенклатура элементов включает две высоты – 2,70 и 1,35 м, по ширине для обеих высот приняты только 7 размеров – 0,90, 0,75, 0,55, 0,50, 0,45, 0,30 и 0,25 м. Максимальную массу 48 кг имеют элементы размером 2,70×0,90 м, для остальных элементов масса находится в пределах 30 кг на 1 м².

Для палубы используют многослойную высококачественную фанеру толщиной 15 см с двусторонним покрытием синтетической смолой – пластмассовым порошковым покрытием, отталкивающим бетон, что значительно снижает затраты на очистку опалубки. Фанеру крепят к раме винтами с режущей кромкой, отверстия заделывают коническими пластмассовыми гильзами, примыкание щитов к раме предохранено силиконом.

Использованы комплектующие, аналогичные комплектующим фирмы «Дока». Для соединения щитов между собой достаточно два замковых соединения на щит. Фланцевые винты применяют для крепления всех вспомогательных частей к элементам и для устройства распора опалубки. Для заключительного выравнивания установленной опалубочной панели используют ригели длиной 50 см.

Опалубка имеет следующие достоинства. Благодаря применению двухкамерного и неразъемного профиля рама оказалась жесткой и прочной. Использование в каркасе рамы из алюминия снизило массу изделий, все щиты можно устанавливать вручную, т.е. отсутствует крановый монтаж опалубки. Применены легкие замковые соединения. Пластмассовое покрытие палубы адгезиестойкое, ударостойкое, устойчивое к царапинам. При легком ударе молотком исключаются механические повреждения на поверхности щитов.

Мелкощитовая рамная опалубка «ЭкоАз» предназначена для опалубки фундаментов ленточного и стаканного типов и предусматривает ручную сборку. Щиты имеют высоту 2,40, 1,60, 1,20 и 0,80 м; ширину от 2,50 до 0,80 м, максимальная масса щита составляет 60 кг, нагрузка на опалубку 50 кН/м².

Мелкощитовая опалубка «Расто» фирмы «Тиссен». Немецкая фирма «Тиссен» широко внедряет свои опалубочные системы. В частности, ею разработаны комплекты опалубки, взаимодополняющие друг друга: мелкощитовая опалубка «Расто», крупнощитовая опалубка «Манто» и опалубка для перекрытий «Компакт».

Опалубка «Расто» предназначена для ручной установки щитов. Она проста в использовании, прочна, выдерживает давление бетонной смеси до 60 кН/м², многопрофильна, может применяться в различных областях строительства.

Основной элемент – щит высотой 2,70 м; для сооружений повышенной высоты применимы доборные щиты высотой 1,50 м, шириной от 0,45 до 0,90 м с градацией через 5 см. Щиты легко комбинировать по вертикали и горизонтали, подгонка осуществляется по длине при модуле 5 см, наращивание щитов возможно как при совпадении горизонтальных швов, так и при их смещении.

Система «Расто» выполняется из горячеоцинкованной стали, элементы опалубки обладают высокой выносливостью и прочностью. Рама опалубки выполнена из металлического профиля высотой 12 см, по периметру рама имеет выступ высотой 14 мм, который предохраняет торцы палубы со всех сторон. Рама снабжена продольными ребрами через 30 см, в зависимости от ширины щитов имеет 1...2 поперечных ребра. Наличие в определенных местах угловых креплений обеспечивает высокую жесткость и устойчивость щитов, а применение полых профилей для рамы значительно снижает их массу. Щит размером 2,7×0,75 м весит всего 60 кг и допускает перемещение и монтаж вручную.

Для соединения щитов применяют универсальные расто-сжимы. Комби-сжим длиной 40 см соединяет два примыкающих элемента за один рабочий поворот барашка стык в стык, противодействуя растяжению, возможной вибрации и давлению бетонной смеси. Сжим не только выверяет и обеспечивает соосность щитов, жесткость стыка позволяет крановый подъем щитов общей площадью до 40 м². Когда необходимо соединять «стоящие» и «лежащие» щиты или между щитами устанавливать вставку шириной до 15 см, применяют раздвиж-

ные комби-сжимы длиной 55 см. Разработаны и специальные угловые раздвижные сжимы с люфтом до 6 см. Замковые соединения опалубки «Расто» позволяют одним движением планки зацепить зажимные колодки, обеспечивающие плотное соединение соседних щитов. Демонтаж этих клино-эксцентриковых замков прост и не требует сверхусилий. Замковые соединения располагаются при монтаже по месту необходимости и позволяют легко осуществлять демонтаж без нарушения устойчивости общей системы опалубки.

Если при производстве работ используется не вся номенклатура изделий мелкощитовой опалубки «Расто», то применяются 5-сантиметровые компенсаторы для закрепления в опалубке по длине стены и в угловых частях. В комплект опалубки могут входить специальные щиты опалубки колонн, которые позволяют иметь прямоугольные и квадратные формы размерами от 0,15×0,15 до 0,55×0,55 м.

Предусмотрены анкеры для соединения щитов опалубки между собой, раскрепления опалубки колонн, стен и перегородок. Имеются распорки разной длины для выверки щитов опалубки, обеспечения пространственной жесткости системы щитов – блока опалубки при установке и бетонировании.

Мелкощитовая опалубка фирмы «Далли». Опалубка фирмы «Далли» состоит из модульных элементов, что позволяет комплектовать опалубочную панель при вертикальном и горизонтальном расположении щитов. Основное достоинство опалубки в том, что из минимального количества элементов и оригинального крепежа можно собирать вручную опалубку самых различных горизонтальных и вертикальных конструкций. Щиты выпускают трех размеров по высоте 2,64; 1,32 и 0,88 м и 10 размеров по ширине от 0,75 до 0,20 м с градацией через 5 см, стандартные щиты размером 2,64×0,75 м весят 60 кг, допускается ручной монтаж элементов опалубки. На торцах каждого щита предусмотрены две приваренные шестигранные гайки для прочного стыревого соединения двух примыкающих щитов.

Рабочая поверхность опалубки представляет собой 5-слойную деревянную плиту толщиной 21 мм с двусторонней усиленной облицовкой, что позволяет при регулярной очистке и смазке применять каждый элемент опалубки не менее 350 раз. Элементы рамы щитов выполнены из листовой стали с накладками и косынками, что делает каркас достаточно жестким, но значительно снижает массу щита. Каждый щит крепится всего двумя стяжными штырями, окончательное закрепление с помощью крыльчатой гайки вручную. Фирмой

разработаны собственные болтовые (беззамковые) зажимы, которые вставляются в сквозное отверстие двух соседних щитов и крепко их сжимают одним ударом молотка. Если два соседних щита смещены по вертикали, то можно использовать специальную скобу, которую закрепляют в любом месте также одним ударом молотка. Такое закрепление происходит за счет двух кулачков, с помощью которых профили опалубок будут сжаты вместе. Опалубочную скобу снимают ударом молотка в обратном направлении.

Для образования угловых соединений предусмотрены наружные и внутренние уголкового элементы, позволяющие стыкование щитов осуществлять под любым углом. Разработаны специальные переставные жестяные листовые выравниватели-вставки, благодаря которым можно образовать опалубочную панель точно по требуемым размерам. Специфика щитов и угловых соединений позволяет применять опалубку «Далли» из стандартных элементов для стен разной толщины, высоты, различного очертания сооружения в плане.

Соединение противоположных щитов опалубки и их взаимная фиксация осуществляется с помощью специальных штырей с крыльчатой гайкой; штырь пропускается через специальное половинное отверстие, специально запроектированное на торцевых поверхностях опалубки. Опалубка для колонн фирмы «Далли» разработана для 4-х высот элементов: 3,0, 2,64, 1,32 и 1,0 м, конструкция позволяет осуществлять наращивание по высоте, размеры колонн от 0,1×0,1 до 0,8×0,8 м с шагом 2,5 см.

2.1.1.2. Крупнощитовая опалубка

Опалубка включает щиты размером 3...20 м² повышенной несущей способности и применяется для конструкций с большими опалубливаемыми поверхностями. Элементы опалубки совмещают в себе палубу с поддерживающими прогонами и ребрами. Увеличение размеров щитов опалубки позволяет резко снизить трудоемкость работ по опалубливанию конструкций и более полно реализовать комплексную механизацию процессов. Крупнощитовая опалубка наиболее универсальна и мобильна в использовании и позволяет существенно улучшить качество конструкций за счет снижения количества сопряжений, при этом высота щита принимается равной высоте яруса бетонирования.

Опалубка предназначена для возведения крупноразмерных монолитных конструкций самых разнообразных сооружений, установка и

снятие опалубки осуществляется только кранами. Конструктивно опалубка состоит из четырех элементов. Щиты опалубки являются самонесущими и включают палубу, элементы жесткости щита и несущие конструкции. Такие щиты оборудуют подмостями, подкосами для установки и первоначальной выверки, регулировочными домкратами.

Крупнощитовая опалубка применима практически для всех конструктивных элементов зданий и сооружений: фундаментов, наружных и внутренних стен, колонн, перекрытий. Наибольшее распространение опалубка нашла при строительстве жилых и гражданских зданий.

В многоэтажном жилищном строительстве при использовании крупнощитовой опалубки предпочтительнее иметь наружные стены из сборных панелей заводского изготовления – трехслойных с эффективным утеплителем, керамзитобетонных или из кирпича. Внутренние несущие стены выполняют из монолитного железобетона. Распространенной является конструктивная схема, при которой несущими являются железобетонные колонны при балочном или безбалочном перекрытии. Для сборных и кирпичных наружных стен целесообразно отставание монтажа на один этаж от бетонных работ.

В зависимости от толщины бетонируемой конструкции и требований к качеству поверхностей щит опалубки выполняют из несущего каркаса и палубы на всю плоскость опалубливания или из отдельных инвентарных щитов, объединяемых системой схваток или горизонтальных стяжек, пропускаемых через тело будущей бетонной конструкции и устанавливаемых до бетонирования. Для обеспечения устойчивости опалубки и выверки ее в проектное положение используют различные системы подкосов и раскосов, снабженные механическими винтовыми домкратами и регулировочными устройствами.

Опалубку стен устанавливают в два этапа. Сначала монтируют арматурный каркас, затем – опалубку с одной стороны стены на всю высоту этажа, и на последнем этапе – опалубку со второй стороны. При приемке опалубки контролируют геометрические размеры, совпадение осей, вертикальность и горизонтальность опалубочных щитов, закладные детали, плотность стыков и швов.

Бетонную смесь в опалубку укладывают сверху с закрепленных на ней консольных подмостей, располагаемых с наружной стороны щита. Бетонирование стен ведут участками, границами обычно служат дверные проемы. Разгрузку бункера с бетонной смесью осуществляют всегда в нескольких точках, при этом смесь в опалубку укладывается слоями толщиной 30...40 см с уплотнением внутренними

вибраторами сразу при укладке. Для восприятия давления бетонной смеси при установке опалубки используют специальные инвентарные стяжки, а иногда и дополнительные вкладыши. Щиты опалубки для стен и перекрытий часто выполняют на размер бетонируемой площади (ячейки здания); эта площадь не должна превышать 70 м².

Опалубку устанавливают в последовательности, определяемой ее конструкцией и обеспечением устойчивости отдельных элементов и опалубки в целом в процессе производства работ.

Крупнощитовая опалубка «Маммут» фирмы «Мева» (для массивных конструкций). Опалубка «Маммут» применима для всех видов строительства, но наибольшее распространение получила в жилищном строительстве.

Для расчетного давления бетонной смеси до 100 кН/м² разработана опалубочная система «Маммут» усиленного профиля. Рамы опалубки выполнены из стальных высокопрочных неразъемных полых профилей с формованным гофром. Высота профиля – 12 см, ширина – 6 см; толщина профиля у отдельных щитов достигает, по условиям статической работы, 3,8 мм. Поверхность рамы лакированная.

По высоте принято 3 размера – 3,00, 2,50 и 1,25 м, для каждой высоты принято 4 ширины элементов – 2,50, 1,25, 1,00 и 0,75 м, но при необходимости могут быть поставлены элементы той же высоты при ширине от 0,60 до 0,25 м с шагом 5 см. Принятые типоразмеры позволяют получать опалубочную панель практически любых размеров. Предусмотрен только крановый монтаж опалубки, масса щитов в пределах 62 кг на 1 м². Конструктивное решение опалубки позволяет обеспечивать заданную жесткость системы при давлении бетонной смеси до 97 кН/м². Для данной опалубки приемлемо применение наружных вибраторов для пневматического уплотнения бетонной смеси.

Исходя из расчетного давления бетонной смеси используют многослойную высококачественную фанеру толщиной 21 мм, обработанную с двух сторон синтетической смолой – пластмассовое покрытие. Крепление к раме со стороны настила винтами с режущей кромкой, отверстия заделываются пластмассовыми гильзами, соединение щитов с каркасом предохранено силиконом.

В качестве комплектующих применены по аналогии с другими системами замковые соединения – по две штуки на элемент, универсальные замковые соединения (при необходимости фланцевые винты) для крепления всех вспомогательных частей к элементам и для устройства распора опалубки. В комплекте имеются ригели для поперечного выравнивания и нивелирования поверхности.

Замковые соединения можно устанавливать в любом месте рамы. Фланцевые винты – типовые. Все комплектующие долговечны благодаря горячей оцинковке.

Достоинствами опалубки является допустимая высота устройства до 4,5 м без дополнительных креплений и раскосов, опалубка выдерживает скоростные режимы бетонирования.

Опалубка перекрытий «МеваДек» предусматривает четыре различных решения: система главных и вспомогательных балок с опалубочным покрытием; перехлестывающиеся поперечные балки в виде системы из деревянных брусьев с опалубочным покрытием из готовых щитов или ламинированной фанеры; панельная система; использование стоек с падающей головкой для упрощения распабливания.

Крупнощитовая опалубка «Манто» фирмы «Тиссен». Крупнощитовая опалубка «Манто» предназначена для строительства крупных жилых и промышленных объектов. Разработан широкий ассортимент щитов высотой 2,7 м для жилищного и 3,3 м для промышленного и гражданского строительства. Опалубка предназначена для восприятия давления бетонной смеси до 80 кН/м².

Каркас рамы состоит из оцинкованного металлического профиля сложной формы высотой 14 см, обеспечивающего высокую устойчивость на изгиб. Горячая оцинковка облегчает щиты, исключает коррозию, резко снижает адгезию каркаса. Принятые размеры рамы в сочетании с другими элементами устойчивости придают щитам особую прочность, позволяют выдерживать гидростатическое давление бетонной смеси высотой до 3,3 м. Конструкция рам, соединение их между собой самовыверяющимися сжимами создают высокую жесткость и устойчивость системе. Щиты высотой до 5,4 м могут обходиться без раскрепления подкосами.

Рядовые щиты опалубки выпускают высотой 3,30, 2,70, 1,20 и 0,60 м и шириной щитов от 0,45 до 3,30 м. Все щиты в любом положении комбинируются друг с другом горизонтально и вертикально, со смещением по высоте или горизонтали. Щиты опалубки универсальные, так как имеющиеся с внутренней стороны обрамления щитов два функциональных желобка гарантируют оптимальное применение различных соединительных средств, разработанных разными фирмами. Все щиты имеют по контуру стальной обрамляющий профиль, который предохраняет покрытый пластмассой многослойный щит из ценных пород древесины от ударов и повреждений.

Для соединения щитов между собой применяют специальные сжимы, которые обеспечивают простое, быстрое, надежное, хорошо противостоящее растяжению и вибрации соединение двух элементов. Жесткость и прочность соединения позволяет при крановом монтаже поднимать опалубочные панели площадью до 40 м² без дополнительного раскрепления. Кроме соединения, сжимы одновременно выхитывают и выверяют щиты. Их можно применять при смещении щитов по высоте, при их наращивании. Для соединения двух щитов опалубки максимальных размеров достаточно двух сжимов.

Для бетонирования ленточных и столбчатых фундаментов и колонн можно обходиться минимальным количеством элементов. Для опалубки фундаментов щиты укладывают «лежа». Для бетонирования колонн можно использовать специально разработанную опалубку, но допустимо применять обычные щиты и угловые сжимы.

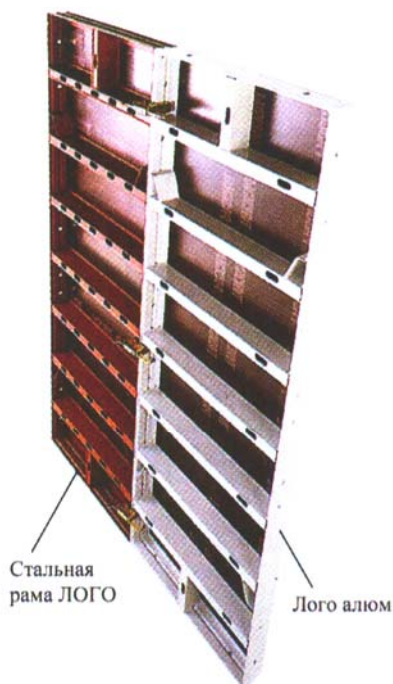
В зависимости от давления бетона применяют стержни Дивадаг ДВ15 и ДВ20. Большие анкер-гайки обеспечивают хорошее распределение нагрузки, эффективное использование несущей способности анкеров, надежное противостояние давлению бетонной смеси.

Крупнощитовая опалубка «Лого 1», «Лого 1 + Алюм» фирмы «PASCHAL». Крупнощитовая опалубка «Лого 1» предназначена для строительства крупных жилых и промышленных объектов. Разработан широкий ассортимент щитов высотой 0,75, 1,35, 2,40, 2,70 м и шириной 0,20, 0,25, 0,30, 0,40, 0,45, 0,50, 0,55, 0,60, 0,75, 0,90 м, для жилищного, промышленного и гражданского строительства. Опалубка предназначена для восприятия давления бетонной смеси до 60 кН/м² (рис. 2.2).

Каркас рамы состоит из высокопрочной профильной полосовой стали толщиной 5 мм и высотой 12 см, обеспечивающей высокую устойчивость на изгиб (2.3, а). Соединение щитов опалубки между собой производится зажимом с клином, мультизажимом с возможностью регулирования от 1 до 12 см и стяжным болтом для особых случаев применения (рис. 2.3, в, г, д, е).

Вертикальные и горизонтальные элементы могут идеально согласовываться с наклонными верхними кромками стены, а также позволяют сооружать опалубку в виде уступов. Надстройка элементов опалубки реализуется при помощи комбинированных планок, что обеспечивает перемещение крупных секций. Обшивка опалубки – фанера из финской березы толщиной 15 мм, покрытая феноловой смолой. Обшивка опалубки опирается на профили шляповидной

Рис. 2.2. Крупнощитовая опалубка «Лого 1» «Лого 1 + Алюм» фирмы «PASCHAL»



формы, которые распределены равномерно по площади палубы. Каждый шляповидный профиль одновременно служит для размещения функциональных деталей (опор, консолей, комбинированных планок для надстройки с соблюдением стабильности направления и чалочных средств). Крепление телескопических раскосов производится при помощи крепежного механизма посредством клина и болта (рис. 2.4). Шляповидные профили, проходящие в вертикальном и горизонтальном направлении, обеспечивают крепление в нужном месте.

Крупнощитовая опалубка «Лого 1 + Алюм». Разработан следующий ассортимент щитов высотой 2,7 м и шириной 0,45, 0,50, 0,55, 0,60, 0,75, 0,90 м. Опалубка предназначена для восприятия давления бетонной смеси до 60 кН/м². Вес опалубки шириной 0,90 м составляет 60 кг, что позволяет монтировать опалубку вручную без крана. Алюминиевая рама – полый профиль, совместимая по исполнению со стальной рамой «Лого», и является дополнением к крупногабаритному элементу из стали (см. рис. 2.3, б).

Регулируемая опалубка колонн «ПАКС» фирмы «PASCHAL». Конструкция регулируемой опалубки колонн «ПАКС» (рис. 2.5) построена по принципу крыльев ветряной мельницы рамных элементов из стали.

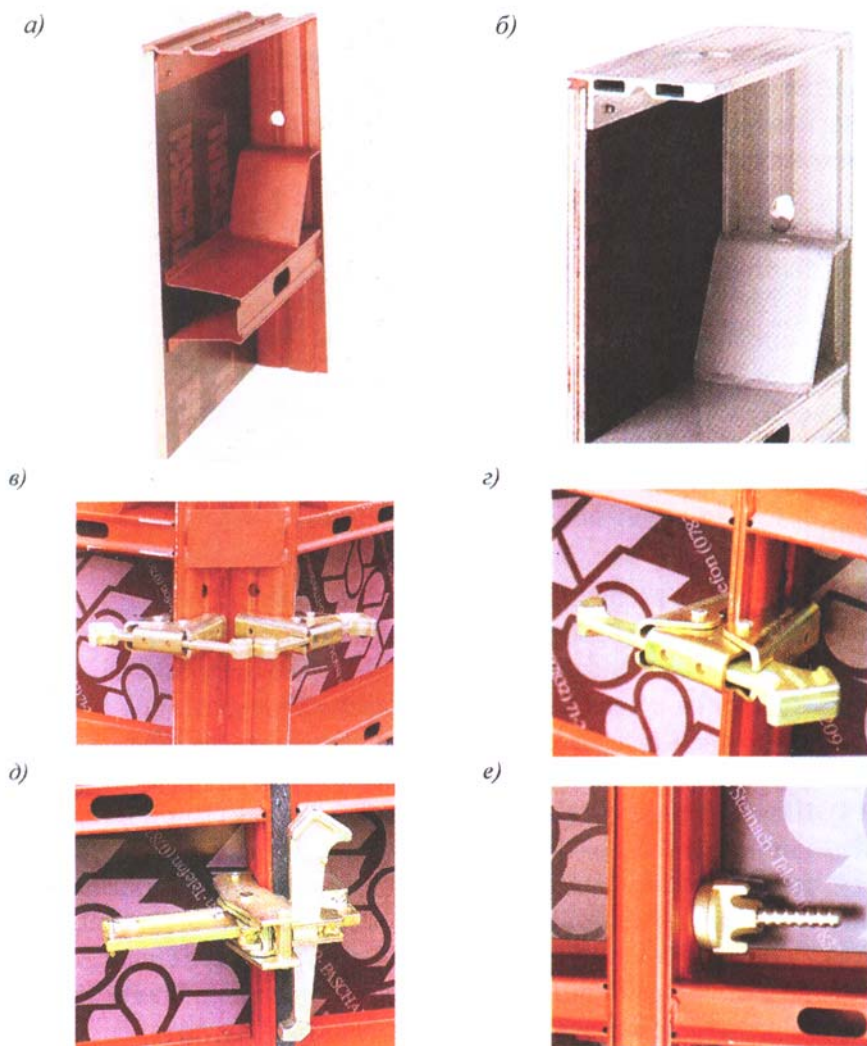
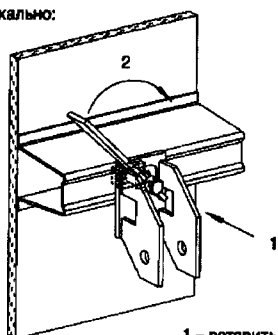


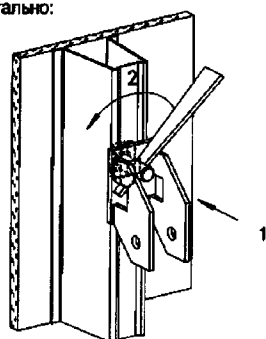
Рис. 2.3. Крупнощитовая опалубка «Лого» фирмы «PASCHAL»:
а - рама «Лого 1»; *б* - рама «Лого Аллюм»; *в* - зажим с клином для угла с
 наружными уголками; *г* - зажим с клином; *д* - мультизажим; *е* - стяжной
 болт

вертикально:

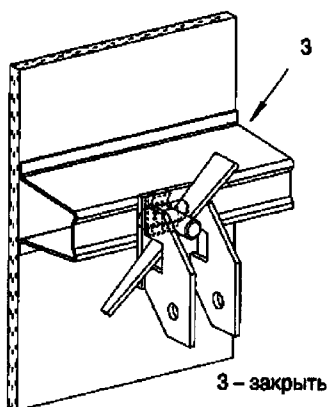


1 – вставить
2 – повернуть
(по часовой стрелке)

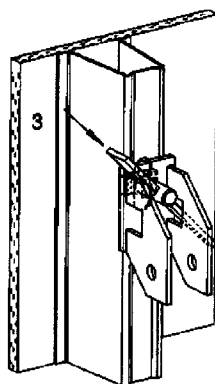
горизонтально:



1 – вставить
2 – повернуть
(против часовой
стрелки)



3 – закрыть



3 – закрыть

Рис. 2.4. Крепежный механизм для раскосов

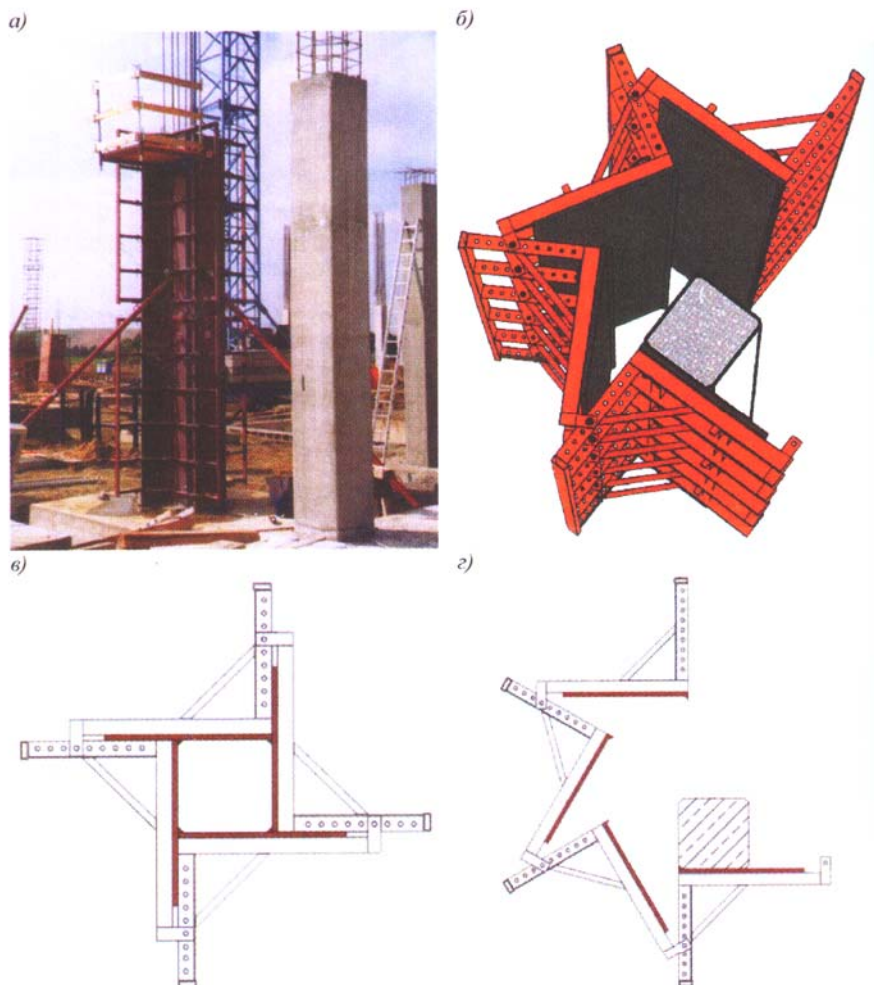


Рис. 2.5. Регулируемая опалубка колонн «ПАКС 60» фирмы «PASCHAL»:
 а - вид опалубки; б - общий вид в открытом состоянии; в - в закрытом
 состоянии; г - в открытом состоянии

Диапазон регулирования 20...60 см (ПАКС 60) или 40...100 см (ПАКС 100) по шагам с градацией 5 см, не меняя обшивку опалубки. Высота опалубки 2,7 м, 1,2 м, 0,2 м. Высоту опалубки возможно увеличивать до 40 см при помощи надстроечного уголка. Фанерная обшивка опалубки толщиной 21 мм из финской березы со стальной защитной кромкой. Максимальная устойчивость к давлению бетонной

смеси ПАКС 60 – 80 кН/м², ПАКС 100 – 90 кН/м². Установка, закрытие и снятие, перемещение опалубки производится за один цикл работы крана. Открытие и закрытие опалубки производится при помощи монтажного рычага ПАКС.

Разборно-переставная опалубка стен и колонн фирмы «НОЕ». Опалубочная система «НОЕ Топ 2000» для нужд строительства выпускается четырех модификаций – основная стальная рамная опалубка с любым требуемым покрытием, рассчитанная на нагрузку до 80 кН/м² с высотой щитов до 3,31 м (рис. 2.6) и максимальной опалубочной площадью щита до 14,05 м²; облегченная система со стальной рамой, допускающая бескрановую установку; алюминиевая опалубка, предназначенная исключительно для работ вручную, и универсальная опалубка для колонн, допускающая давление бетонной смеси до 125 кН/м². Опалубку для стен можно собирать в разных комбинациях при вертикальном или горизонтальном расположении щитов.



Рис. 2.6. Разборно-переставная опалубка стен
«НОЕ Топ 2000» - высота 3,31 м

Стандартные размеры стальной рамной опалубки – ширина элементов 2,65; 1,325; 1,25; 1,00...0,25 м (шаг 25 см), высота 3,31; 3,00 и 2,65 м, оборачиваемость палубы 70...90 раз, стальной рамы – 500 оборотов. Для облегченной системы дополнительно применимы элементы шириной 5,30 и 3,31 м и высотой 2,65; 1,325 и 0,66 м.

Покрытие щитов изготавливают всегда цельным без вставок и доборов, даже для щитов размером 2,65×5,30 м. В качестве палубы могут быть применены водостойкие деревоклеенные трехслойные щиты толщиной 21 и 22 мм или структурная деревянная палуба необходимой по расчету толщины; палуба к щитам всегда крепится с тыльной стороны. Эти достоинства позволяют иметь высокую оборачиваемость щитов, оптимальный вид распалубленной поверхности и упрощают очистку щитов. Наиболее часто для опалубочного покрытия применяют березу в 15 слоев общей толщиной 21 мм с нанесенным двусторонним феноловым покрытием.

Внешний сплошной паз в раме позволяет осуществлять крепление щитов между собой в любом месте. Для сборки щитов в единую опалубочную панель применяют клиновидные и винтовые струбцины для обычных соединений и растерные струбцины для выравнивания щитов при наличии вставок шириной до 25 см, при этом прочность стыка и всей опалубочной панели не снижается. Все стальные элементы опалубок обязательно проходят горячее оцинкование, что не только улучшает внешний вид, но и повышает оборачиваемость щитов, значительно снижает адгезию с бетоном.

Чисто стальная рамная опалубка всегда громоздка и тяжела. Облегченная опалубка НОЕ представляет собой вариант, сочетающий экономичность и прочность стальной рамы с алюминиевыми элементами жесткости.

Алюминиевая опалубка «НОЕ Alu Top 2000» (рис. 2.7) имеет четыре типоразмера по ширине 0,883; 0,75; 0,50 и 0,25 м, два по высоте – 2,65 и 1,325 м, оборачиваемость щитов 60...80 раз, рамы – 400 оборотов. Палуба из водостойкой 9-слойной фанеры общей толщиной 15 мм с лицевой стороны заклепана, нанесено сверху напыление защитным слоем для облегчения распалубливания и ухода за щитами. Опалубка легкая, позволяет ручную установку; при необходимости могут быть использованы в рамках системы Top 2000 щиты других типов и модификаций. Кроме этого, все угловые щиты, выравнивающие вставки и другие элементы крепежа одинаковы и могут быть неограниченно модифицированы.

а)



б)

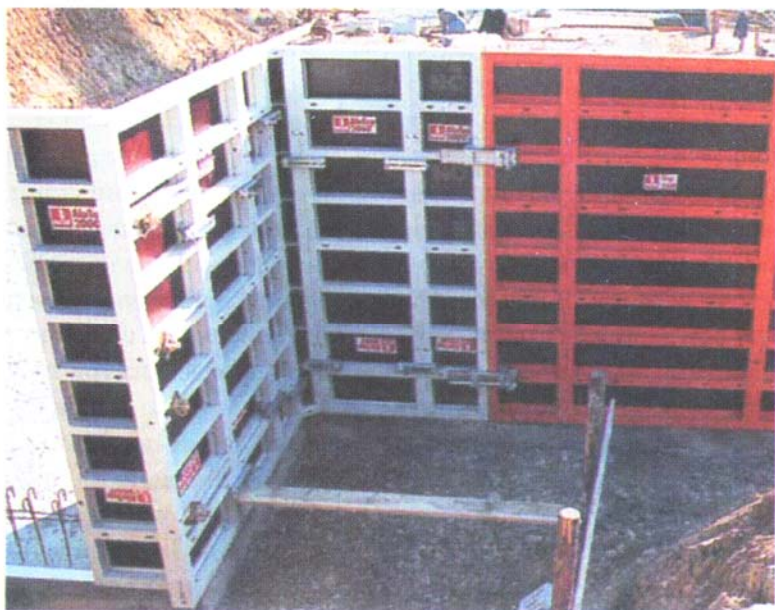


Рис. 2.7. Опалубка «НОЕ Alu Top 2000»: а - стальная рамная опалубка с алюминиевыми элементами жесткости; б - угловые элементы алюминиевой опалубки

Опалубка прямоугольных колонн фирмы «НОЕ» состоит из четырех щитов (рис. 2.8), позволяющих плавно регулировать поперечное сечение от 0,15 до 1,50 м, высота щитов 3,00, 2,75; 1,00 и 0,50 м, имеется возможность соединения щитов по высоте с помощью стандартных соединительных элементов (рис. 2.9). Рама опалубки полностью стальная, она прочна и долговечна, покрытие щитов по выбору из многослойной, трехслойной фанеры, досок или 4-миллиметрового стального листа. Оборачиваемость деревянного покрытия в пределах 20...30 оборотов, стальной рамы, включая стальную палубу – до 400 раз. Соединение щитов на болтах или на специальных треугольных накладках.

Стальная опалубка круглых колонн с облицовочной поверхностью фирмы «НОЕ» (рис. 2.10) состоит из двух полусфер, внешняя сторона которых покрашена, внутренняя покрыта смазкой. На стыках смонтированы стяжные болты, включая швупп-запоры. Каждая полусфера имеет по две петли для подвески на кран, а также две накладки для установки опор. Нарращивание по высоте производится при помощи привинчивающего фланца. Высота основных элементов 3,0 м, элементов наращивания 1,0 и 0,5 м. Диаметр опалубок 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 100, 110, 120 см. Допустимая нагрузка бетона 80 кН/м².

Щитовая стеновая опалубка фирмы «Утино́р». Для стен, колонн, перекрытий, лифтовых шахт и т.д. разработаны различные виды опалубки с опалубочной поверхностью в виде 4-миллиметрового стального листа, благодаря ему и жесткой раме существенно повышается прочность опалубки, нормативная оборачиваемость опалубки составляет 800 циклов. Наиболее часто применяют крупнощитовую опалубку для стен и перекрытий, тоннельную опалубку.

В настоящее время фирма «Утино́р» производит три модели стеновой опалубки – стандартную, складывающуюся и контейнерную. Складывающаяся опалубка представляет собой промежуточное решение между стандартной щитовой и контейнерной.

Стандартная стеновая опалубка состоит из вертикальных панелей высотой 2,52; 2,60 и 2,70 м, длиной модуля 1,25 м, что позволяет иметь элементы в наборе от 1,25 до 6,25 м. Щиты опалубки состоят из металлического листа толщиной 3 или 4 мм с элементами жесткости и несущими конструкциями (фермами, балками), которые воспринимают усилия от бетонной смеси и обеспечивают необходимую устойчивость опалубки и возможность ее регулировки.

а)



б)

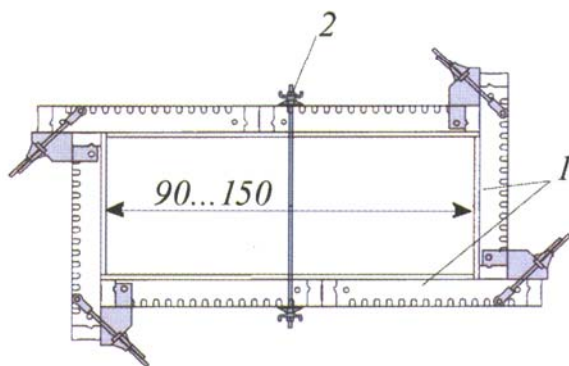


Рис. 2.8. Опалубка прямоугольных колонн «НОЕ Vario 2000»:
 а - общий вид; б - конструктивное решение;
 1 - щит опалубки; 2 - крыльчатая гайка с пластиной

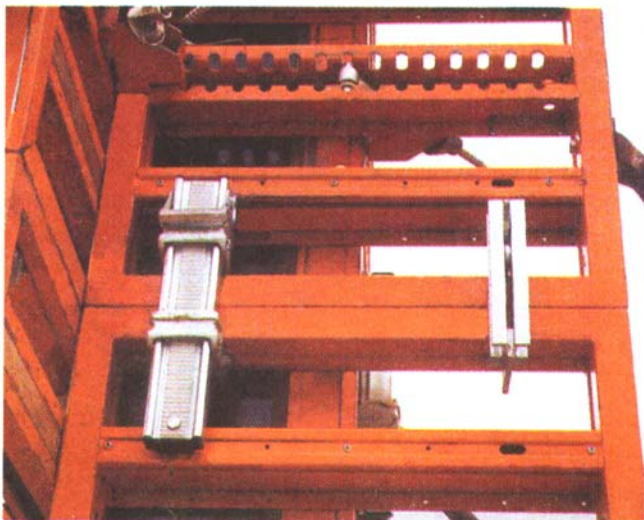


Рис. 2.9. Наращивание опалубки колонн «НОЕ Vario 2000» при помощи соединительных клиновидных и растерных струбцин системы «НОЕ Топ 2000»

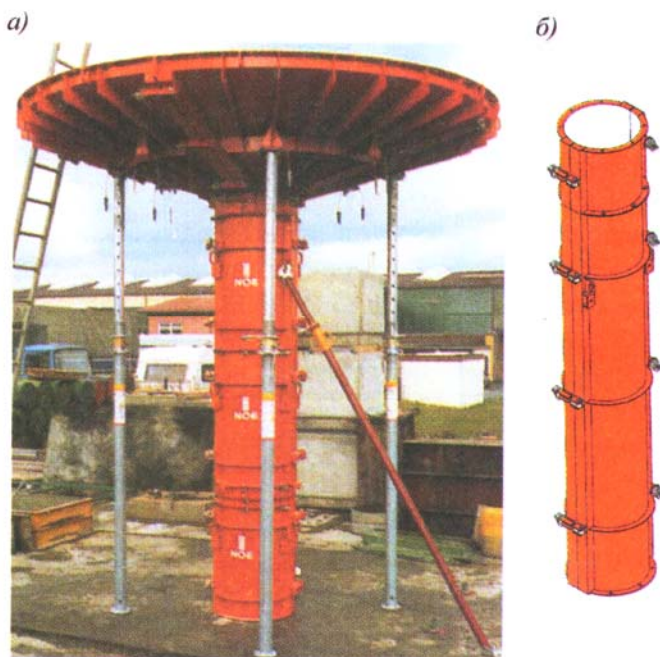


Рис. 2.10. Стальная опалубка для круглых колонн фирмы «НОЕ»: а - общий вид; б - соединения полусфер опалубки

Для двустороннего формирования стен два щита опалубки фиксируются между собой в положении «лицом к лицу» с помощью подъемных козел, благодаря которым постоянно обеспечивается устойчивость обоих щитов в течение необходимого времени. При распалубливании оба щита стропят, приподнимают подъемным краном, и козлы автоматически раздвигают щиты.

При размещении стеновой опалубки в новое рабочее положение щиты находятся в фиксированном рабочем положении на расстоянии 1,1 м друг от друга, что позволяет устанавливать арматурные каркасы, другие закладные детали и вставки. При подготовке к бетонированию установку и закрепление щитов в проектом положении производят с помощью специальных убирающихся роликов. Щиты соединяют стягивающими шпильками, причем верхняя шпилька оказывается выше уровня бетонирования, а нижняя расположена в самом основании стены. Никаких других неровностей и отверстий после бетонирования стены не образуется. Необходимый просвет между щитами в верхней части опалубки обеспечивается рамой козлов, в нижней части – с помощью специальных рычажных устройств.

Каждая стеновая опалубка оснащена в основании домкратами для ее установки на проектный уровень и двумя подъемными скобами в головной части. Фермы на опалубке закрепляют с шагом 1,25 м (3 элемента на щит длиной 3,75 м) и имеют в основании домкрат для выставления уже всей опалубочной панели строго по вертикали. Каждый стеновой щит оборудован рабочей площадкой и лестницей.

Металлическая опалубка обладает высоким качеством формирующей поверхности. Идеальная стыковка формирующих поверхностей двух стеновых щитов обеспечивается специальными направляющими и соединительными рычагами и фиксирующими пальцами. Шпильки (стяжки с резьбой), распределительные пластины и крыльчатые гайки обеспечивают жесткую взаимную установку двух противоположных щитов и воспринимают давление заливаемой в опалубку бетонной смеси. На каждую шпильку надевают специальные конусы, которые жестко фиксируют расстояние между двумя стеновыми щитами, конусы располагают под каждой фермой в нижней и верхней частях щита.

В тех случаях, когда необходимая высота возводимой бетонной стены превышает высоту стандартной стеновой опалубки, используют верхние доборные панели, вставляемые в верхние части основного щита. При высоте добора не более 0,35 м регулировку их положе-

ния производят с помощью винтов, опирающихся на внутреннюю поверхность ребра жесткости опалубки; для вставок до 1,0 м применяют специальные стабилизаторы с регулировочными винтами. При высоте доборных элементов более 1 м используют специальные доборные фермы, соединяемые с основными несущими фермами. Все усилия от давления бетонной смеси передаются с доборных элементов на основные щиты опалубки.

Важным элементом качественного и соосного бетонирования сооружения по вертикали является бетонирование на нулевом уровне сооружения цоколей высотой 60...100 мм с выпущенной арматурой. Цоколи должны бетонироваться одновременно с плитами перекрытия над подвалом, при бетонировании перекрытия первого этажа должны быть оставлены цоколи стен второго этажа.

В стандартной стеновой опалубке необходимо демонтировать навесные площадки, фермы жесткости и другие элементы каркаса при транспортировании на новую строительную площадку. Складывающаяся опалубка снабжена поворотными и откидывающимися в сторону элементами оснастки, что позволяет сократить габариты опалубки при транспортировке.

Получаемые в результате бетонирования поверхности практически не требуют какой-либо доработки, благодаря чему значительно сокращается объем отделочных работ. Металлическая опалубка позволяет использовать оконные, дверные и другие проемообразователи, которые крепятся с помощью магнитных фиксаторов прямо на металлических щитах, что дает возможность быстро и качественно устанавливать в этих проемах оконные и дверные рамы и каркасы. Проемообразователи могут иметь жесткую конструкцию и изготавливаться под определенные размеры, либо быть раздвижными и использоваться под меняющиеся размеры. Они могут сразу содержать оконные и дверные коробки, которые в этом случае автоматически встраиваются в бетонную конструкцию, либо просто обозначают проемы, в которые позднее монтируются те же оконные и дверные коробки.

Демонтаж и монтаж на новом рабочем месте ранее собранной опалубки не представляют особой сложности, но должны проводиться с учетом выполняемых на стройке работ. При распалубливании накануне забетонированной стеной опалубки снимают шпильки и винты проемообразователей, ослабляют домкраты ферм, отсоединяют торцевые отсечки стен и разъединяют (раздвигают) панели, которые затем перемещают на следующую захватку.

Демонтаж опалубки начинают со снятия домкратов ферм после их предварительного ослабления, после чего щиты отделяются от бетонной поверхности, отклоняются назад, но благодаря козлам сохраняют при этом необходимую устойчивость. После распалубливания рабочая поверхность должна быть промыта струей воды, очищена скребком и смазана специальным составом. Опалубку устанавливают на новое место над уже забетонированным цоколем. На щите в нужных местах монтируют все необходимые проеемообразователи, снятые с уже забетонированных стен; бригада электриков размещает распределительные коробки, выключатели и осуществляет кабельную разводку. Арматурщики устанавливают арматурные сетки и каркасы, соединяя их между собой со стержнями арматуры, выпущенными из цоколя. Затем щиты опалубки прижимают к цоколю, соединяют друг с другом и выравнивают по вертикали и горизонтали с помощью домкратов. После этого вставляют шпильки, на них надевают конусы, щиты окончательно вплотную притягивают к цоколю и стягивают шпильками. Окончательное положение опалубки фиксируется после регулировки горизонтальности и вертикальности опалубки. На заключительном этапе установки опалубки торцы стен закрывают отсечками, которые после регулировки жестко фиксируются по краям опалубки.

Контейнерная стеновая опалубка фирмы «Утинор». Ее выпускают в модульном исполнении длиной 1,25 и 2,5 м для стандартных высот 2,52 и 2,60 м. Верхние доборные панели по 0,23 м и нижние доборы по 0,5 и 1,5 м позволяют получать большое число комбинаций опалубки по высоте. Ребра жесткости опалубочной рамы решены в форме кессона с шагом ребер 15 см, что гарантирует палубе из формирующего листа толщиной 4 мм повышенные жесткость и прочность. Все углы опалубки снабжены специальными контейнерными клиньями (главным элементом соединения щитов между собой). Благодаря им щиты хорошо защищены от деформаций, соседние панели соединяются затягиванием специальных шпилек. При этом гарантируется стыковка и выравнивание соединяемых щитов опалубки без дополнительной регулировки. Опалубка складывается полностью, рабочая площадка (платформа и ограждение) и стабилизирующие подкосы не демонтируют при транспортировке.

Важное достоинство металлической опалубки фирмы «Утинор» состоит в том, что ее можно трансформировать по высоте, ширине и длине, т.е. ее можно применять для реализации самых разных проектов при разной толщине стен, высоте этажей и пролетах до 8,2 м.

2.1.2. Опалубка перекрытий

При установке опалубки балочного перекрытия последовательность работ будет следующей. Сначала устанавливают арматурный каркас колонн, на них опалубку колонн с закреплением хомутами и раскреплением в 2...3 уровнях раскосами. Для сопряжения с вышерасположенными конструкциями арматуру колонн выпускают выше верхнего обреза опалубки на 40...50 см. Далее бетонируют колонны. После этого к опалубке колонн устанавливают щиты днища балок или прогонов, под них устанавливают и выверяют по высоте поддерживающие стойки или пространственные опоры. Стойки для пространственной жесткости устанавливают на треногах. После установки боковых щитов опалубки балок и соединения горизонтальными стяжками их скрепляют со щитом днища. На следующем этапе под перекрытие подводят деревянные опалубочные балки, также устанавливаемые на стойках или пространственных опорах, по ним расстилают палубу из влагостойкой фанеры. После укладки арматурных каркасов и сеток, прокладки трубок для внутренних проводок осуществляют бетонирование. Разборку опалубки рекомендуется выполнять после набора бетоном распалубочной прочности и в последовательности, обратной установке опалубки.

Опалубка ЦНИИОМТП для перекрытий. Опалубка стен состоит из щитов высотой на этаж при модульной ширине от 300 до 1800 мм, а также доборных – торцевых и угловых. Щит состоит из металлической палубы, горизонтальных балок и вертикальных фермочек. В нижней части щитов предусмотрены винтовые домкраты. В опалубке можно бетонировать стены толщиной 0,12, 0,16 и 0,20 м при высоте до 3 м и перекрытия толщиной 0,10...0,22 м.

Монолитное перекрытие устраивают после возведения стен и набора ими необходимой начальной прочности. Опалубку перекрытий монтируют на телескопические стойки, укладывают арматурные сетки в двух уровнях, осуществляют бетонирование.

Для крупнощитовой опалубки разработана универсальная опалубка перекрытий, так называемая «столовая опалубка». Она состоит из набора модульных элементов, позволяющих собирать опалубку при длине щита до 12 м, ширине до 5,6 м и высоте от уровня стоянки от 1,75 до 10 м. Распалубливание осуществляют за счет снижения высоты опор стола. Далее опалубку выкатывают из-под перекрытия и переставляют на другое место. Монтаж и перестановку выполняют траверсой «утиный нос».

Опалубка для перекрытий «Компакт» фирмы «Тиссен». Она позволяет устраивать опалубку для перекрытий любой длины, ширины и толщины. Это достигается за счет того, что все составляющие опалубки подогнаны друг к другу. Элементы опалубки имеют значительную прочность, долговечны. В целом опалубка состоит из следующих элементов. Компакт-балки С20, применимые для устройства любых перекрытий; раздвижные треноги со стальными стойками с встроенным легким разжимом для простой распалубки и «падающая» головка для установки на ней несущих балок.

Монтаж опалубки осуществляют в следующей последовательности. «Падающую» головку устанавливают сверху в стойку, стойку закрепляют в проектном положении, с помощью раздвижки треноги она получает необходимую пространственную устойчивость. В головку стойки устанавливают несущие продольные балки, по которым раскладывают поперечные балки, сверху которых располагают щиты или просто листы опалубки. Для проведения распалубки «падающая» головка опускается вниз на 6 см, а вместе с ней и вся опалубочная система.

Особенностью опалубочной системы является то, что «падающая» головка может держать сразу две балки, расположенные внахлест, легко могут перемещаться по этой головке, поэтому конструкция применима к любым очертаниям опалубки в плане. Стойки треноги, устойчивые сами по себе, а также расположенные по ним продольные и поперечные балки можно расставлять на расстояниях, соответствующих требованиям нагрузки, которую они будут воспринимать. Для значительных нагрузок расстояния должны быть меньше; для перекрытий меньшей толщины и меньших нагрузок на опалубку расстояния между стойками и расположенными сверху прогонами могут быть увеличены.

В данной опалубочной системе применены деревянные балки. Они изготовлены из северной высокопрочной ели, имеют форму двутавра с «выпуклыми» боками и достаточно широкими и устойчивыми поясами. Такая компактная форма делает балку прочной и устойчивой, а пятислойное склеивание увеличивает общую жесткость. Балка, даже если гвозди прибиваются по краям, не раскалывается. При необходимости ее можно распилить в любом месте, даже наискось, что не уменьшает прочностных характеристик. Балка не деформируется при падении, мало подвержена износу, пропитка предохраняет от гниения. Деревянные прогоны относительно легкие, их могут устанавливать вручную два человека. Поперечное сечение балок позволяет их легко кантовать и устанавливать в нужное место.

Опалубочная система «МеваДек». Она предназначена для горизонтальных конструкций и перекрытий. Главным преимуществом этой системы является то, что в ней использованы все известные технологии горизонтального опалубливания, что позволяет создавать четыре различные системы опалубки.

Комбинация этих систем дает возможность для каждого конкретного случая минимизировать поверхность добора, а применение стоек с падающими головками позволяет при ускоренном варианте распалубливания оставлять только отдельные промежуточные стойки.

В опалубке применяется деревянная клееная балка Н20, предназначенная для сборки по металлическим стойкам с падающей головкой. Стандартные размеры балок (при высоте 0,20 м) составляют 250, 330, 390 и 450 мм.

Опалубка перекрытий системы «PASCHAL Дек» (рис. 2.11). Опалубка состоит из трех основных компонентов: обшивки опалубки, балок Н 20 и опор конструкции. Адаптация опалубки к пространствам различных размеров обеспечивается за счет соединения внахлестку балок Н 20. Система состоит из стоек свайной опоры с вильчатыми головками, которые исключают опрокидывание балок Н 20. Промежуточные опоры подвешиваются к балке свайной опоры через головку опоры Н 20. Удаление опалубки производится за счет опускания опор конструкции, опрокидывания и вытягивания балок Н 20.



Рис. 2.11. Общий вид опалубки «PASCHAL Дек»

Технологическая последовательность монтажа опалубки перекрытий представлена на рис. 2.12.

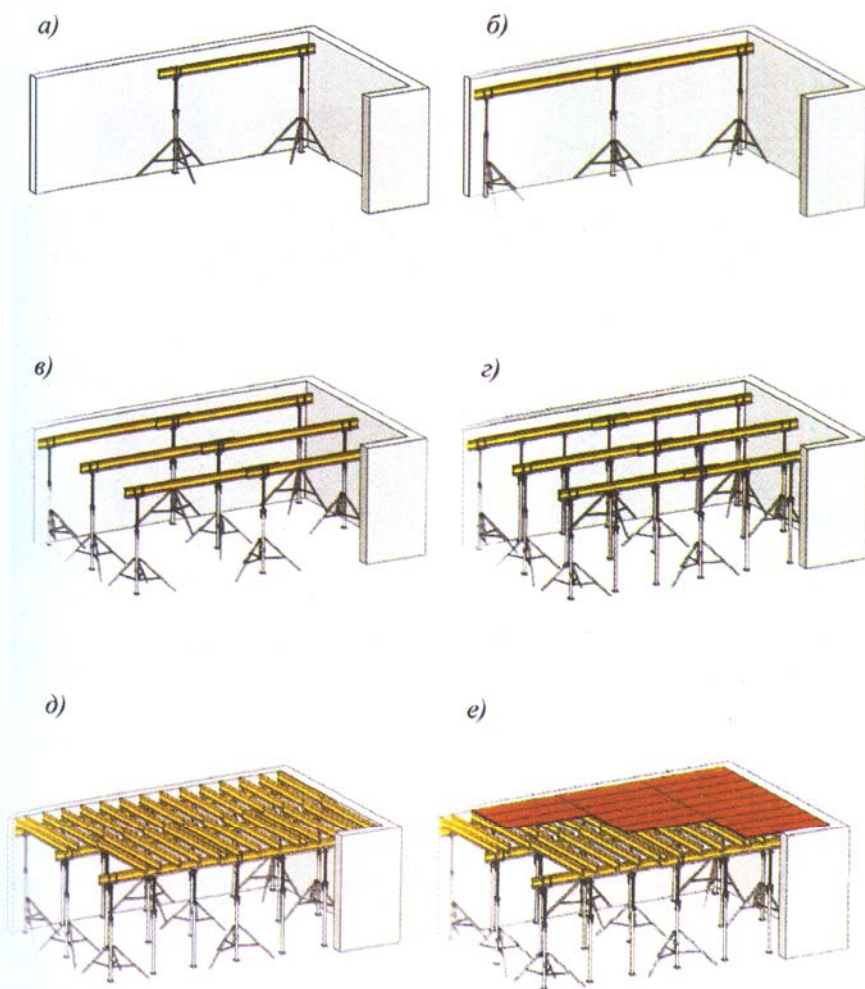


Рис. 2.12. Последовательность монтажа опалубки «PASCHAL Дек»:
a - операция № 1; *б* - операция № 2; *в* - операция № 3; *г* - операция № 4;
д - операция № 5; *е* - операция № 6

Опалубка перекрытий фирмы «PASCHAL» со складной рамой stellMAX (рис. 2.13, 2.14). Опалубка состоит из складных рам со встроенными ножками. Две рамы соединяются посредством одного подвесного приспособления, образуя квадрат или треугольник. Опоры рамы устанавливаются по углам аналогично креплению на треноги.



Рис. 2.13. Общий вид опалубки «PASCHAL » со складной рамой stellMAX

Плита столешницы состоит из обшивки опалубки с поддерживающими балками Н 20. Столешница и балки свайной опоры соединяются между собой посредством зажимных деталей, в результате чего стол можно транспортировать как единое целое (рис. 2.14, а).

Конструкция опалубки позволяет удлинить палубу, что позволяет сократить объем работ по изготовлению дополнительной опалубки. Стол для перекрытия удлиняется при помощи вставной балки miniMAX, которая является балкой свайной опоры (рис. 2.14, г). Тем самым стол становится телескопическим и адаптируется к имеющимся размерам.

Опалубки перекрытий системы «НОЕ». Опалубка из главных балок и опалубочных щитов. Система состоит из стоек с падающими головками, потолочных балок и опалубочных щитов (рис. 2.15).

Опалубочные щиты имеют длину 1,50 и 1,20 м при ширине от 0,90 до 0,30 м через 15 см. Продольные потолочные балки по осям опор могут иметь размеры 3,00; 2,10; 1,80; 1,50 и 1,20 м, падающая головка стальная оцинкованная высотой 0,36 м, опускание головки при необходимости до 17 см. Опалубка может быть смонтирована вручную, включая закрытые помещения при минимальных доборах.

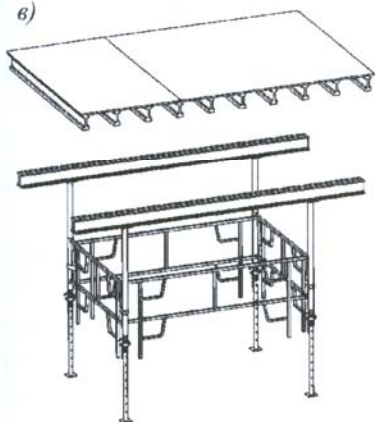
а)



б)



в)



г)

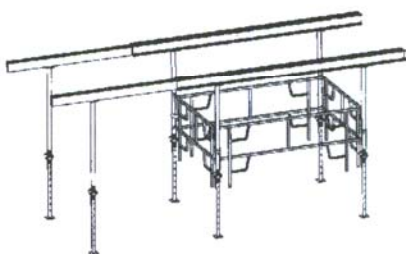


Рис. 2.14. Опалубка «PASCHAL» со складной рамой stellMAX:
 а - транспортировка опалубки краном; б - перемещение опалубки
 подъемными тележками; в - монтаж и демонтаж палубы; г - удлинение
 стола опалубки

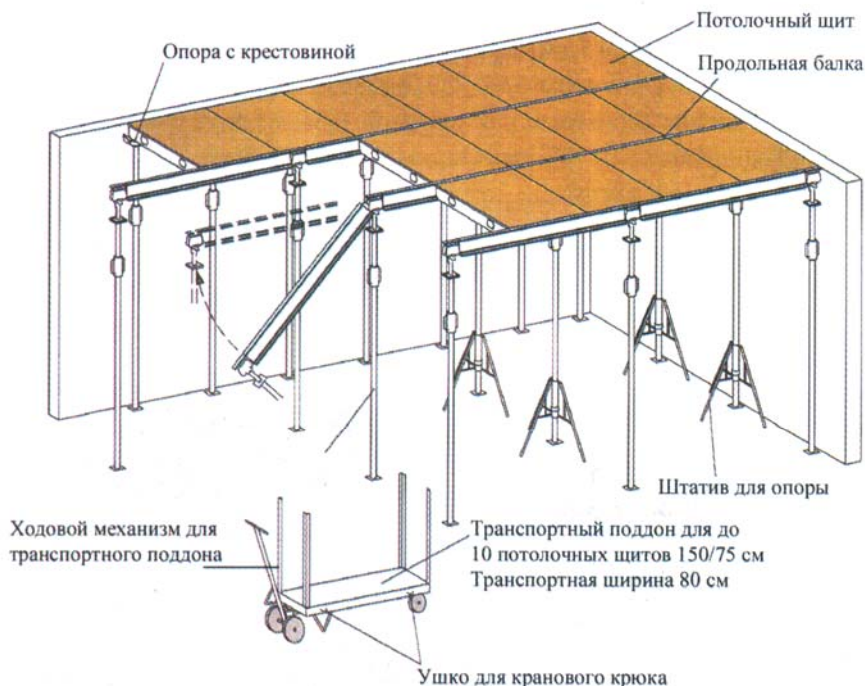


Рис. 2.15. Опалубка перекрытий фирмы «НОЕ» с несущими элементами из алюминиевых сплавов

На стандартные стойки с падающей или поворотной головкой укладывают продольные балки, а по нижним поясам – поперечные ригели. Решение позволяет иметь свободный выбор опалубочного покрытия.

В зависимости от установки поперечных балок опалубку (опалубочные листы или щиты) можно укладывать как между продольными балками, так и сверху них.

Опалубка с раздвижными второстепенными балками. Потолочная фасонная система фирмы «НОЕ» (рис. 2.16), совместимая с алюминиевой опалубкой, является ее дальнейшим развитием и совершенствованием. Стойки с падающей головкой принимают нагрузку от щитов покрытия даже при одностороннем загрузении только центрально, без изгибающего момента опор. Второстепенные балки раздвижные, от 100 до 150 см, телескопического типа. Как вариант, применима фасонная система из крупноразмерных щитов, опирающихся непосредственно на полки главных балок, что позволяет осуществлять легкий монтаж и демонтаж щитов.

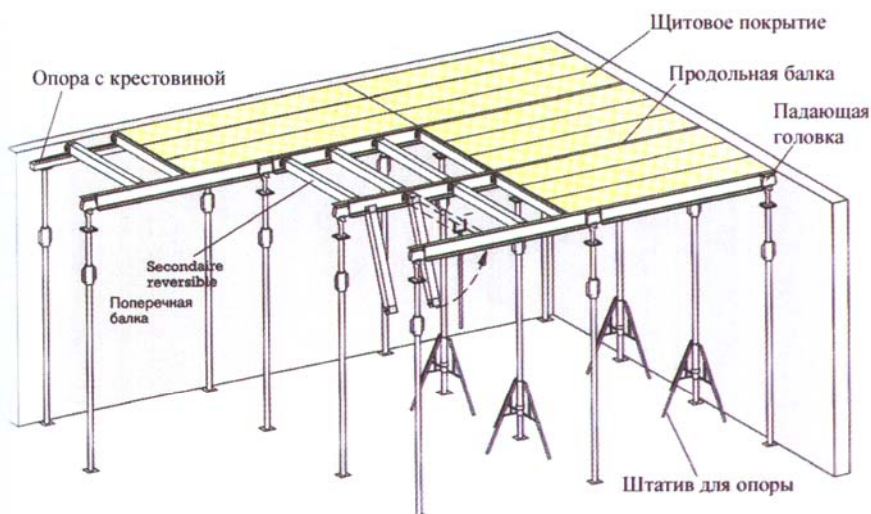


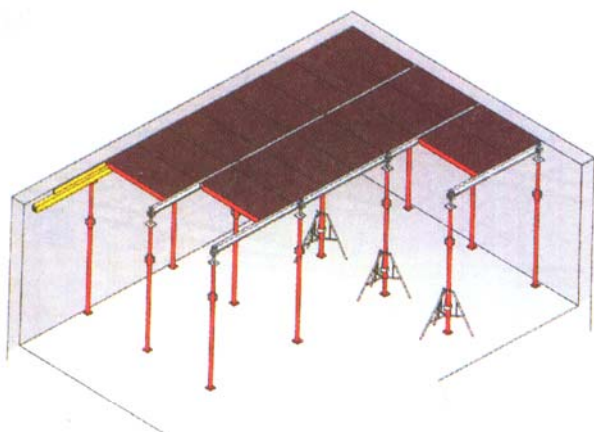
Рис. 2.16. Опалубка перекрытий фирмы «НОЕ» с раздвижными телескопическими второстепенными балками и «поворотной головкой»

Сортамент щитов имеет шаг 15 и 30 см, что дает возможность оптимально разложить опалубку по всей площади помещения с минимальными доборами.

Конструктивное решение позволяет иметь плотное прилегание к стене и надежное крепление с ней. При необходимости допустимо применение продольных балок длиной 3 м, что значительно сокращает количество потребных стоек и упрощает процесс установки их под опалубочные потолочные панели.

Потолочная опалубка с падающими головками. Данное решение универсально, оно включает потолочную опалубку с падающими головками и несущей системой продольных балок и потолочных панелей (рис. 2.17). Балки подвешивают на падающие головки, которые предварительно крепят на головки опорных стоек. В падающих головках заземляют несущие ригели, штативы стоек обеспечивают стабильность в течение монтажа. В собранную несущую конструкцию вкладывают опалубочные панели. Достоинство данного решения – возможность раннего распалубливания, при этом стойки с падающей головкой постоянно подпирают распалубленный потолок. Снятая потолочная опалубка может в это время быть смонтированной на соседней захватке на запасных опорах.

а)



б)

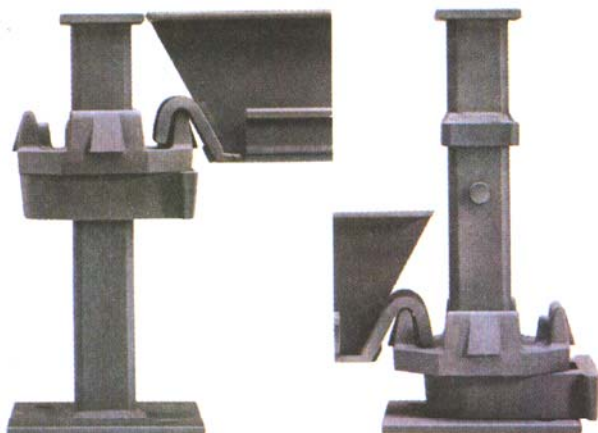


Рис. 2.17. Опалубка перекрытий фирмы «НОЕ» с падающими головками: а - потолочная опалубка с падающими головками; б - продольная балка с падающей головкой при опалубке и распалубке

Опалубка с балками Н 20. Широкое применение нашли деревянные балки Н 20 в системе опалубок «НОЕ». Вся система состоит из деревянных балок, вилочных головок, стандартных опор, штативов и покрытия в виде щитов или листов многослойной фанеры (рис. 2.18). Опалубку устанавливают вручную. Она особенно подходит для закрытых помещений. Недостатком этой системы является пониженная оборачиваемость балок (до 50 оборотов) и щитов (до 20 оборотов).

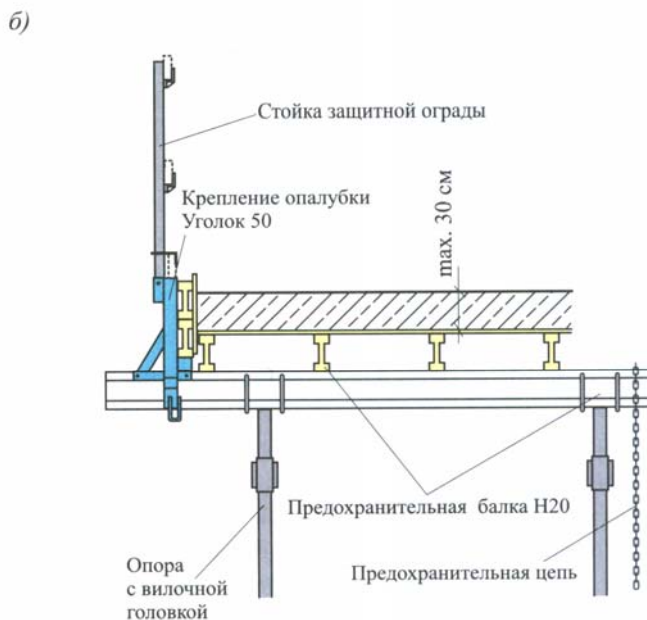
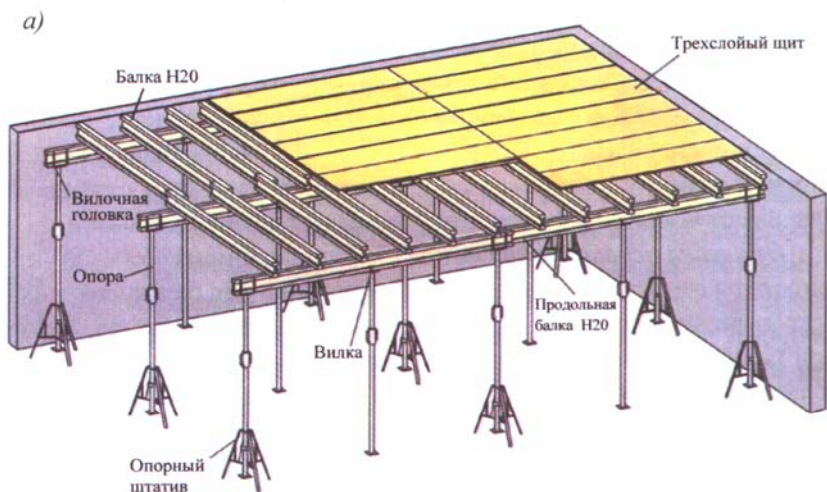


Рис. 2.18. Опалубка перекрытий фирмы «НОЕ» с балками Н20:
а - общий вид; б - краевой узел опалубки

Опалубка фирмы «Далли» для перекрытий. Конструктивное решение опалубки традиционное – раздвижные стойки, деревоклееные балки Н 20, по верхним полкам которых укладывают щиты опалубки, предназначенные для стен, а также аналогичных размеров (но длиной только 1,32 и 0,88 м) специальные щиты. Стойки трех типоразмеров переменной длины 1,15...3,0 м; 2,0...3,5 м и 2,3...4,1 м, балки Н 20 стандартных размеров, для распалубливания на раздвижные стойки устанавливают U-образный держатель балки с падающей головкой.

Опалубка перекрытий фирмы «Утинор». Фирма «Утинор» предлагает три самостоятельных варианта опалубки для бетонирования перекрытий: несъемная опалубка из самонесущих элементов, которые при наличии временных промежуточных опор могут выдерживать не только свой вес, но и вес укладываемой бетонной смеси; мелкощитовая опалубка для бескрановой установки и формовочные столы.

Мелкощитовая опалубка содержит три основных элемента: стандартную стойку с закрепляемой сверху стоечной головкой, металлическую профильную балку и щиты, состоящие из стальной рамы и ламинированного фанерного листа. Раздвижные стойки дают возможность использовать опалубку для помещений с высотой этажа от 2 до 5,2 м. Несущие балки длиной 1,0 и 1,6 м позволяют при необходимости наращивать их в пределах 0,6...0,9 м. Щиты имеют ширину 0,30 и 0,60 м и длину от 0,9 до 1,5 м (самый тяжелый элемент опалубки весит 26 кг). Забетонированную плиту после демонтажа щитов и балок поддерживают с помощью стандартных стоек с головками.

Стандартный формовочный стол фирмы «Утинор». Конструктивное решение стола позволяет применять его при высотах помещения от 2,0 до 2,5 м и при пролетах от 1,9 до 6,0 м. Рабочая поверхность выполняется в виде металлического листа толщиной 3 мм или крупноразмерных листов фанеры толщиной 18...21 мм. Стол состоит из раздвижных поперечных балок, установленных на продольных балках каркаса стола. Металлическое покрытие прикрепляется к раздвижным балкам через приваренные элементы жесткости, фанера – с помощью скоб и болтов с потайной головкой.

Решетчатые продольные и поперечные балки U-образной формы имеют длину от 1,2 до 5,4 м с шагом 60 см, что позволяет получать палубу с пролетом до 6 м. Опорные ноги V-образной формы крепятся болтами к нижним полкам продольных балок, а с помощью раскосов – к поперечным балкам. Каждая опорная нога оборудована винтовым рычажным домкратом с ручным управлением и ходом 690 мм и колесом диаметром 200 мм для перемещения опалубки вдоль пролета.

Сначала с помощью винтовых домкратов на опорных ногах и реперных отметок на верхней части стен выставляется стол по высоте, подгоняются боковые распалубочные рейки, а затем устанавливаются проемообразователи, электрооборудование и кабельная разводка, прокладываются необходимые коммуникации и укладываются арматурные сетки.

Столы снабжены распалубочными рейками, которые устанавливаются с каждой стороны стола. Они позволяют выбрать зазор, образующийся при установке между столом и примыкающими стенами и легко опустить формовочный стол после схватывания бетона. Распалубка стола производится под действием силы тяжести и исключительно за счет опорных ног стола и создаваемого с их помощью при опускании на домкратах зазора между столом и низом перекрытия в несколько сантиметров. При раскручивании домкратов стол опускается на встроенных колесах или шаровых опорах и легко подкачивается к краю плиты для последующего выдвижения и перестановки. Одновременно в освобожденном пролете устанавливаются временные опорные стойки для поддержания еще не набравшей прочности бетонной плиты.

При бетонировании перекрытий второго этажа для извлечения столов следует использовать распалубочные площадки или консольные подмости, нагрузка от которых передается на успевшую набрать достаточную прочность плиту перекрытия первого этажа. Существует несколько вариантов извлечения столов краном. Стол может выкачиваться на подмости, служащие продолжением плиты, а с них подниматься краном с помощью четырехветвевго стропа. Стол также может быть поднят краном и без подмостей с помощью специальной траверсы или уравнивающего устройства.

2.2. Горизонтально перемещаемые опалубки

2.2.1. Катучая опалубка

Катучая – горизонтально перемещаемая опалубка – периодически передвигается в горизонтальном направлении по мере приобретения бетоном достаточной прочности. Ее применяют для бетонирования линейно протяженных сооружений, имеющих постоянное поперечное сечение и типовые повторяющиеся элементы ячейки: подпорные стенки, тоннели и коллекторы для подземных сооружений и коммуникаций, возводимых открытым способом. В зависимости от

типа и объемно-планировочного решения сооружения катучая опалубка может иметь свои технологические особенности, но в целом основное конструктивное решение не меняется. Главная задача данной опалубки обеспечить непрерывность бетонирования (допустимы незначительные перерывы). Возможны два варианта технологии: непрерывное скольжение опалубочных щитов по поверхности возводимой конструкции и последовательная перестановка щитов с предварительным их отрывом от бетона на предыдущей захватке.

Современные типы опалубок позволяют перемещать опалубочные щиты вдоль оси бетонируемой конструкции, поднимать щиты по вертикали для поярусного бетонирования, регулировать уклон бетонируемых поверхностей.

Катучая опалубка для бетонирования линейно-протяженного сооружения (тоннеля) состоит из внутренней и наружной частей (рис. 2.19). Нижняя, внутренняя часть опалубки, смонтированная на рельсовом пути, состоит из тележки с закрепленными на ней подъемными устройствами – домкратами двух типов, подъемно-опускными опорами, которые несут инвентарную опалубку.

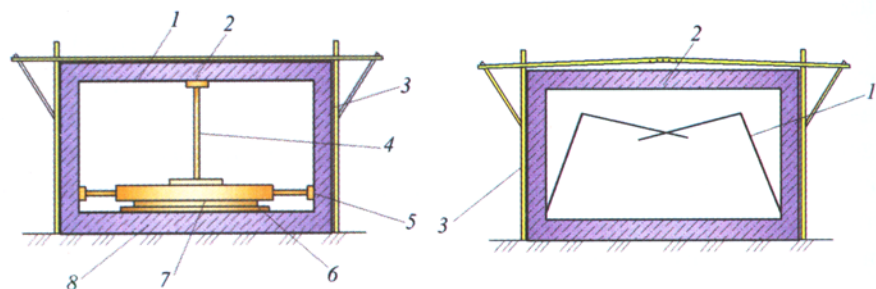


Рис. 2.19. Катучая опалубка для бетонирования тоннелей:

- a* - установка опалубки; *б* - распалубливание; 1 - внутренняя опалубка; 2 - бетонируемый тоннель; 3 - наружная опалубка; 4 - центральная стойка; 5 - домкрат; 6 - катки; 7 - тележка; 8 - днище

На тележке имеются горизонтальные домкраты, позволяющие установить в проектное положение внутренние боковые щиты опалубки. На перемещаемой тележке установлены также центральные стойки с винтовыми домкратами. Верхний щит составной, он шарнирно закреплен на стойке. Вертикальные щиты соединены с горизонтальными также на шарнирах. Верхние щиты устанавливают в рабочее положение и распалубливают вращением домкратов, расположенных на стойках.

Наружная опалубка состоит из двух боковых рам, соединенных шарнирно; они могут поворачиваться при установке в рабочее положение и при распалубливании. Наружная опалубка переставляется краном, внутренняя на тележке перемещается по рельсам с помощью лебедок.

Для перемещения опалубка снабжена катками или тележками, передвигающимися по направляющим или рельсам, для транспортирования – лебедкой или приводом.

После укладки и твердения бетона производят отрыв от него опалубочных щитов с приведением их в транспортное положение. Затем опалубку по направляющим перемещают вдоль возводимого сооружения на новую стоянку. При распалубке горизонтальный щит как бы переламывается и при опускании вниз тянет за собой вертикальные щиты; они также отрываются от бетона и поворачиваются.

Катучая опалубка коллекторов и тоннелей может быть прямоугольного и криволинейного сечения. Опалубка позволяет бетонировать тоннели шириной 2100...2800 мм с модулем 100 мм и высотой сооружения 1800...2200 мм. Изменение высоты достигается за счет телескопических боковых несущих стоек. Ширина же изменяется путем раздвижки боковых поверхностей относительно нижнего ригеля с центральной стойкой. Эта стойка, оснащенная винтовым домкратом, позволяет осуществить распалубку внутренней опалубки и установку ее снова в рабочее положение.

Разновидности катучей опалубки применимы для бетонирования сводов-оболочек и оболочек двоякой кривизны. Бетонируемые пролеты могут достигать 12...18 м, а высота сооружения от уровня пола до низа перекрытия – 5...7 м.

Звено инвентарной опалубки имеет длину 6 м; в зависимости от требуемого ритма работ по длине захватки одновременно могут находиться в работе 2...3 и более звеньев опалубки.

Существует разновидность катучей опалубки, предназначенная для бетонирования высоких и протяженных стен, в частности, подпорных стенок (рис. 2.20). Щиты опалубки могут иметь длину до 8 м, они закреплены на перемещающемся портале.

Портал позволяет иметь разную толщину стен – до 800 мм. Щиты можно перемещать вверх по направляющим портала для перестановки на следующий ярус бетонирования. Щиты опалубки отрывают от бетона и перемещают горизонтально с помощью домкратов, а поднимают и опускают с помощью тросов.

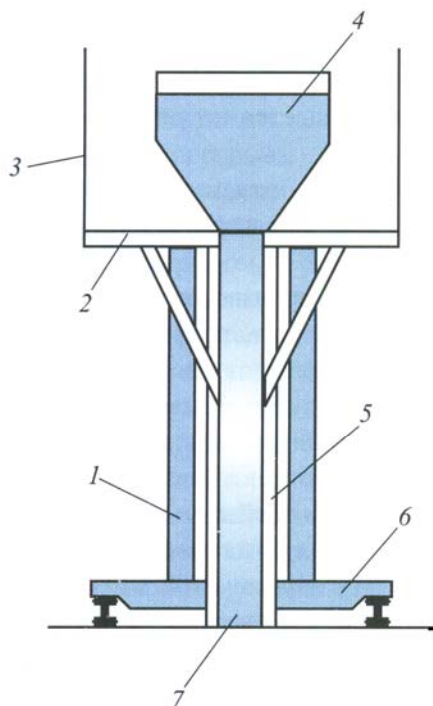


Рис. 2.20. Катучая опалубка для бетонирования стен:

1 - колонны портала; 2 - настил;
3 - ограждение; 4 - бункер; 5 -
щит опалубки;
6 - тележка; 7 - бетонлируемая
конструкция

2.2.2. Объемно-переставная опалубка

Объемно-переставную опалубку применяют для одновременно-го бетонирования внутренних поперечных стен и междуэтажных перекрытий многоэтажных жилых и административных зданий. Объемно-переставная опалубка представляет собой крупноразмерный опалубочный блок, включающий опалубку стен и перекрытий, который монтируют и переставляют с помощью монтажного крана.

Эта опалубка выполняется в виде пространственных секций П- и Г-образной формы и состоит из двух боковых (стенowych) и потолочной опалубочных панелей, шарнирно-сочлененных между собой, поддерживающих устройств и приспособлений для закрепления в проектном положении и распалубки. Секции при соединении образуют «тоннели» опалубки на квартиру или на всю ширину здания. Секции опалубки могут иметь переменную ширину в зависимости от принятого шага стен и различную длину. П- и Г-образные секции опалубки устанавливают на перекрытия ранее забетонированного этажа, выверяют и закрепляют между собой в продольном и поперечном направлениях.

Общие конструктивные признаки опалубки:

- наличие системы механических домкратов для выверки и установки в проектное положение;
- катучие опоры для перемещения секций опалубки при монтаже и демонтаже;
- система раскосов для обеспечения необходимой пространственной жесткости.

Объемно-переставную П-образную опалубку выпускают в виде секций шириной 1,2; 1,5; 1,8 м (модуль 300 мм), при пролете 2,4...6,3 м, шаге 0,3 м; толщина перекрытий не более 16 см. Опалубку применяют для высот этажей 2,8; 3,0 и 3,3 м. Ее собирают из Г-образных элементов, объединяемых верхним шарниром, системы подкосов и стоек. В комплект опалубки входят щиты торцевых наружных стен, лифтовых шахт, секции для коридоров, подмости.

Опалубочный блок из готовых П-образных секций собирают на всю ширину здания. Секции опалубки устанавливают на путь из швеллеров, по которым их можно перемещать вдоль или поперек здания в зависимости от конструктивного решения здания. Пути прокладывают вдоль бетонируемых стен. Боковые панели служат внутренней опалубкой монолитных стен, а верхние – опалубкой перекрытия. Собранный секцию опалубки краном устанавливают в проектное положение. Для установки (и для распалубливания) в рабочее положение нижняя часть секции оборудована четырьмя катками (шаровыми опорами) для передвижения по перекрытию и четырьмя винтовыми домкратами (по два с каждой стороны), которые располагаются выше опор и с помощью которых секцию можно поднимать при установке в рабочее положение и опускать при распалубке.

При бетонировании предыдущего этажа одновременно или с небольшим разрывом во времени бетонируют и цоколи стен следующего этажа высотой 15...20 см и выпуском арматуры на 30...40 см для сопряжения с арматурными каркасами стен. После распалубливания этих цоколей тщательно проверяют их положение в плане и толщину, контролируют отметки перекрытия, соосность стен, определяют и закрепляют рисками места последующей установки щитов опалубки стен.

На новом рабочем горизонте осуществляют разбивку осей стен, разметку мест установки секций опалубки, при необходимости – устройство маяков стен.

Перед установкой опалубку очищают, смазывают, проверяют состояние замковых соединений, струбцин, опор и домкратов. Опалубку подают краном и устанавливают в соответствии с разбивочными рисками (рис. 2.21). Домкратами выверяют горизонтальность верхней палубы, а струбцинами добиваются контакта с цоколем и вертикальности боковых панелей. Затем по длине тоннеля устанавливают рядом соседнюю секцию, между элементами прокладывают специальные прокладки для максимально плотного соединения элементов и осуществляют дополнительное натяжение с помощью замковых соединений.

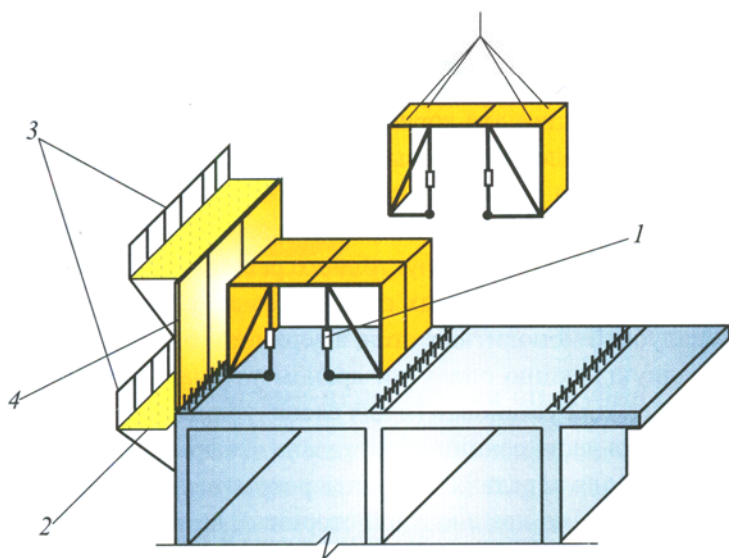


Рис. 2.21. Схема установки щитов объемно-переставной опалубки:
1 - механические домкраты; 2 - консольные подмости; 3 - ограждения;
4 - торцевой боковой щит

После установки тоннеля на всю длину приступают к установке пространственных арматурных каркасов стен на высоту этажа и обычно длиной до 6 м. Каркасы подают краном и соединяют с выпусками арматуры нижележащего этажа. Затем устанавливают торцевой боковой щит и, если это положено по проекту, устанавливают торцевой щит на специальные консольные подмости и крепят с помощью телескопических наклонных стоек, жестко прижимают нижним торцом к ранее забетонированной конструкции стен предыдущего этажа. Это обеспечивает неизменяемое геометрическое положение

ние торцевых наружных щитов. Для образования оконных и дверных проемов на опалубке закрепляют специальные вставки, которые также могут быть использованы как опалубка торцевых стен. На поверхность тоннеля укладывают арматурные каркасы перекрытия, которые связывают с каркасами стен.

Бетонную смесь укладывают между тоннелями опалубки для бетонирования и образования стен здания, а также на сами секции, осуществляя бетонирование перекрытий. После того как бетон набрал распалубочную прочность, опалубку демонтируют, не разбирая ее на составные элементы. При демонтаже секции опалубки как бы сжимаются, для чего сдвигают внутрь забетонированного тоннеля внутренние боковые щиты опалубки (или щиты стен), благодаря этому легко отрывается и перемещается вниз горизонтальный щит перекрытия. Для извлечения опалубки из забетонированной секции элементы верхней панели опускают с помощью домкратов, а боковые панели отодвигают от стен. Затем опалубку на катках выдвигают по инвентарным путям, уложенным по перекрытию, на соседнюю позицию или на специальные подмости, которые устраивают с продольной открытой стороны здания, откуда вновь закрепленную секцию переставляют краном на новую позицию.

Объемно-переставляемую или горизонтально-перемещаемую опалубку применяют преимущественно при строительстве зданий с поперечными несущими стенами и открытыми фасадами, необходимыми для извлечения опалубки, что накладывает на строителей определенные технологические ограничения (необходимо оставлять проемы или открытые фасады для извлечения крупных секций опалубки). Эти открытые поверхности затем закрывают сборными стеновыми панелями, кирпичной кладкой и т.д.

Применение трансформируемой объемно-переставной опалубки для разных пролетов, толщин стен, при необходимости и высот этажей, позволяет получать разнообразные объемно-планировочные решения зданий. Объемно-переставная опалубка, по сравнению с крупнощитовой, имеет относительно сложную конструкцию и большую стоимость. Поэтому ее целесообразно использовать для возведения большой серии монолитных зданий в одном районе и с высоким темпом оборачиваемости опалубки.

Конструктивно опалубка может иметь самое разнообразное решение. Принципиальным является возможность значительного отклонения боковых щитов от вертикали, смещаясь к центру при распалубке

и, наоборот, возвращаясь к вертикальности при установке опалубки в рабочее положение. Горизонтальный щит также может иметь различное конструктивное решение, но главное требование к нему – легкость установки и распалубливания. Отрыв щита от бетона происходит при одновременном действии трех факторов: опускание боковых щитов на несколько сантиметров с помощью домкратов, отклонение боковых щитов от вертикали, что снижает их высоту по вертикали и отрыв горизонтальных щитов в центре пролета с помощью домкратов.

В зависимости от применяемой технологии и наличия соответствующих приспособлений используют несколько схем демонтажа объемно-переставной опалубки. Демонтаж опалубки может быть осуществлен (рис. 2.22):

- мелкими П-образными секциями длиной 1,2..1,8 м путем их выкатки на выносные подмости и подъемом с них краном;
- мелкими секциями путем их выкатки на обрез наружной стены и перестановки краном с помощью траверсы «утиный нос»;
- мелкими секциями через специально оставленные при бетонировании проемы в перекрытиях;
- крупными Г- и П-образными блоками длиной в 3...5 элементов при использовании выносных подмостей и траверсы в виде распределительной фермы при одновременной подвеске блока на крюке крана с помощью траверсы и постепенном выкатывании блока из забетонированного проема.

Применение выносных подмостей повышает затраты труда, поэтому рациональнее использовать извлечение опалубки крупными секциями и их перестановку с помощью специальных траверс.

При демонтаже опалубки мелкими секциями первоначально их отсоединяют в замках. С помощью домкратов и струбцин отжимают опалубку крайней секции от забетонированной конструкции, щиты этой опалубки отрывают от бетонных поверхностей. Всю эту секцию опускают на катки. Затем их выкатывают на площадку выносных подмостей, стропуют и перемещают краном на участок, подготовленный к монтажу опалубки. Далее те же операции производят со следующими секциями поочередно, осуществляя отрыв их от забетонированных поверхностей с помощью гидравлических или винтовых домкратов. Более эффективно использовать специальную траверсу, которая захватывает секцию без предварительного выкатывания на выносные подмости. В результате снижаются трудозатраты на монтаж и демонтаж опалубки.

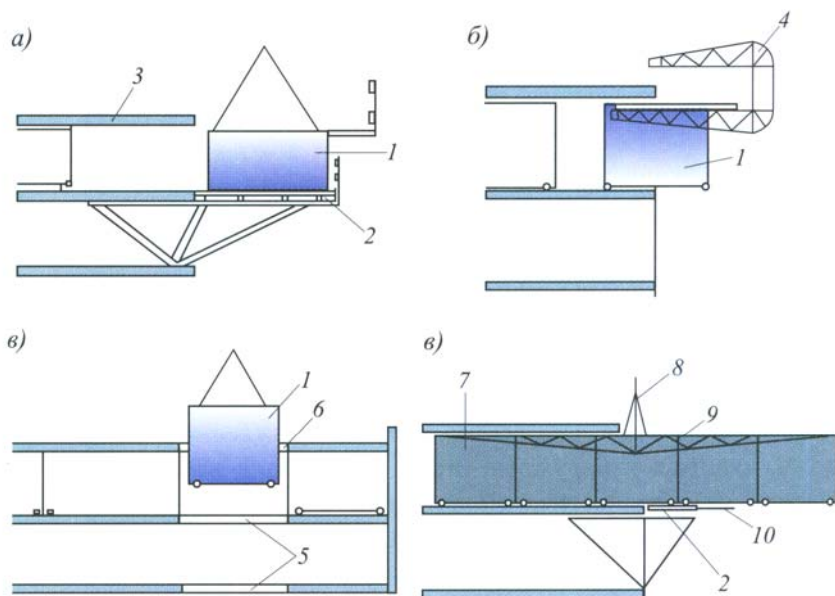


Рис. 2.22. Схема демонтажа объемно-переставной опалубки:

- а* - мелкоразмерными секциями с помощью выносных монтажных подмостей; *б* - то же, с помощью специальной траверсы «утиный нос»; *в* - то же, через проемы, оставляемые в перекрытии; *г* - крупными блоками с помощью специальной траверсы и подмостей с откидным ограждением; 1 - секция опалубки; 2 - выносные монтажные подмости; 3 - перекрытие; 4 - траверса «утиный нос»; 5 - сборное перекрытие; 6 - проем в перекрытии; 7 - крупноразмерный блок; 8 - запорный домкрат; 9 - распределительная ферма; 10 - откидное ограждение

Для демонтажа опалубки можно использовать специальные проемы в перекрытиях (например, проемы лифтовых шахт или специально временно оставляемые проемы). Демонтаж также ведут отдельными секциями при той же очередности. Секции выкатывают в проем и поднимают краном с последующей установкой на новое место.

Возможно применение схемы демонтажа сразу всего блока опалубки. Для этого необходима траверса специальной конструкции, блок опалубки должен иметь тележки для своего выкатывания. По мере выдвигения опалубочного блока устанавливают по центру пролета временные телескопические стойки с фиксирующими домкратами.

2.2.3. Тоннельная опалубка

Опалубку используют для отделок тоннелей и коллекторов, бетонирования конструкций жилых и общественных зданий, возводимых закрытым способом.

Опалубка включает в себя щиты – панели, прикрепленные к каркасу, снабженному фиксирующими и распалубочными устройствами и механизмом для горизонтального перемещения опалубки по направляющим, конструктивно мало отличается от горизонтально перемещаемой опалубки.

Тоннельная опалубка применима и для возведения зданий, когда целесообразна продольная схема перемещения опалубки (больницы, дома отдыха, гостиницы). В этом случае возведение всех элементов этажа, включая и наружные стены, становится непрерывным. Для внутренних стен при перемещении опалубки оставляют поперечные щели, после установки инвентарной крупнощитовой опалубки через эти щели будет осуществлено бетонирование.

При наличии свободных блоков тоннельной опалубки возможно применение ступенчатого бетонирования. В этом случае особенность технологии работ в том, что одновременно возводятся ячейки здания на нескольких этажах со смещением фронта работ на одну ячейку относительно соседнего этажа. Внутренние стены будут возводиться позже, после перемещения опалубки в очередную ячейку с использованием инвентарной мелко- или крупнощитовой опалубки.

При возведении зданий с использованием горизонтально извлекаемых опалубок появляются дополнительные трудозатраты за счет создания специальных площадок для извлечения и временного размещения до перестановки на новое место опалубочных блоков.

2.2.3.1. Многоцелевая объемная опалубка фирмы «НОЕ»

Тоннельная опалубка фирмы «НОЕ» представляет собой объемную опалубку, которая может быть использована как в комплекте, так и отдельными частями для одновременного возведения стен и перекрытий здания (рис. 2.23). Опалубка, как правило, со стальным покрытием состоит из стандартных элементов длиной 2,50 и 1,25 м и имеет растерную ширину 0,3 м; обеспечивается бетонирование сооружений различных размеров по длине, ширине и высоте. Благодаря достигаемому в конструкции опалубки плотному прилеганию элементов друг к другу достигается гладкая и ровная поверхность бетона.



б)



Рис. 2.23. Тоннельная опалубка фирмы «НОЕ»:
а - общий вид; б - Г-образный элемент тоннеля

Имеющиеся механизмы позволяют иметь качественную установку и перестановку опалубки на новое место в короткие сроки. Досрочное распалубливание может быть обеспечено при дополнительном прогреве бетона.

Наличие широкого спектра доборных элементов для палубы перекрытия и стен позволяет использовать опалубку при ширине пролета от 1 до 7 м и по высоте – до 7,5 м со вставками по 0,5 м. Имеющиеся откидные заглушки на опалубке перекрытий позволяют без переделки опалубки подгонять ее под изменившиеся размеры помещения по ширине.

2.2.3.2. Тоннельная опалубка фирмы «Утинор»

Тоннельная опалубка позволяет одновременно бетонировать стены и перекрытия, что существенно повышает монолитность, целостность и надежность конструкции. Опалубка состоит из нескольких элементов длиной 2,5 м, называемых секциями. Секция имеет прямоугольное сечение и состоит из двух вертикальных щитов высотой, равной высоте бетонируемой стены, и одного горизонтального щита, ширина которого соответствует ширине перекрытия. Каждая секция может быть разъединена на две полусекции с соединительным швом вдоль оси горизонтального щита. Этот тоннель называют двухсекционным; если тоннель изготовлен или используется в собранном виде, его называют односекционным.

Двухсекционный тоннель создан на базе стандартной щитовой опалубки «Утинор». Вертикальные панели имеют ту же конструкцию, что и стеновая опалубка со стальным листом толщиной 3 мм. Каждая стандартная панель длиной 1,25 и 2,5 м оснащена двумя винтовыми домкратами для установки уровня по высоте и двумя роликовыми колесами. Отдельные тоннели могут соединяться вместе в один элемент длиной от 3,75 м до 12,5 м, при этом распалубливание будет производиться уже этими крупными модулями. Вертикальная панель не имеет фермы для восприятия давления бетонной смеси, поэтому в тоннеле на трех уровнях с шагом 1,25 м предусмотрено крепление с помощью шпилек. В вертикальных панелях тоннеля и в стеновых щитах, применяемых с тоннельной опалубкой и устанавливаемых «лицом к лицу» с панелью тоннеля, предусмотрено отверстие для стягивания щитов третьей соединительной шпилькой (кроме двух в верхней и нижней частях щитов). Стандартная высота тоннеля равна 2,43 м, что соответствует стеновому щиту высотой 2,52 м.

Горизонтальная панель, изготовленная из металлического листа толщиной 3 мм, усилена элементами жесткости. Две вертикальные и горизонтальная панели соединены между собой путем сочленения в паз и стягивания болтами. Соединительный замок представляет собой штампованную стальную пластину с двумя просверленными рядами отверстий (один имеет боковой разрыв). Пластина, прижатая зацепными болтами двух полутоннелей, обеспечивает их соединение в один тоннель, гарантируя при этом распалубочный зазор и правильную стыковку обоих элементов тоннеля.

Раздвижные подкосы регулируются по высоте с помощью винтов с переставными пальцами, что позволяет выставить панели под прямым углом и отрегулировать стрелу выпуклости. Каждая полусекция оборудована костылем с роликовым колесом, который вместе с нижней шарнирной тягой и роликовыми колесами вертикальных щитов образует распалубочную выкатную тележку и одновременно служит стойкой для подпирания плиты в момент распалубки первой тоннельной полусекции. При бетонировании этот костыль убирают.

Панели, образующие тоннель, имеют очень точные размеры, что позволяет отливать цоколи стен с высокой точностью их положения. Опалубку цоколей используют вначале на нижнем перекрытии, а затем устанавливают с помощью направляющих шаблонов на вертикальные панели тоннеля таким образом, чтобы цоколь служил продолжением бетонируемой стены. Цоколь бетонируют одновременно с плитой перекрытия, точно задавая размеры стены следующего этажа без дополнительной регулировки.

Пролет тоннеля может быть увеличен за счет дополнительной вставки между горизонтальными панелями. Эта вставка оснащается регулируемыми стабилизаторами и остается вмонтированной в полутоннель.

В особых случаях при бетонировании узких длинных пролетов представляется целесообразным работать с тоннельной опалубкой, оставляемой в собранном виде после распалубки. Для этого полусекции тоннеля оборудуют шатунами и тягами. Распалубку производят за счет укорачивания (путем ввинчивания) подкосов и тяг. Полусекции с одной стороны подводят под полусекции с другой стороны тоннеля, в результате чего происходит сближение вертикальных щитов на несколько сантиметров и образуется зазор, достаточный для перемещения тоннеля вдоль пролета.

Иногда необходимо одновременно бетонировать и внутренние поперечные стены, в этом случае на полусекции монтируют заднюю панель. К каждой тоннельной полусекции болтами крепят свою половину задней панели с соединением в паз, как и на обычной вертикальной панели, а соединение обеих половин в единую заднюю панель осуществляют соединительными замками. Эти панели оборудуют домкратами установки уровня и роликовыми колесами. Соединение с вертикальными панелями тоннеля аналогично угловому соединению стеновой опалубки.

Распалубку полусекций осуществляют путем опускания опорных домкратов, при этом горизонтальная панель отрывается от забетонированного перекрытия в результате опускания домкратов подкосов. Перестановку тоннельной секции производят путем поочередного выкатывания полусекций на распалубочные площадки-подмости (рис. 2.19), при этом, когда одна из полусекций демонтирована, перед демонтажом второй полусекции перекрытие подпирают опорными стойками в центре пролета по оси соединения полусекций до набора необходимой прочности. На распалубочной площадке на опалубочные вертикальные поверхности наносят смазку, далее полутоннель переставляют на новую захватку. Распалубочные и рабочие площадки предназначены для удобства выполнения работ по очистке и смазке опалубки, они обеспечивают безопасность и свободное перемещение рабочих, оснащены защитными сетками.

Для извлечения тоннельной опалубки из забетонированной ячейки используют выкатные платформы. Их устанавливают между полом и верхним перекрытием, монтируют и перемонтируют на новое место с помощью крана по мере продвижения строительных работ. Если тоннели извлекают с одной стороны здания, с противоположной стороны монтируют площадки-подмости для безопасного перемещения рабочего персонала от одной ячейки к другой. Если используют балансир, аналогичный применяемому при извлечении столовой опалубки, то выкатные подмости не нужны.

Высокая размерная точность тоннельной опалубки позволяет механизировать отделку забетонированных и распалубленных поверхностей. Для работы с двухсекционной опалубкой требуется немного рабочих. Технологический процесс легко осваивается за счет повторяемости одних и тех же операций, причем доля тяжелого ручного труда минимальна.

Односекционная складывающаяся тоннельная опалубка. Этот вид тоннельной опалубки разработан с целью механизации всех регулировочных операций и дальнейшего сокращения ручного труда. Принцип действия опалубки основан на возможности сближения вертикальных панелей на необходимую для распалубки величину за счет эластичной деформации горизонтальной панели.

Вертикальные щиты с покрытием из металлического листа толщиной 3 мм имеют вертикальные и горизонтальные ребра жесткости, жесткую структуру, что позволяет для крепления с соседними щитами ограничиться установкой по высоте только двух стягиваю-

щих шпилек. На верхнем ребре жесткости щитов закрепляют горизонтальные полубалки, которые в свою очередь с помощью шарниров соединены между собой и ориентированы вдоль оси тоннеля. Горизонтальная панель опалубки, перекрывающая весь пролет тоннеля, опирается на эти полубалки, а не на подкосы.

Горизонтальную панель соединяют с вертикальными панелями в паз и фиксируют болтами. В таком положении она находится при бетонировании и первичном наборе бетоном прочности. При распалубливании центральный шарнир, соединяющий две горизонтальные полубалки, опускается под растягивающим действием подкосов, в это время происходит синусоидальная деформация горизонтального щита. Вертикальные щиты также соединены между собой тягами на шатунах, оснащены роликовыми колесами и подъемными роликами для установки уровня и распалубки. Односекционная тоннельная опалубка с гидравлическим приводом автоматически переводится в рабочее положение для выполнения опалубочных операций. Распалубку также выполняют автоматически путем одновременной работы домкратов, управляемых одним общим электрическим насосом. Домкраты приводят в действие жесткий вал, воздействующий одновременно на шатуны подкосов, на тяги и серьги подъемных роликов.

Для тоннеля пролетом 6 м и длиной 5 м достаточно двух гидравлических домкратов (по одному с каждой стороны) для приведения в действие всех четырех подкосов с каждой стороны тоннеля, двух тяг и четырех подъемных устройств. Соединение секций в единый опалубочный комплект производят только в распалубленном состоянии. Последовательно выполняют следующие операции:

- установку нужной длины подкосов и тяг с помощью винтовых домкратов;
- выставление опалубки на нужную высоту с помощью домкратов;
- растяжку опалубочной поверхности горизонтального щита запорным устройством, расположенным между горизонтальными полубалками.

Тоннельная опалубка перемещается на роликовых колесах или специальных рулевых устройствах, устанавливаемых непосредственно под нижней обвязочной балкой вертикальных щитов.

Складывающаяся тоннельная опалубка может быть оснащена задней панелью и верхней добавочной откидной вставкой на шарнире. С помощью стенового щита той же конструкции, что и вертикальная панель тоннеля, можно одновременно бетонировать наружные стены на торцах здания, фасадах, стенах лифтовых шахт.

Извлечение тоннельной опалубки из забетонированной ячейки производят путем ее зацепления стропами или балансиrom. Тоннельная опалубка может быть оснащена малогабаритными наружными вибраторами и инвентарными обогревательными устройствами для всепогодного производства бетонных работ.

Механический, менее автоматизированный вариант тоннеля требует большего участия рабочей силы. В этом решении, подъем и опускание тоннеля при распалубке осуществляют с помощью ручных винтовых домкратов, установленных в основании вертикальных панелей.

Модульная тоннельная опалубка. Двухсекционную тоннельную опалубку этого типа целесообразно применять на строительных площадках, где приходится бетонировать чередующиеся пролеты разной ширины. Горизонтальные панели опалубки раздвигают с помощью гидравлических устройств и к ним добавляют устанавливаемые вручную дополнительные вставки. Устойчивость тоннельных полусекций за счет использования наклонных подпорок с роликовыми колесами позволяет обеспечить достаточную прочность и жесткость при перемещении по опалубке, бетонировании и уплотнении бетонной смеси.

Тоннельная опалубка может с успехом применяться круглый год в условиях сурового климата и при температурах наружного воздуха до -30°C . Закрыв с обоих торцов металлические тоннели специальными теплозащитными шторками или изолировав тоннель, можно создать в нем микроклимат с устройством тепляка, что позволяет осуществлять изнутри прогрев замкнутого пространства с помощью теплогенераторов, учитывая отличную теплопроводность металла опалубки. Использование солярки для прогрева бетона в зимнее время и интенсификации твердения бетона в летнее значительно сокращает расход электроэнергии и улучшает структуру бетона.

Важным элементом исследований фирмы «Утинор» является разработка технологии и организации работ с четко определенным суточным ритмом и специально рассчитанным температурным режимом бетонирования и выдерживания бетона, позволяющим выдерживать темп производства работ в 4...6 дней на этаж в зависимости от площади этажа, конструктивного решения здания, наличия тоннельной опалубки и разбивки в этой связи здания на захватки. Суточный цикл работ подразумевает следующую последовательность операций: распалубка конструкций, забетонированных накануне; перестановка тоннельной опалубки на следующей захватке (рабочем уча-

стке); установка арматуры, закладных элементов, прокладка сетей; бетонирование; интенсификация твердения бетона (в том числе и в ночное время) для набора распалубочной площади к утру следующего дня. Технология предусматривает установку временных промежуточных опор-стоек при распалубливании конструкций.

Применение технологии фирмы «Утинор» по применению тоннельной опалубки позволяет снизить стоимость строительства по сравнению с крупнопанельным домостроением до 30 % и также на треть сократить сроки строительства [30]. При этом возрастает монолитность и надежность конструкции каркаса. Металлическая палуба обладает высоким качеством формирующей поверхности, получаемые бетонные конструкции практически не требуют дополнительной доработки, исключается необходимость устройства цементной стяжки, значительно сокращается весь объем отделочных работ. Достигается высокая размерная точность всех элементов бетонной конструкции, использование оконных, дверных и прочих проемообразователей, крепящихся с помощью магнитных фиксаторов прямо на металлических щитах, дает возможность быстро и качественно устанавливать оконные и дверные рамы.

2.3. Вертикально перемещаемые опалубки

2.3.1. Подъемно-переставная опалубка

Опалубку применяют для возведения специальных сооружений постоянного и переменного сечения по высоте, чаще всего имеющих конусообразную направленность вверх, труб, градилен, силосных сооружений и т.д. Опалубка состоит из наружных и внутренних щитов, отделяемых от бетона при установке на новый ярус, элементов креплений и поддерживающих устройств, рабочего настила и подъемных приспособлений (рис. 2.24).

Наружную опалубку набирают из панелей прямоугольной и трапециевидной формы, изготовленных из стального листа толщиной 2 мм, обрамленного уголками, или из влагостойкой фанеры 20...22 мм, устанавливаемой на металлический каркас. Размер прямоугольных панелей 2,700×0,850 м; трапециевидных, служащих для придания наружной опалубке конической формы, – высота 2,700 м, ширина по верху 0,818 м, понизу – 0,850 м. Панели соединяют крепежными приспособлениями, для стягивания наружной опалубки в местах расположения конечных панелей устанавливают стяжные элементы.

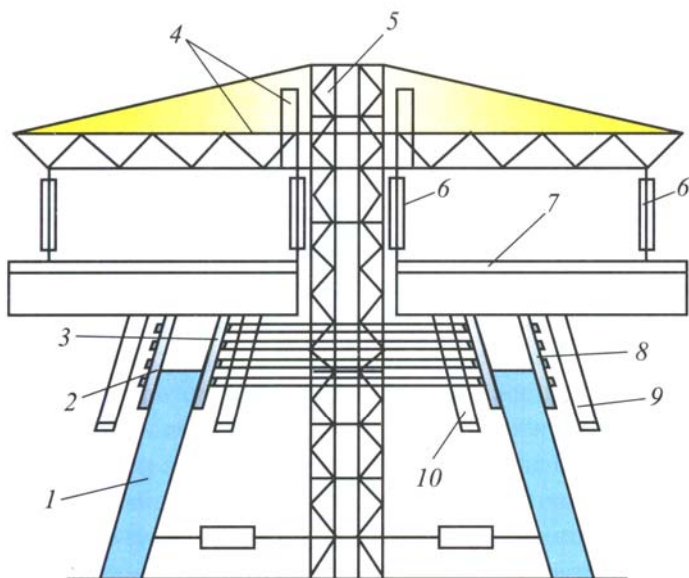


Рис. 2.24. Подъемно-переставная опалубка:

1 - бетонируемая стена; 2 - наружные опалубочные щиты; 3 - внутренние опалубочные щиты; 4 - подъемное устройство; 5 - шахта опорно-подъемного устройства; 6 - подвески; 7 - рабочая площадка; 8 - опалубочные балки; 9,10 - наружные и внутренние подвесные подмости

Внутреннюю опалубку собирают из двух ярусов щитов меньшей площади – $1,250 \times 0,550$ м. Для перемещения опалубки предусмотрена подъемная головка, опирающаяся на шахтный подъемник. При подъеме опалубки головка отрывается от подъемника на высоту 2,5 м, на этом цикл работ по возведению очередного яруса заканчивают, переставляют опалубку, наращивают дополнительное звено подъемника.

Подъемно-переставная опалубка фирмы «Peri ACS» (рис. 2.25). Опалубка ACS (автоматически-подъемная система вертикального перемещения рабочих эстакад) – самоподъемная, опалубка для любой формы сооружений. Подъем опалубки гидравлический без крана. Опалубка состоит из четырех рабочих уровней: бетоноукладочной эстакады, эстакады для установки и снятия опалубки, эстакады гидравлической перестановки и следом идущей эстакады.

а)



б)

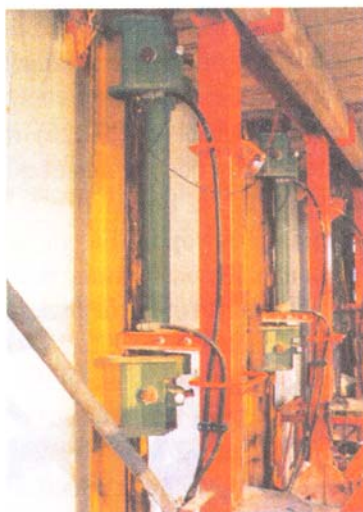


Рис. 2.25. Подъемно-переставная опалубка фирмы «Peri ACS»:
а - общий вид; б - опорно-подъемное устройство

2.3.2. Скользящая опалубка

Скользящая опалубка подвижна, ее поднимают вверх без перерыва в бетонировании и применяют при возведении высотных железобетонных сооружений с монолитными вертикальными стенами постоянного и переменного сечения. Применение опалубки особенно эффективно при строительстве высотных зданий (высотой в 16...24 этажа) и сооружений с минимальным количеством оконных и дверных проемов, закладных деталей и элементов. К ним относятся силосы для хранения различных материалов, дымовые трубы высотой до 400 м, градирни, отдельно ядра жесткости высоких зданий, резервуары для воды, радио- и телевизионные башни. Важным достоинством строительства таких объектов является значительное повышение темпов строительства, снижение трудоемкости, стоимости, сроков работ.

Монолитное домостроение в скользящей опалубке позволяет одним комплектом опалубки, путем его переналадки, осуществлять строительство зданий различного планировочного решения и разной этажности.

Опалубка эффективна, если ее использование предусмотрено для возведения нескольких рядом расположенных зданий.

При возведении одиночных зданий опалубка экономически эффективна при высоте здания не менее 25 м [30].

Опалубка состоит из двух одинаковой высоты внутренних и наружных щитов (рис. 2.26) неизменяемой конструкции. Неизменяемость щитов обеспечивается опалубочными балками, располагаемыми в два яруса по высоте щитов по всему их контуру с наружной и внутренней сторон. Балки, в свою очередь, передают усилия на металлические домкратные рамы, располагаемые над опалубкой по всему ее периметру и передающие вес всей опалубки на домкратные стержни диаметром 22...28 мм и длиной до 6 м или трубы, расстояние между которыми, а значит, и между домкратными рамами, определяется расчетами в зависимости от действующих на стержни нагрузок и не превышает 2 м при круглых стержнях и 1,2...1,4 м – при прямоугольных. Несущая способность стержней должна быть больше всех действующих на них усилий и нагрузок. Домкратные стержни внизу крепят с помощью электросварки к арматурному выпуску из фундамента здания. Стержни наращивают по высоте, стык выполняют на резьбе; в нижнем стержне имеется выточка с внутренней резьбой, в верхнем стержне – хвостовик с наружной резьбой. Целесообразно, чтобы стыки соседних арматурных стержней были на разном уровне.

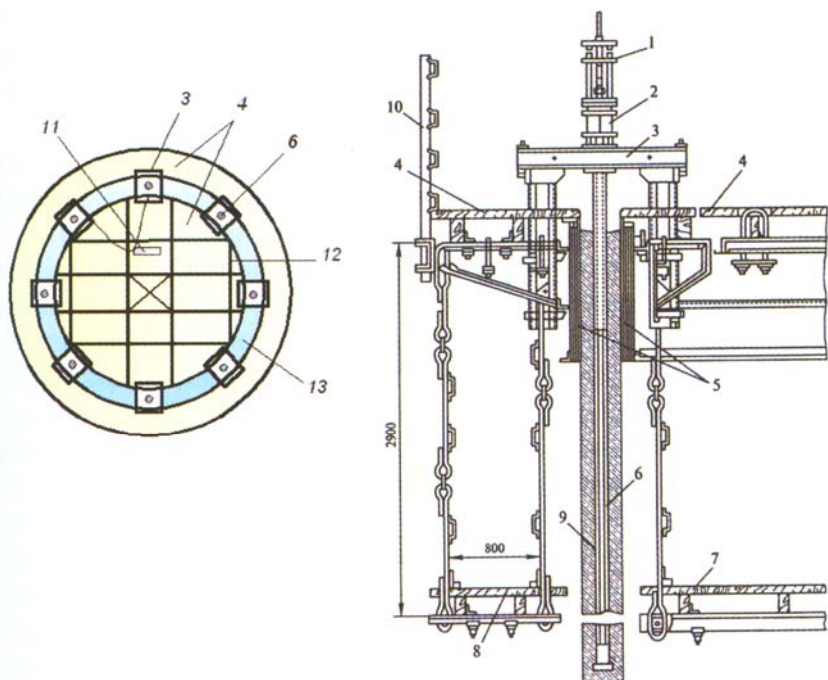


Рис. 2.26. Скользящая опалубка:

а - план круглого сооружения; *б* - конструкция скользящей опалубки;

1 - регулятор горизонтальности; 2 - гидравлический домкрат;

3 - домкратная рама; 4 - рабочий настил; 5 - щиты опалубки; 6 - домкратный стержень; 7 - внутренние подвесные подмости; 8 - наружные подвесные подмости; 9 - металлическая труба; 10 - наружное ограждение; 11 - насосная станция; 12 - прогон; 13 - бетонизируемая конструкция

На домкратных рамах сверху закреплены гидравлические или электрические домкраты (рис 2.26, б), с их помощью одновременно поднимают все элементы опалубки по домкратным стержням.

На домкратные рамы и верхний ряд балок опирается с внутренней стороны рабочий настил, где находятся рабочие, необходимое для работ оборудование, материалы и наружный настил с ограждением. Также с наружной и внутренней сторон опалубки к домкратным рамам и рабочему настилу подвешены на цепных подвесках подмости, с которых выполняют работы по исправлению дефектов бетонирования, изъятию закладных деталей.

Насосно-распределительная станция может располагаться на земле, но лучше, если она находится на рабочем настиле в зоне работ.

По настилу прокладывают систему гидроразводок, соединяющих каждый домкрат с насосной станцией. Грузоподъемность домкратов 6...10 т, масса домкратов 15...21 кг, количество одновременно работающих домкратов на объекте может достигать 160...200 шт.

Большинство домкратных рам конструктивно решено с двумя стойками. Но в местах примыкания и пересечения стен применяют рамы соответственно с тремя и четырьмя стойками.

Опалубку редко изготавливают из одного материала – древесины или металла, – обычно она бывает деревометаллической. Настилы и балки при таком решении выполняют из древесины, остальные конструкции – из металла. Обшивку (внутреннюю поверхность щитов опалубки) чаще делают из листовой стали или влагостойкой фанеры, если опалубка предназначена для возведения 10 и более однотипных сооружений; при меньшем объеме работ применяют обшивку из деревянной клепки.

По конструкции щитов опалубку разделяют на крупно- и мелкощитовую. Последняя более универсальна, но трудоемкость ее монтажа и демонтажа значительно выше. При использовании мелких щитов их укрупняют с помощью элементов укрупнительных соединений. В крупноразмерных щитах балки входят в конструкцию щита. Щиты выполняют плоскими и криволинейными, что позволяет разнообразить архитектурную форму фасадов зданий.

Щиты опалубки обычно имеют высоту 1,1...1,2 м; их делают с 0,5%-ной конусностью (уширением книзу), поэтому расстояние между щитами в верхней части меньше на 10...12 мм расстояния в нижней части опалубки. Для облегчения скольжения перед бетонированием внутренние стенки опалубки смазывают соляровым маслом.

Минимальная толщина стенок бетонируемой конструкции определяется расчетом и равна 12 см. Необходимо обеспечивать такой порядок и скорость производства работ, чтобы за счет трения с опалубкой не происходил отрыв бетона при подъеме опалубки. При толщине стенок 12 см обеспечивается условие, что масса свежее уложенного бетона, расположенного выше образовавшегося зазора между опалубкой и ранее уложенным бетоном, будет больше сил трения между бетоном и стенками опалубки. Для колонн, учитывая малую площадь сечения при относительно большом периметре опалубки, минимальная толщина стенок должна быть не менее 25 см.

Для подъема опалубки используют домкраты: ручные, гидравлические и электрические. Самые неудобные в работе ручные винтовые

домкраты. Специфика их работы в том, что на холостом ходу усилие от домкратной рамы и приходящейся на нее массы прилегающей опалубки передается на рядом расположенные домкраты, так как на новый ярус их поднимают попеременно, поэтому и темп работ низкий.

Домкратные стержни при ручных винтовых домкратах остаются в теле конструкции и являются дополнительным, нерассчитываемым армированием, на которое идет до 20 % общего количества арматуры [30]. При электрических и гидравлических домкратах для предотвращения сцепления домкратного стержня с бетоном, снизу домкрата присоединяют специальную трубку длиной до 1,2 м, образующую в бетоне канал, в котором свободно без сцепления с бетоном размещается домкратный стержень, который после завершения бетонирования вынимается.

Подъем скользящей опалубки осуществляют с помощью синхронно работающих гидродомкратов, приводимых в действие одновременно насосно-распределительной станцией с одного пульта управления. Гидродомкраты поднимаются вверх по домкратным стержням. Гидравлический домкрат состоит из рабочего цилиндра, верхнего и нижнего зажимных устройств. Зажимное устройство включает в себя обойму, расточенную на конус и шесть клиновидных зубчатых вкладышей, обжимающих гладкий домкратный стержень. В верхнюю часть цилиндра нагнетается рабочая жидкость, при этом поршень, связанный через шток с верхним зажимным устройством, остается на месте, так как вкладыш верхнего зажимного устройства заклинивает домкратный стержень. В это время цилиндр под действием давления рабочей жидкости поднимается вверх и тянет за собой нижнее зажимное устройство, которое автоматически отключается от домкратного стержня и через опорную плиту поднимает домкратную раму и соединенную с ней опалубку. При снятии давления цилиндр домкрата под действием нагрузки от опалубки стремится опуститься, в результате нижний зажим заклинивает домкратный стержень, поэтому домкрат остается неподвижным вместе с домкратной рамой и опалубкой. В момент заклинивания нижнего зажима поршень под действием возвратной пружины поднимается вверх, верхнее зажимное устройство расклинивается и скользит вверх вдоль домкратного стержня. При повторном нагнетании жидкости цикл повторяется, а за один цикл система поднимается вверх на 20...30 мм.

При применении скользящей опалубки при непрерывной работе в три смены может быть достигнуто возведение сооружения на высо-

ту 3...4 м в сутки. При таком темпе бетонирования стен в жилищном строительстве реально сооружать до одного этажа в сутки. Такой скорости не обеспечивают другие методы производства работ.

Подъем арматуры и бетонной смеси на рабочий настил осуществляют шахтным подъемником, смонтированным внутри возводимого сооружения с помощью башенного крана и других приспособлений для вертикального перемещения грузов. Подъем и спуск рабочих осуществляют специальным подъемником, смонтированным рядом с шахтным или вне сооружения, а при относительно небольшой высоте возводимого сооружения – по лестнице.

Подъем опалубки начинают сразу после укладки в нее бетонной смеси. Опалубочные щиты в процессе подъема не отрываются от бетона, а скользят по его поверхности. Сроки подъема назначает строительная лаборатория с учетом того, что каждый последующий слой бетона должен быть уложен до начала схватывания предыдущего. Если при движении опалубки смесь сохраняет свою форму (не оплывает), можно начинать систематическое движение опалубки. До заполнения бетонной смесью скорость подъема опалубки составляет 6...10 см/ч. После заполнения скорость движения может быть оптимально 30...40 см/ч [2, 3, 10, 12]. При такой скорости оказывается вполне достаточно времени для выполнения всего цикла бетонирования – установки арматуры, закладных частей и элементов, наращивания домкратных стержней, укладки и уплотнения бетонной смеси.

Возведение зданий в скользящей опалубке требует строгого выполнения технологических требований: качество бетонной смеси (подвижность, вязкость, удобоукладываемость), непрерывность бетонирования, строгая вертикальность движения опалубки, доставка бетонной смеси по графику бетонирования, непрерывность работ по установке арматуры.

Часть этих требований может быть смягчена. Бетонирование можно производить не круглосуточно, а с перерывами, используя специальные добавки в бетонных смесях. Замедлители твердения бетона позволяют продлить срок схватывания до 18 ч [30]. Перспективным является безвибрационный метод бетонирования, когда в опалубку укладывается сверхпластичная литая бетонная смесь с осадкой конуса 14...16 см со специальными добавками, в частности, суперпластификаторов. Смесь самоуплотняется без вибрирования при высоком качестве распалубленных поверхностей и высокой прочности бетона. В районах с холодным климатом, наоборот, можно применять добав-

ки – ускорители твердения бетона, использовать тепловую обработку бетона с помощью инфракрасного излучения или электропрогрева.

Возведение жилых зданий в скользящей опалубке – комплексный процесс, который включает в себя установку и выверку опалубки, армирование конструкций, наращивание домкратных стержней, установку закладных деталей, проемообразователей для оконных и дверных блоков, уход за бетоном и т.д. Эти процессы должны быть увязаны во времени. Армирование стен должно идти параллельно с бетонированием, но не отставать, проемообразователи должны устанавливаться до монтажа и вязки арматурных каркасов.

Каждый строительный процесс выполняет специализированное звено рабочих, возведение объекта в скользящей опалубке – комплексная бригада. Так как ведущими процессами являются укладка и уплотнение бетонной смеси, то принятой скорости бетонирования должны быть подчинены все остальные процессы. Для поточного производства работ здание разбивают на захватки, на каждой из которых в конкретный момент выполняется определенный строительный процесс. По завершению процесса звено рабочих переходит на соседнюю захватку, предоставляя свой участок другому звену. При непрерывном процессе работ особое внимание уделяется средствам механизации, обеспечению их стабильной работы. Выход из строя одного из них приведет к нарушению ритма потока.

Здания в скользящей опалубке возводят с использованием башенных кранов. Для зданий высотой до 16 этажей применимы краны на рельсовом ходу, при большей этажности – приставные. Кран должен обязательно обслуживать всю зону работ, включая склады, площадки приема бетона, подачу бетонной смеси в бадьях и арматуры в зону производства работ, обслуживать подъездные пути. При подаче бетонной смеси бетононасосами должна быть предусмотрена на земле специальная площадка для приема смеси с одновременным пребыванием на ней не менее двух автобетоносмесителей.

Бетонная смесь подвижностью 6...8 см считается оптимальной. Применение литой смеси сокращает до минимума трудоемкость выравнивания, уплотнения и отделки горизонтальных поверхностей, в том числе и перекрытий. Даже при отсутствии пластифицирующих добавок бетонная смесь может иметь подвижность 4...6 см и подаваться в конструкции с помощью пневмоустановок [30].

На начальном этапе бетонирования по периметру сооружения укладывают ярус высотой, равной половине высоты щитов, т.е.

55...60 см слоями 20...30 см с обязательным виброуплотнением [3]. После набора бетоном начальной требуемой прочности опалубку начинают поднимать со скоростью 20...30 см/ч с одновременной укладкой бетонной смеси слоями. С учетом транспортирования с завода, перегрузок, укладки слоями, бетонную смесь готовят с использованием замедлителей схватывания не менее 3 ч. Для укладки смеси в опалубку могут быть применены бункеры, мото- и ручные тележки, оптимальным можно считать бетононасосы с распределительными стрелами. Желательно бетонную смесь укладывать сразу по всему периметру сооружения, каждый последующий слой – до схватывания ранее уложенного.

В традиционной форме скользящей опалубки с расположением опорных стержней внутри опалубки имеется много недостатков – сложность, а иногда и нереальность установки арматуры в виде секток, пакетов, каркасов, невозможность устройства больших проемов в стенах.

Применение опалубки требует большого количества вспомогательных работ по устройству проемов, высокая трудоемкость при устройстве перекрытий, все это ограничивает применение опалубки в жилищном строительстве. Дополнительные недостатки опалубки – сложность контроля вертикальности сооружения и использование бетонов высоких классов.

Сдерживающими факторами развития и широкого распространения скользящей опалубки являются [30]:

- резкое удорожание работ в зимних условиях;
- потребность в рабочих только высокой квалификации;
- резкое снижение эффективности при нарушении технологического процесса;
- большие затраты на ликвидацию дефектов бетонирования.

Одним из конструктивных решений может быть автоматизация работы гидродомкратов, в частности, использование режима «шаг на месте», позволяющего исключить прилипание опалубки к бетону при остановке подъема системы. «Шаг на месте» служит и другой, более важной цели – строго горизонтальное выравнивание опалубки. При подъеме опалубки может произойти определенный перекося опалубки. При заданном уровне остановки подъема домкратов тот, который достиг этого уровня, начинает топтаться, поджидая выравнивания остальных.

Другим решением, повышающим индустриальность и технологичность работ в скользящей опалубке, является переход от скользящего непрерывного движения щитов к цикличному их подъему. Для этой цели используют отрывные щиты с системой шагающих электромеханических подъемников. В основу технологии положен принцип остановки опалубочной системы после бетонирования яруса на высоту 1/4 высоты этажа или на 70...80 см. Бетонирование при этом ведется традиционно. После достижения бетоном заданной начальной прочности производят отрыв щитов от бетона и перестановку (перемещение) их на новую отметку яруса. При этом подъем всей системы осуществляется электромеханическими подъемниками, опирающимися на телескопические стержни с опорными башмаками. Механизм подъема настраивают на обеспечение хода, равного высоте бетонируемого слоя или 70..80 см.

Рассмотренная технология достаточно эффективна. Повышается качество поверхностей, исключаются дефекты бетонирования, связанные с перерывами в подаче бетонной смеси. Технологические перерывы способствуют лучшей организации выполнения всех сопутствующих работ. Применение отрывных щитов позволяет увеличить долговечность их эксплуатации, использовать в качестве палубы водостойкую фанеру, что значительно повышает качество бетонируемой поверхности и снижает массу щитов.

Существуют системы скользящей опалубки, где домкратные стержни вынесены за пределы бетонируемой конструкции. Они расположены снаружи с двух сторон от опалубки и раскреплены в пространственных каркасах. Такое решение позволяет облегчить извлечение домкратных стержней из конструкции, упрощает установку арматурных каркасов, устройство оконных, дверных и других проемов, укладку в опалубку любых закладных деталей, но одновременно возникает проблема обеспечения устойчивости домкратных стержней.

Достоинства скользящей опалубки [30]:

- комплект опалубки можно использовать для зданий разной планировки;
- высокая пространственная жесткость и устойчивость к сейсмическим нагрузкам;
- трудозатраты ниже, чем у кирпичных и блочных зданий;
- высокая скорость бетонирования до 4 м/сут [2, 3, 10, 12];
- резко сокращаются затраты на базу стройиндустрии.

2.3.3. Блок-формы

Эта пространственная конструкция нашла применение в практике монолитного строительства, так как позволяет изготавливать различные конструктивные элементы зданий. Получили распространение универсальные, разъемные и переналаживаемые блок-формы, собираемые в основном из стальных щитов на разъемных, шарнирных креплениях или на сварке.

Наиболее часто блок-формы применяют для ступенчатых фундаментов. Для возведения фундаментов небольших размеров (объемом 1,5...2,0 м³) используют неразъемную опалубку (рис. 2.27, а). В ней палуба ступеней располагается с небольшой конусностью, что значительно снижает силы трения опалубки и бетона при распалубливании. Использование различных вставок и доборных элементов позволяет использовать одну форму для изготовления 10...20 типоразмеров фундаментов. Каждый элемент блок-формы имеет конусность и предназначен для бетонирования одной из частей фундамента или его ступени. Для отрыва форм от бетона используют монтажные механизмы – краны при достаточно большом запасе их грузоподъемности, но наиболее часто для этой цели применяют домкраты, которые устанавливаются и опираются через подкладки на блок-форму нижерасположенного яруса; верхняя часть поршня домкрата упирается в специальные кронштейны с четырех сторон формы. Благодаря возникающим усилиям блок-формы отрываются от бетона. Для самого нижнего яруса блок-формы прокладки устанавливают на землю или готовое бетонное основание.

Для экономии времени и трудозатрат на строительной площадке используют предварительную сборку блочной опалубки вне площадки возводимого объекта и в ряде случаев вне строительной площадки. Доставленные к месту установки опалубочные блоки можно сразу же устанавливать в проектное положение. Монтируют и демонтируют такие блоки с помощью крана. Иногда в блочную опалубку заранее устанавливают и закрепляют арматурный каркас и затем устанавливают в проектное положение. Такую конструкцию, состоящую из арматурного каркаса и опалубки, называют арматурно-опалубочным блоком.

Применяют универсальные блок-формы ЦНИИОМТП [30]. Они состоят из блока-подколонника и объемных щитов ступенчатой части фундамента высотой 0,3 и 0,6 м и длиной стороны щита от 1,2 до 132

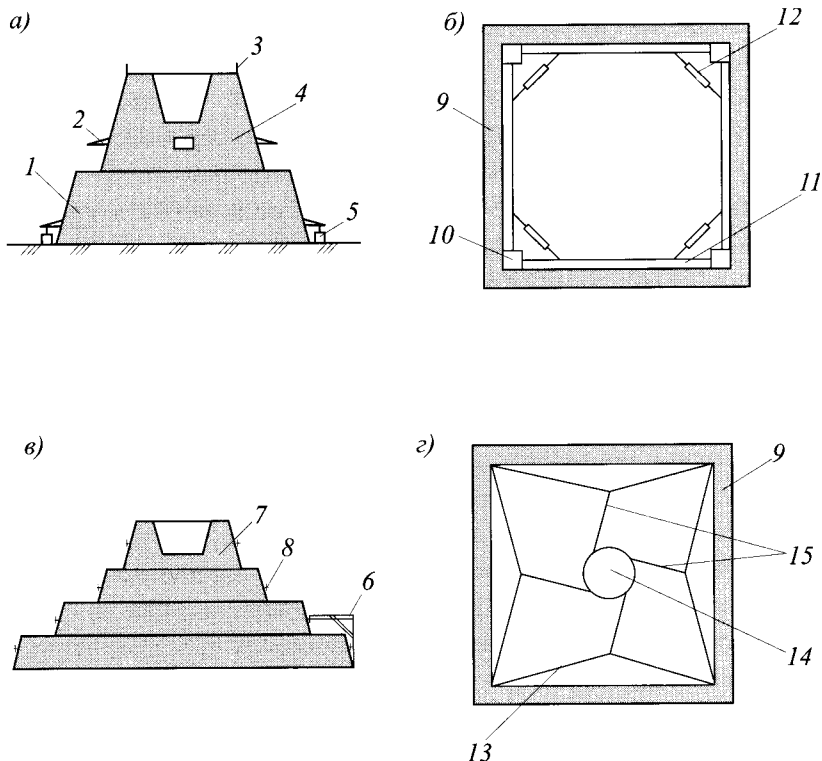


Рис. 2.27. Блок-формы и блочные опалубки: *а* - неразъемные блок-формы фундамента; *б* - разъемная блок-форма фундамента; *в* - крупноблочная опалубка со стяжными муфтами; *г* - то же с гибкими щитами; 1 - блок подколонника; 2 - кронштейн для упора домкратов; 3 - монтажная петля; 4 - блок ступени фундамента; 5 - домкрат; 6 - отрывное устройство; 7 - замок; 8 - блок-форма стороны фундамента; 9 - бетонируемая конструкция; 10 - элемент каркаса опалубки; 11 - щит опалубки; 12 - стяжная муфта; 13 - гибкий щит опалубки; 14 - центральная поворотная стойка; 15 - тяги к щитам

2,1 м с шагом 30 см. Положение щитов при установке опалубки обеспечивается специальными фиксаторами. Готовую блок-форму снабжают специальными механическими домкратами, гарантирующими распалубку отдельных щитов без нарушения поверхности и структуры бетона. Конструкция блок-формы достаточно жесткая, что обусловлено наличием специальных ребер и надежной фиксацией отдельных щитов.

Для изготовления более массивных конструкций фундаментов используют переналаживаемые или разъемные блок-формы (рис. 2.27,б).

Разъемные формы выполняют из четырех жестких поверхностей, соединенных в углах замками, которые позволяют поверхностям перемещаться относительно друг друга на шарнире без отсоединения. Замки устанавливают на противоположных щитах блока по два с каждой стороны. Замки раскрывают с помощью рычага.

Применяют опалубочные формы для бетонирования ступенчатых фундаментов, когда металлическая опалубка образует одну из сторон всего фундамента. Четыре независимых крупных щита опалубки для типовых фундаментов в углах примыкания соединяются жесткими пластинами с закреплением клиньями.

Для отрыва опалубки от бетона и раздвижки створок используют отрывные приспособления, приваренные на всех плоскостях опалубки. Для отрыва применяют съемные винтовые домкраты. Число отрывных устройств принимают из расчета один домкрат на $0,6 \text{ м}^2$ опалубочной поверхности и не менее трех штук на опалубочный щит ступенчатой части фундамента. Форма отрывается от забетонированного фундамента после ослабления креплений в узлах за счет последовательного вращения винтовых домкратов на всех поверхностях, начиная с верха формы.

Блочная опалубка применима при возведении колонн жилых и общественных зданий. Конструкция опалубки представляет собой жесткую наружную раму, на которой посредством кривошипа смонтированы щиты опалубки на полную высоту колонны. Щиты имеют каркасную конструкцию, палуба выполнена из листового металла. При отрыве опалубки от забетонированной конструкции происходит раскрытие щитов, вслед за ними начинает подниматься рама. И, наоборот, при опускании опалубки щиты под собственной массой сближаются и устанавливаются в рабочее положение благодаря шарнирно-рычажному механизму. Вертикальность формы достигается четырьмя винтовыми домкратами, расположенными на основании рамы. Данной опалубкой можно бетонировать колонны сечением от 40×40 до 60×60 см и высотой до 4 м. Блок-формы до полного износа оборачиваются 200...300 раз.

2.3.4. Блочная опалубка

Конструктивное решение блочной опалубки позволяет возводить общественные и жилые здания как полностью в монолитном, так и сборно-монолитном варианте. Предпочтение вариантам отдает-

ся по результатам технико-экономического сравнения с учетом развития индустрии сборного железобетона, наличия транспортных путей и климатических условий региона строительства. Часто применяют комбинированное сочетание монолитного и сборного железобетона:

- монолитные наружные и внутренние стены и сборные перекрытия;
- монолитные внутренние стены и сборные наружные стены и перекрытия;
- монолитные внутренние, сборные перекрытия и сборно-монолитные наружные стены.

Для поточного производства работ по возведению жилых зданий его обязательно разбивают на захватки с приблизительно одинаковыми объемами работ по отдельным процессам – монтажу опалубки, установке арматуры, бетонированию, монтажу сборных элементов.

Крупноблочную опалубку с металлической палубой часто применяют для бетонирования замкнутых ячеек стен при небольших пролетах. Такая опалубка представляет собой опалубку ячейки из четырех стен, объединенных в единый блок, целиком устанавливаемый и впоследствии извлекаемый после бетонирования краном. Перед демонтажем с помощью механических или гидравлических домкратов откидываются вставки и сближаются щиты опалубки. При устройстве внутренних стен и перегородок с применением блочной опалубки может быть дополнительно задействована и крупнощитовая опалубка. Сначала устанавливают блоки блочной опалубки, которые соединяются между собой тягами. Затем, при необходимости, устанавливают панели и отдельные щиты крупно- и мелкощитовой опалубки.

Наиболее целесообразно использовать крупноблочную опалубку для бетонирования лифтовых шахт и стен лестничных клеток. Конструктивно крупноблочная опалубка решается в двух вариантах. В первом варианте смежные щиты соединены в узлах тягами с винтовой муфтой (см. рис. 2.27, в). Сдвигая и раздвигая тяги в муфтах, можно как устанавливать объемный блок в проектное положение, так и отрывать его от бетона. Второй вариант отличается тем, что опалубку изготавливают с четырьмя гибкими щитами, которые при распалубливании изгибаются, после чего их отрывают от бетона и стягивают к центру забетонированной ячейки.

Отрыв может осуществляться гидравлическими или механическими домкратами; с помощью центральной поворотной стойки, на которой шарнирно закреплены тяги, соединенные также шарнирно с гибкими щитами. При распалубке вращением центральной стойки угловые щиты изгибаются и притягиваются к центру. Устанавливают опалубку в рабочее положение обратным вращением стойки (см. рис. 2.27, г).

При монтаже опалубки лифтовой шахты первоначально блок опалубки ставят на опорное днище и опорные кронштейны в гнезда забетонированной стены нижнего яруса. При установке в рабочее положение «сжатая» в процессе перемещения блочная опалубка «разжимается», занимая место по периметру стен нижнего яруса. Затем с наружной стороны монтируют панели и щиты крупнощитовой опалубки с соединением между собой тягами.

Соединение армокаркасов необходимо производить методом вязки или другим безогневым (имеется в виду сварка) способом. Искры и капли расплавленного металла прожигают смазку опалубочных щитов, что приводит к ухудшению качества забетонированных поверхностей и более ранней отбраковке щитов палубы.

Бетонирование на захватке при использовании крупноблочной опалубки производят после завершения всех предшествующих процессов, смесь укладывают непрерывно слоями до 50 см без перерывов и на всю высоту опалубки; количество рабочих участков должно быть не менее четырех. Каждый последующий слой укладывают до начала схватывания предыдущего и тщательно уплотняют внутренними вибраторами. До начала бетонирования должны быть обязательно установлены или уложены вкладыши, каналаобразователи для последующей протяжки электро- и слаботочной проводки.

Опалубку демонтируют при достижении распалубочной прочности [25].

Демонтированные элементы опалубки опускают на площадку складирования для ремонта, очистки и смазки. Последовательность демонтажа опалубки следующая. Сначала демонтируют наружные и внутренние панели опалубки, торцевые и угловые щиты, только после этого блоки опалубки. Для демонтажа используют специальные устройства для отрыва щитов: клинья, струбины, механические и гидравлические домкраты.

Оптимальной организации и технологии работ можно добиться, если здание разбивают на 3...4 захватки, комплект опалубки рассчитан на одну или даже две захватки, работы ведут поточным способом.

Этапы работ (потоки) можно расположить в следующем порядке:

- установка опалубки перекрытия на захватке;
- бетонирование данного перекрытия;
- монтаж блочной опалубки и бетонирование стен,
- демонтаж опалубки стен после набора распалубочной прочности;
- демонтаж опалубки перекрытий;
- установка опалубки перекрытия на новом ярусе.

Целесообразно, чтобы щиты наружных стен включали в себя нижние и верхние опорные пояса. После бетонирования при распалубке демонтируют щит наружной стены вместе с нижним поясом, а замоноличенный верхний пояс служит маяком (цоколем) для установки на него щита опалубки верхнего этажа. Такое решение позволяет существенно повысить точность возведения конструктивных элементов и дополнительно закрепить наружные площадки и панели опалубки.

2.3.5. Крупноблочная опалубка для шахт

Опалубочные щиты и внутренние угловые элементы из стандартных элементов опалубки стен вместе с распалубочными элементами образуют быстро монтируемый внутренний опалубочный блок фирмы «НОЕ» (рис. 2.28). Высота бетонирования зависит только от скорости укладки и уплотнения бетонной смеси, для многоэтажного жилищного строительства ярус бетонирования принимается равным высоте этажа. В процессе распалубливания и подъема крупноблочной опалубки распалубочные элементы автоматически складываются для беспрепятственного перемещения блока на новую позицию.

Если возведение ядра жесткости сооружения опережает возведение всех остальных конструкций, целесообразно применить скользящие подмости системы НОЕ (рис. 2.29). Подвешенные на два анкера подмости несут значительную нагрузку, главное – обеспечить точную установку подвесных анкеров. Перестановка подмостей по вертикали допустима только при наборе бетоном достаточной прочности и несущей способности.

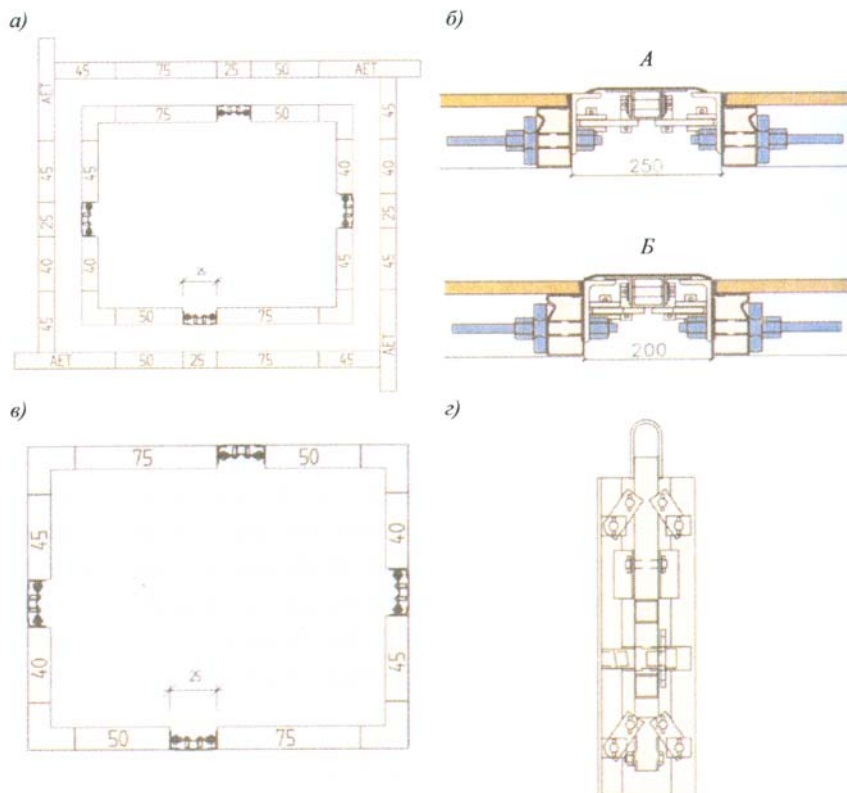


Рис. 2.28. Опалубка для шахт и ядер жесткости фирмы «НОЕ»:
а и б - внутренняя опалубка в рабочем и сжатом состоянии при подъеме;
в - распалубочные вставки: *А* - в рабочем состоянии, *Б* - в сжатом состоянии; *г* - распалубочная вставка

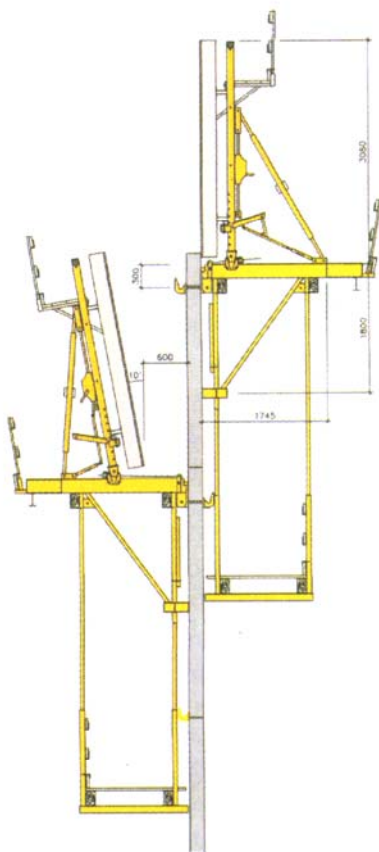
2.4. Специальные опалубки

2.4.1. Пневматическая опалубка

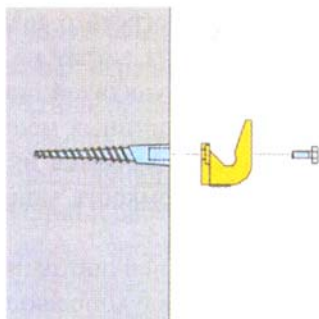
Для возведения сооружений и отдельных элементов криволинейной поверхности экономически целесообразно использовать пневматическую опалубку. Ее применяют для возведения коллекторов, покрытий купольных сооружений диаметром до 36 м и сводчатых тонкостенных конструкций при пролете 12...18 м. С помощью пневмоопалубки можно возводить склады, производственные здания, ангары для разнообразной техники, хранилища зерна и удобрений, системы коллекторов и трубопроводов, спортивные сооружения.



б)



в)



г)

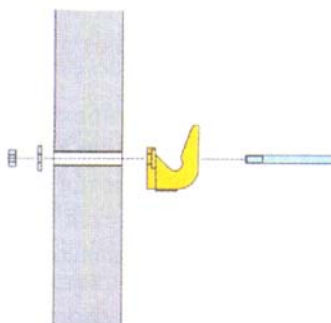


Рис. 2.29. Скользящие подмости фирмы «НОЕ»: *а* - общий вид; *б* - конструктивное решение подмостей; *в* - установка анкера при помощи шурупа; *г* - установка анкера при помощи стержня с резьбой

Этот вид опалубки выполняют в виде гибкой оболочки из высокопрочной прорезиненной ткани толщиной 0,3...0,5 мм или прочной полимерной пленки, пленки из резинолатексных материалов, наполненной сжатым воздухом или пневматически поддерживающих элементов с формообразующей оболочкой. В рабочем положении опалубка поддерживается за счет избыточного давления воздуха. Опалубку раскраивают по специальным выкройкам, сшивают, швы проклеивают тем же материалом. Опалубку закрепляют по контуру основания, затем в нее нагнетают воздух под давлением 0,05 МПа.

Перед бетонированием ее поверхность покрывают эмульсионной смазкой. Армирование выполняют из дисперсного армированного стекловолокна или из обычного сетчатого армирования. Бетон наносят набрызгом или послойно. Когда бетон приобретает проектную прочность, опалубку отделяют от бетона. Для ускоренного твердения бетона возможна подача в опалубку пара или подогретого воздуха.

Пневматическая опалубка не требует больших затрат на транспортирование, монтаж и эксплуатацию. С помощью такой опалубки можно возводить конструкции в самых труднодоступных местах.

Важными преимуществами пневмоопалубок является их малая масса, высокая оборачиваемость и низкая трудоемкость монтажа и демонтажа.

При работе с пневмоопалубкой необходимо в ней постоянно поддерживать рабочее давление порядка 1,2 кПа. Воздухоподающая установка должна работать в автоматическом режиме, давление внутри опалубки постоянно должно контролироваться манометрами. Для прохода рабочих под оболочку опалубки устраивают входной шлюз с двумя плотно закрывающимися дверями.

Нанесение бетонной смеси производят установкой «пневмобетон», начиная снизу от фундамента вверх к замку по зонам и на полную конструктивную высоту. Рабочие располагаются на автогидроподъемнике, толщина слоя набрызга контролируется путем предварительной установки на опалубке специальных маяков, показывающих проектную толщину конструкции.

При укладке бетонной смеси в несколько слоев с применением торкретирования для обеспечения надежного сцепления, поверхность ранее уложенного бетона должна быть тщательно увлажнена. Кроме этого разница по срокам нанесения бетона на смежных участках опалубки не должна превышать 2...4 ч, так как при больших сроках деформации опалубки при укладке смеси могут передаваться и вызывать нарушение структуры твердеющего бетона на соседнем участке.

Для предотвращения высыхания твердеющего бетона от воздействия ветра и солнечной радиации его поверхность сразу после укладки слоя проектной толщины покрывают методом напыления защитной пленкой, препятствующей активному испарению влаги.

При достижении бетоном проектной прочности осуществляют распалубливание. Первоначально снимают внутреннее давление в системе и опалубке, затем демонтируют крепежные устройства. Опалубка легко отделяется от вертикальных и горизонтальных поверхностей уже набравшего прочность бетона; после очистки сворачивается и подготавливается для повторного использования.

2.4.2. Несъемная опалубка

Рациональным направлением в строительстве является разумное сочетание монолитного железобетона и сборных конструкций. Часто эффективным оказывается комбинированное применение сборных и монолитных ограждающих конструкций стен, перекрытий и других конструктивных элементов.

Несъемная опалубка после укладки монолитного бетона и завершения последующих процессов остается в теле забетонированной конструкции и работает в ней как одно целое. Опалубка не только образует форму сооружения, его архитектурное оформление, но и защищает поверхность от атмосферных воздействий, повышает прочностные характеристики конструкции, улучшает режим твердения бетона. Выпуски арматуры в виде змейки и сама внутренняя поверхность панели неровная, шероховатая, способствуют лучшему контакту с укладываемым монолитным бетоном.

В качестве материала несъемной опалубки можно применять стальной профилированный настил, различный листовой материал, керамические и стеклянные блоки и даже металлические сетки. Опалубку можно выполнять также из плоских, ребристых и корытообразных профильных плит, изготавливаемых из железобетона, бетона, армоцемента, стеклоцемента, фиброцемента. Такие плиты применяют для бетонирования монолитных конструкций и сооружений простой конфигурации и с большими опалубливаемыми поверхностями; их устанавливают в проектное положение с помощью кранов, внешние плоскости этих элементов должны совпадать с поверхностью возводимой монолитной конструкции. Крепление таких плит производят путем сварки их выпусков и армокаркаса монолитной конструкции. Возможны также варианты крепления с помощью инвентар-

ных крепежных и поддерживающих устройств (прогонов, подкосов, схваток), которые после бетонирования и набора бетоном начальной достаточной прочности снимают и применяют повторно.

В зависимости от функционального назначения опалубку используют как формообразующую конструкцию, опалубку-облицовку и опалубку-изоляцию, часто совмещая все или часть этих функций. В любом случае эти элементы являются наружной поверхностью возводимой конструкции, поэтому могут иметь как различную фактуру, так и отделку различными плитками и другими материалами, наносимыми в заводских условиях.

Сами же плиты несъемной опалубки после бетонирования монолитных конструкций остаются их составной частью. Основным преимуществом несъемной опалубки является сокращение трудозатрат приблизительно в два раза за счет исключения цикла демонтажа опалубки, снижение объема монолитного бетона за счет включения опалубки как составной части конструкции, сокращение трудозатрат на отделку фасадных поверхностей и практически полное исключение отделочных работ.

При возведении монолитных жилых зданий применяют специальные двухслойные плиты, которые одновременно выполняют функции опалубки и декоративно-теплоизоляционного слоя для фасадных стен зданий. Несъемная опалубка стен может быть также решена в виде скорлуп из монолитного керамзитобетона, скорлуп с наклеиваемым утеплителем из пенополистирола и внутренним монолитным слоем из тяжелого бетона. Применяют и решение, когда несъемную опалубку устанавливают с наружной и внутренней стороны конструкции, пространство между ними заполняют теплоизоляционно-конструктивным материалом – пенобетоном, поризованным бетоном, пено-фосфогипсом и др.

Наибольшее распространение получила железобетонная опалубка-облицовка. Ее с успехом применяют при возведении гидротехнических, энергетических объектов, фундаментов под оборудование, массивных колонн и стен в промышленном строительстве, при возведении сборно-монолитных жилых и гражданских зданий.

Опалубки-облицовки для сборно-монолитного домостроения выполняются в виде плит толщиной 8...10 см из керамзитобетона и тяжелого бетона. Возможны варианты применения двусторонней опалубки-облицовки с заполнением полости легким бетоном – керамзитобетоном и пенобетоном.

В зависимости от технологического назначения железобетонную опалубку изготавливают из специальных цементах и заполнителей, что позволяет использовать ее в качестве теплоизоляции, защиты будущей конструкции от агрессивных сред, в том числе и грунтовых вод.

Использование несъемной опалубки перекрытий из ребристых тонкостенных железобетонных элементов с укладкой слоя утепляющего материала (пенобетона), армированием и бетонированием до проектной толщины приводит к значительному сокращению трудозатрат, улучшает звукоизоляционные характеристики перекрытия.

Пенополистирольная опалубка «ABS» (рис. 2.30). Пенополистирольная опалубка «ABS» из мелкоштучных теплоизолирующих элементов (табл. 2.3) – образец новейших энергосберегающих технологий возведения стен.

Эта технология позволяет возводить монолитные бетонные стены, одновременно с двойной тепло- и звукоизоляцией из блоков-модулей, которые легко собираются на строительной площадке. Такая опалубка нашла достаточно широкое применение в Канаде, на севере США и в Европе. В настоящее время новая технология строительства начинает применяться для строительства жилых домов и в России. С использованием такой технологии можно возводить здания до 16 этажей.

Таблица 2.3

Типоразмеры теплоизоляционной опалубки «ABS»

Тип блока	Размеры, мм	
	длина	1200
Стандартный	ширина	280
	высота	400
Левый и правый угловые элементы под 90 градусов	длина	670; 370
	ширина	280
	высота	400
Левый и правый угловые элементы под 135 градусов	длина	560; 260
	ширина	280
	высота	400
Пенополистирольная плита	длина	2000
	ширина	1000
	высота	до 800

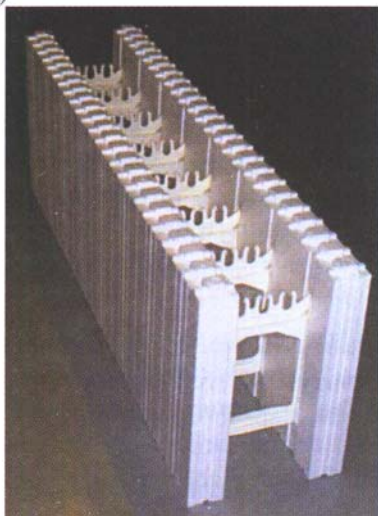
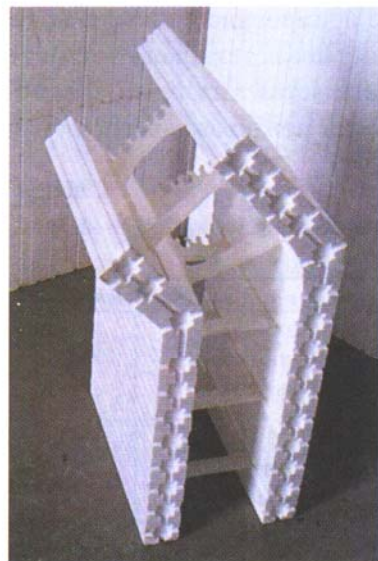
a)*б)**в)**г)*

Рис. 2.30. Пенополистирольная опалубка «ABS»: *a* - стандартный элемент; *б* - угловые элементы под 90 град.; *в* - угловые элементы под 135 град.; *г* - общий вид конструкции стены

Опалубка фирмы «ИНТРА – БАУ». Несъемная опалубка представляет собой выполненный из высококачественного арболита блок, внутрь которого заливается бетон (для стен), либо арболитовую плиту (для перекрытий). В ряде случаев вместо арболита может применяться цементно-стружечная плита.

Арболит играет роль теплоизолятора, хороший звукоизолятор и звукопоглотитель. Опалубка эффективно адаптирована к производству работ в зимних условиях.

В состав арболита входит около 90% щепы мягких пород и 10% минерального связующего – цемент, жидкое стекло. Цементно-стружечная опалубка состоит из 90% древесной стружки и 10% цемента.

Опалубка легко обрабатывается инструментами, предназначенными для древесины.

При монтаже опалубки нет нужды использовать какие-либо специальные механизмы, поскольку применяется так называемый принудительный метод монтажа, т.е. нижний элемент позволяет установить верхнее звено в единственно правильном положении. Это достигается благодаря тому, что с верхней стороны блока есть шип, а с нижней – ответный паз. Поэтому не требуется точно и тщательно выверять положение при установке каждого нового блока. Время монтажа квадратного метра стены с заполнением бетоном, утеплением, монтажом опалубки и т.д. в среднем составляет 0,3...0,5 чел.- часа.

Материал опалубки – арболит обладает большей адгезией (сцеплением), чем кирпич и бетон, слои штукатурки «прирастают» намертво.

2.4.3. Греющие опалубки

Щиты такой опалубки снабжены нагревательными элементами, смонтированными с тыльной стороны палубы и закрытыми слоем утеплителя. Нагревательными элементами могут быть снабжены щиты любой опалубки (мелкощитовой, крупнощитовой, объемно-переставной, катучей, скользящей и т.д.) Применяют греющие опалубки при бетонировании в зимних условиях, а также для ускорения твердения бетона в летних условиях с целью ускорения работ и сокращения производственного цикла. Передача тепла в таких опалубках происходит путем теплопроводности, т.е. контактным способом от нагретой поверхности опалубки к примыкающему бетону.

Греющая опалубка имеет палубу из металлического листа или водостойкой фанеры, с тыльной стороны которой расположены элект-

трические нагревательные элементы. В современных опалубках в качестве нагревателей используют греющие провода и кабели, сетчатые и углеродные ленточные нагреватели, токопроводящие покрытия и др. Наиболее эффективны кабели из константановой проволоки в термостойкой изоляции, изоляция в свою очередь защищена от механических повреждений металлическим чулком (рис. 2.31).

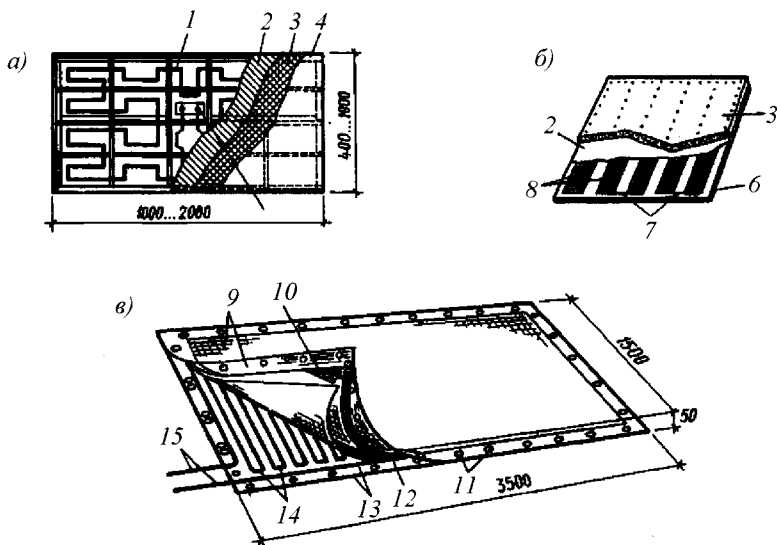


Рис. 2.31. Технические средства для кондуктивного нагрева бетона:
а - термоактивная опалубка с греющим кабелем; *б* - то же, с сетчатыми нагревателями; *в* - термоактивное гибкое покрытие с греющими проводами; 1 - греющий кабель; 2 - асбестовый лист; 3 - минеральная вата; 4 - защитный стальной лист; 5 - клемма; 6 - палуба из фанеры; 7 - разводящие шины; 8 - сетчатые нагреватели; 9 - защитный чехол; 10 - алюминиевая фольга; 11 - отверстия для крепления покрытия; 12 - утеплитель; 13 - листовая резина; 14 - греющий провод; 15 - коммутационные выводы

Нашли применение плоские графитопластиковые нагреватели, которые представляют собой графитовую ткань, окантованную по контуру электродами, подключенными к коммутационным проводам. Этот нагреватель помещен в стеклопластиковую или полипропиленовую изоляцию, общая толщина щита не превышает 2 мм. Щиты выпускаются различными размерами в плане. Щиты можно устанавливать с наружной или внутренней стороны палубы, но оптимальным считается их расположение между щитами палубы, на расстоя-

нии 5...6 мм от внутренней поверхности, что повышает срок эксплуатации до 50...60 тыс.ч. Температура на рабочей поверхности в пределах 80...120°C, для получения 70 % прочности достаточно эксплуатации установки в течение 24...36 ч (в зависимости от температуры наружного воздуха) при рваном режиме прогрева.

Сетчатые нагреватели из металла изолируют с двух сторон прокладкой тонких асбестовых листов, лист с тыльной стороны дополнительно покрывают теплоизоляцией.

В греющую опалубку может быть переоборудована любая инвентарная опалубка с палубой из стали или фанеры.

Термоактивное покрытие (ТРАП) – легкое, гибкое устройство с углеродными ленточными нагревателями или греющими проводами, обеспечивающими нагрев поверхности соприкосновения до 50°C. Основой покрытия является стеклохолст, к которому и крепят нагреватели. Для теплоизоляции применяют листовое стекловолокно с экранированным слоем из фольги. В качестве гидроизоляции используют прорезиненную ткань.

Гибкое покрытие можно изготавливать различного размера. Для крепления отдельных покрытий между собой предусмотрены специальные зажимы.

Покрытие можно располагать на вертикальных, горизонтальных и наклонных поверхностях конструкций. По окончании работы с покрытием на одном месте его снимают, очищают и для удобства транспортирования сворачивают в рулон. Наиболее эффективно применять ТРАП при интенсификации твердения плит перекрытий и покрытий, устройстве подготовки под полы.

2.5. Охрана труда

Техника безопасности при установке и разборке опалубки обеспечивается правильной организацией работ, организацией рабочих мест и порядком производства работ.

При организации установки и разборки опалубки необходимо предусматривать мероприятия по предупреждению воздействия на работников опасных и вредных производственных факторов, связанных с характером работы [19, 22, 23]:

- расположение рабочих мест вблизи перепада по высоте 1,3 м и более;
- движущиеся машины и передвигаемые ими предметы;
- обрушение элементов конструкций;

- шум и вибрация;
- повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

При наличии опасных и вредных производственных факторов, безопасность опалубочных работ должна быть обеспечена на основе выполнения содержащихся в организационно – технологической документации (ПОС, ППР и др.) следующих решений по охране труда:

- определение несущей способности и разработка проекта опалубки, а также последовательности ее установки и порядка разборки;
- разработка мероприятий и средств по обеспечению безопасности рабочих мест на высоте.

Размещение на опалубке оборудования и материалов, не предусмотренных ППР, а также нахождение людей, непосредственно не участвующих в производстве работ на установленных конструкциях опалубки, не допускается.

Для перехода работников с одного рабочего места на другое необходимо применять лестницы, переходные мостики и трапы, соответствующие требованиям СНиП 12-03-2001 и СНиП 12-04-2002 [22, 23].

При устройстве сборной опалубки стен, ригелей и сводов необходимо предусматривать устройство рабочих настилов шириной не менее 0,8 м с ограждениями.

Опалубка перекрытий должна быть ограждена по всему периметру. Все отверстия в рабочем полу опалубки должны быть закрыты. При необходимости оставлять эти отверстия открытыми их следует затягивать проволоочной сеткой.

После отсечения части скользящей опалубки и подвесных лесов торцевые стороны должны быть ограждены.

Для защиты работников от падения предметов на подвесных лесах по наружному периметру скользящей и переставной опалубки следует устанавливать козырьки шириной не менее ширины лесов.

При установке элементов опалубки в несколько ярусов каждый последующий ярус следует устанавливать после закрепления нижнего яруса.

При разборке опалубки необходимо принимать меры против случайного падения элементов опалубки, обрушения поддерживающих лесов и конструкций.

При передвижении секций катучей опалубки и передвижных лесов необходимо принимать меры, обеспечивающие безопасность работающих. Лицам, не участвующим в этой операции, находиться на секциях опалубки или лесов запрещается.

ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЯ ОПАЛУБКИ PERI

3.1. Общие сведения

При проектировании железобетонных работ обычно разрабатывается технология и организация выполнения опалубочных, арматурных и бетонных работ, а также определяются способы и средства доставки на строительную площадку опалубок, арматурных конструкций, бетонной смеси или ее составляющих.

Проектирование производства железобетонных работ ведется в следующей последовательности:

1) на основании изучения рабочих чертежей бетонных и железобетонных конструкций зданий или сооружений составляется перечень и определяется очередность выполнения отдельных видов работ (простых процессов);

2) здание или сооружение при необходимости расчленяется на участки, захватки и ярусы с указанием мест устройства рабочих швов;

3) определяются объемы работ по ярусам и захваткам;

4) рассматриваются возможные способы производства работ и на основании сопоставления их технико-экономических показателей выбирается лучший;

5) для выбранного варианта решения:

а) разрабатываются технологические схемы производства видов работ;

б) составляются графики их выполнения;

в) определяются требуемые трудовые (рабочая сила) и материально-технические (строительные материалы и механизмы) ресурсы;

г) приводятся решения по охране труда и технике безопасности;

д) определяются порядок контроля и оценки качества работ: даются указания о допусках, приводятся схемы операционного контроля качества и др.;

е) уточняются технико-экономические показатели.

3.1.1. Нагрузки на опалубку

Конструирование и расчет опалубки производят на основе рабочих чертежей на возводимую конструкцию, данных о принятом способе подачи и уплотнения бетонной смеси с учетом сведений о воз-

возможности изготовления или использования принятого типа опалубки, а также об ожидаемой температуре наружного воздуха в период выполнения бетонных работ, о наличии машин и механизмов.

Целью расчета является определение сечений элементов опалубки и расстояний между ними или определение пригодности унифицированной опалубки для возведения определенных конструкций.

Опалубка в процессе эксплуатации подвергается воздействию вертикальных и горизонтальных нагрузок.

К вертикальным нагрузкам относятся:

а) собственный вес опалубки и лесов, определяемый по чертежам;

б) вес свежесложенной бетонной смеси;

в) вес арматуры, принимаемый по проекту;

г) нагрузка от людей и транспортных средств: при расчете палубы, настилов, прогонов и стоек. Палуба при необходимости проверяется на сосредоточенную нагрузку: от веса рабочего с грузом и давления используемых механизмов;

д) нагрузки от вибрирования бетонной смеси горизонтальной поверхности опалубки.

К горизонтальным нагрузкам относятся:

е) нормативные ветровые нагрузки;

ж) давление свежесложенной бетонной смеси на боковые элементы опалубки; при уплотнении бетона с помощью внутренних и наружных вибраторов;

з) нагрузки от сотрясений, возникающие при выгрузке бетонной смеси в опалубку;

и) нагрузки от вибрирования бетонной смеси вертикальной поверхности опалубки (эти нагрузки учитываются только при отсутствии нагрузок от сотрясений). Элементы опалубки, к которым крепятся наружные вибраторы, должны дополнительно рассчитываться на местные воздействия.

Нагрузки, указанные в пунктах б...и, оказывают в первую очередь воздействие на палубу, элементы обшивки опалубки. Далее нагрузки от палубы и обшивки передаются на ребра или прогоны и от последних – на стойки или схватки, на стяжные болты (скрутки) и подкосы. Элементы опалубки рассчитываются по двум стадиям: по несущей способности и по деформациям.

Опалубка и леса также должны рассчитываться на совместное воздействие ветровых нагрузок и собственного веса опалубки и арматуры.

Расчет и конструирование вновь создаваемой опалубки выполняется в такой последовательности: выбор типа опалубки, вычерчивание конструктивной и расчетных схем для элементов опалубки, сбор нагрузок на элементы опалубки, определение сечения элементов и шага между ними, конструирование опалубки.

Возможна проверка пригодности унифицированной опалубки для возведения определенной конструкции. Для этого выполняют сбор нагрузок на элементы опалубки и сравнивают их с нагрузкой, на которую рассчитана опалубка и которая обычно приводится в паспорте. В случае отсутствия данных по допускаемой нагрузке необходимо выполнить расчет и сравнить полученные данные с размерами имеющейся в наличии опалубки.

Конструирование опалубки производится на основании полученных расчетных данных и с учетом обеспечения удобства сборки и разборки, требуемого числа оборотов, достижения минимальных затрат труда и материалов. На опалубочных чертежах приводятся маркировочные схемы сборки опалубки, конструктивные схемы каждого элемента, узлы опалубки и экспликация элементов.

3.1.2. Подход к раскладке опалубки

Подход к раскладке опалубки зависит от выбранной опалубочной системы:

Рамные опалубки, например, стеновые опалубки «TRIO», «DOMINO», «HANDSET»; колонны «TRIO», «QUATTRO» и «RAPID»; круглая колонна «SRS»; перекрытие «SKYDECK»:

- раскладка осуществляется по паспортным правилам раскладки;
- расчет ограничивается на определение режима бетонирования для стен и колонн или выбор правильных стоек для системы «SKYDECK»;
- стеновые системы и «SKYDECK» раскладываются при помощи программы «ELPOS» [31].

Описанный подход относится также к системам «VARIOFIX» (для стен) и «RUNDFLEX» (для круглых стен), хотя они и являются балочными.

Балочные опалубки, например, стеновая опалубка «VARIO zugfest»; колонны «VARIO»; перекрытие «MULTIFLEX»; столы для перекрытия «UNIportal», «MODUL» и «PD 8»:

- раскладка всех элементов определяется по расчету, заданными являются либо допустимое давление бетона для стен и колонн, либо

толщина перекрытия и допустимые деформации. В некоторых случаях добавляются требования по ограничению нагрузок на соседние или ниже находящиеся конструкции.

3.1.3. Правила обращения с системными опалубками

В целях уменьшения трудозатрат и сроков на опалубливание, надо найти такой тип раскладки, который позволит переставлять укрупненные единицы опалубки на новую захватку или ярус бетонирования. Для этого необходимо придерживаться следующих правил:

- перестановку укрупненных единиц производить в пределах допуска грузоподъемных приспособлений;
- при сборке укрупненных единиц некоторые края опалубки станут недоступными для очистки между оборотами, поэтому рекомендуется до первого применения еще не скрытые элементы опалубки всесторонне обработать бетоноотделяющим средством, только в этом случае будет достигнута оборачиваемость опалубки, гарантируемая заводом-изготовителем (табл. 3.1);

Таблица 3.1

Ориентировочные данные по оборачиваемости опалубки PERI

Элементы опалубки	Минимальное число оборотов
Рамы опалубки TRIO	600
Замки BFD	400
Другие металлические изделия системы TRIO	600
Фанера TRIO (Fin-Ply с прослойкой 240 г/м ²) с учетом ремонта местных повреждений	150
Рамы опалубки DOMINO	400
Другие металлические изделия системы DOMINO	400
Фанера DOMINO (Fin-Ply с прослойкой 240 г/м ²) с учетом ремонта местных повреждений	150
Балки-фермы GT 24 в системе VARIO	400
Металлические изделия системы VARIO	400
Фанера в системе VARIO	см. табл.3.2.
Балки-фермы GT 24 в системе MULTIFLEX	200
Балки-фермы GT 24 в столах	300

А. Ламинированная фанера для гладкого облицовочного бетона Fin-ply.**Fin-ply.**

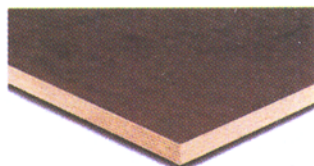
Фанера для опалубливания стен и перекрытий, обеспечивает ровную и гладкую бетонную поверхность. Оборачиваемость 30...70 оборотов. Состоит из крестообразно проклеенных березовых слоев, усиленных покрытием из феноловых смол, по 240 г/м² (Maxi – 400 г/м²) на каждой стороне, края лакированы. Склеивание согласно BFU 100 [34,35].

Толщина, мм	Размер, м	Вес, кг/м ²	Арт. №
9	1,50×3,00	6,65	052095
12	1,50×3,00	8,80	052150
15	1,50×3,00	10,75	052159
18	1,50×3,00	12,70	052240
21	1,25×2,50	14,25	052260
21	1,50×3,00	14,25	052270
21	1,50×4,00	14,25	052070
Maxi	7,50×2,70	14,25	052823
20	5,40×2,00	14,25	052829

**Rus-ply (PERI Birch).**

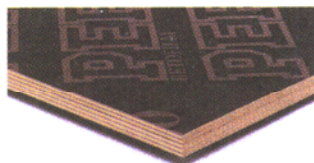
Высококачественная фанера, для широкого спектра применения, 15 слоев березы, по 120 г/м² феноловой смолы на каждой стороне, края лакированы. Оборачиваемость 20...50 оборотов. Склеивание согласно BFU 100 [34,35]

Толщина, мм	Размер, м	Вес, кг/м ²	Арт. №
21	1,25×2,50	14,25	052820

**PERI Beto.**

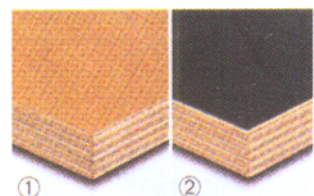
Финская комбинированная фанера, 11 слоев, наружные слои из березы, средние поочередно из ели и березы, двустороннее покрытие из феноловой смолы – 120 г/м², края лакированы. Оборачиваемость 15...30 оборотов, почти нет структуры на поверхности бетона. Склеивание согласно BFU 100 [34,35]

Толщина, мм	Размер, м	Вес, кг/м ²	Арт. №
21	0,62×2,50	11,9	052824
21	1,25×2,50	11,9	052821

**PERI Beto S.**

Финская комбинированная фанера, 11 слоев, наружные слои из березы, средние поочередно из ели и березы. Одна сторона фанеры имеет водопоглощающее покрытие 1, другая 2 из феноловой смолы – 120 г/м², края лакированы. Оборачиваемость 10...15 оборотов. Позволяет получить высококачественную матовую поверхность бетона с низкой пористостью. Склеивание согласно BFU 100 [34,35]

Толщина, мм	Размер, м	Вес, кг/м ²	Арт. №
S 21	1,25×2,50	11.9	052851



А. Ламинированная фанера для гладкого облицовочного бетона Combi-mirror.

Combi-mirror.

Финская комбинированная фанера, 13...15 слоев, наружные слои из березы, средние по очереди из пихты и березы, по 120 г/м² феноловой смолы на каждой стороне, края лакированы. Оборачиваемость 15...30 оборотов. Склеивание согласно BFU 100 [34,35]

Толщина, мм	Размер, м	Вес, кг/м ²	Арт. №
21	1,50×3,00	12,60	052822



PERI sprus.

Экономичная фанера для перекрытия, 11-ти слойная структура из северных хвойных пород, двустороннее покрытие из феноловой смолы – 120 г/м², края лакированы. Оборачиваемость 10...25 оборотов, гладкая поверхность, возможна легкая структура. Склеивание согласно BFU 100 [34,35].

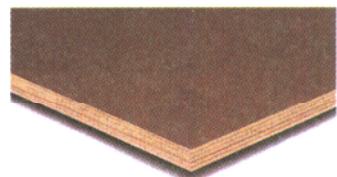
Толщина, мм	Размер, м	Вес, кг/м ²	Арт. №
21	2,50×0,50	10,9	052831
21	2,50×1,25	10,9	052830



AS-ply.

Азиатская фанера, 11 слоев, по 120 г/м² феноловой смолы на каждой стороне, края лакированы, температуростойкое склеивание. Оборачиваемость более 10. Гладкая поверхность, возможна легкая структура.

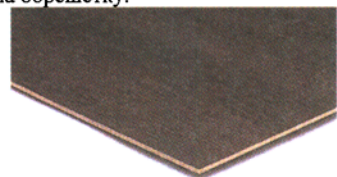
Толщина, мм	Размер, м	Вес, кг/м ²	Арт. №
21	2,50×1,25	14,9	052620



Облицовочная фанера 8...4 мм.

Ламинированная фанера 3...5 слоев, по 120 г/м² феноловой смолы на каждой стороне, края лакированы, водо- и -температуростойкое склеивание. Обеспечивает гладкую поверхность бетона и предназначена для монтажа на обрешетку.

Толщина, мм	Размер, м	вес, кг/м ²	Арт. №
4	2,50×1,25	2,5	052010
8	2,50×1,25	5,0	052020



Б. Трехслойные плиты для облицовочного бетона**Трехслойные плиты.**

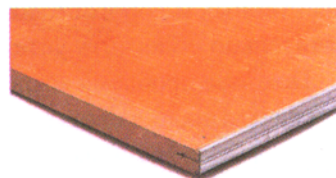
Крупногабаритные плиты с двусторонним покрытием из меламиновой смолы, края лакированы, три крестообразно проклеенных семимиллиметровых слоя из ели, средний слой возможен из тонких реек. Оборачиваемость 10...40 оборотов, гладкая поверхность, возможна легкая дощатая структура.

Толщина, мм	Размер, м	Вес. кг/м ²	Арт. №
21	2,00×0,50	10,5	050080
21	2,50×0,50	10,5	050000
21	2,00×1,00	10,5	050190
21	2,50×1,00	10,5	050040
21	2,50×1,50	10,5	052590
21	3,00×1,00	10,5	050200
21	5,00×1,00	10,5	050030
21	5,00×2,00	10,5	052380

**Трехслойные панели.**

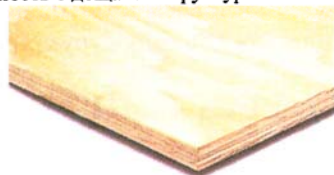
Легкие фанерные панели с красной или желтой пропиткой искусственными смолами. На торцах возможно металлическое окаймление. Оборачиваемость 10...40 оборотов, бетонная поверхность с дощатой структурой.

Толщина, мм	Размер, м	Вес. кг/м ²	Арт. №
21	1,50×0,50	10,5	050070
21	2,00×0,50	10,5	050080
21	2,50×0,50	10,5	050000

**В. Необработанная фанера для добора и обычных требований****Yellowy Pain.**

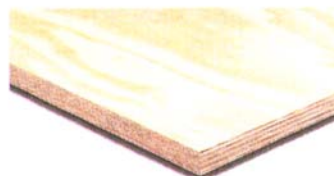
Экономичная многоцелевая фанера, 5 слоев, одна сторона гладкая, водо- и -температуростойкое склеивание, поверхность отшлифована, без покрытия. Оборачиваемость 2...10 оборотов, бетонная поверхность с дощатой структурой.

Толщина, мм	Размер, м	Вес. кг/м ²	Арт. №
20,5	2,44×1,22	11,0	052840

**«Морская сосна».**

9-слойная фанера, качество С+/С, одна сторона гладкая, водо- и -температуростойкое склеивание, поверхность отшлифована, без покрытия. Оборачиваемость 2...5 оборотов, бетонная поверхность с дощатой структурой.

Толщина, мм	Размер, м	Вес. кг/м ²	Арт. №
20,5	2,50×1,25	11,0	052800



В. Необработанная фанера для добора и обычных требований**FinNa-ply.**

Финская фанера из хвойной пород, семислойная структура, качество II/III, поверхность отшлифована, одна сторона гладкая, высококачественная обработка. Склеивание согласно BFU 100 [34, 35]. Оборачиваемость 2...5 оборотов, бетонная поверхность с древесной структурой.

Толщина, мм	Размер, м	Вес, кг/м ²	Арт. №
21	2,44×1,22	10,0	052827
21	2,50×1,25	10,0	052828



– при раскладке опалубки надо иметь в виду, что во время бетонирования внутренняя опалубка будет находиться в стесненных условиях, поэтому необходимо предусмотреть места добора (зазоры). Если не учесть зазор для распалубливания, то придется разбирать больше, чем было запланировано и может привести к разрушению инвентарных и дорогостоящих элементов. Зазоры, кроме того, могут значительно облегчить установку и стыковку укрупненных единиц.

Похожая проблема возникает и для опалубок перекрытия, где всегда сначала надо задуматься о том, как опалубка должна сниматься. При установке все может подаваться сверху, а разборка осуществляется уже под готовым перекрытием или даже в замкнутом помещении.

Крупногабаритные плиты с двусторонним покрытием меламиновой смолой, края лакированы, три крестообразно проклеенных семимиллиметровых слоя из ели, средний слой возможен из тонких рек. Оборачиваемость 10...40 оборотов, гладкая поверхность, возможна легкая дощатая структура.

3.2. PERI TRIO – рамная опалубка для стен и фундаментов

3.2.1. Общие положения

Угловые элементы:

- TE 270; 120; 60 (жесткие углы 90°);
- TGE 270; 120 (шарнирные углы);
- наружные углы TEA 270/135°; TEA 120/135°;
- внутренние углы TEI 270/135°; TEI 120/135°.

Таблица 3.3

Угловые элементы TRIO

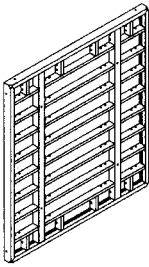
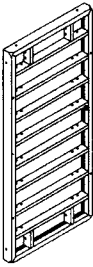
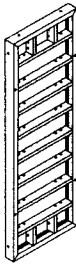
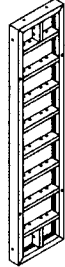
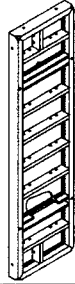
Ширина, см Высота, см	240	120	90	60	30	72
Вид элемента $h = 270$ см						
м ²	6,48	3,24	2,43	1,62	0,81	1,944
Вес, кг	328,0	158,0	112,0	79,8	52,3	95,3
Арт. №	022570	022510	022520	022550	022560	022540

Таблица 3.4

Угловые элементы TRIO

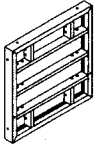
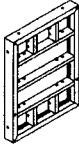
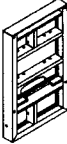
Ширина, см Высота, см	120	90	60	30	72
Вид элемента $h = 120$ см					
м ²	1,44	1,296	0,72	0,36	0,864
Вес, кг	67,4	52,3	39,1	24,6	55,2
Арт. №	022600	022610	022640	022650	022630

Таблица 3.5

Угловые элементы TRIO

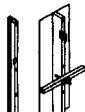
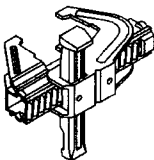
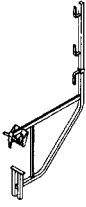
	Жесткие углы		Шарнирные углы	
	$h = 270$ см	$h = 120$ см	$h = 270$ см	$h = 120$ см
Вид элемента				
Вес, кг	95,4	42,8	95,4	42,8
Арт. №	023200	023300	022520	022550

Специальные элементы:

- многоцелевые элементы TRM 270Ч72; TRM 120Ч72;
- дистанционные угловые вставки WDA-2 270/5; 270/6; 120/5; 120/6 из стали;
- дистанционные угловые вставки WDA 270/10; 120/10 из алюминия;
- вставки для добора LA 270Ч36; 120Ч36;
- распалубочные элементы AE 270Ч30; AE 120Ч30;
- шахтные элементы TSE 270; TSE 120;
- алюминиевые дистанционные элементы TA 270/15; TA 120/15;
- элементы для торцевой опалубки TR 270Ч24; 120Ч24;
- наружные элементы рабочего шва AT 270Ч3; AT 120Ч3 (всегда по 2 шт.);
- внутренние элементы рабочего шва без гидроизоляционной ленты MT 270; MT 120 ширина 20; 24/25; 30; 35/36 см;
- внутренние элементы рабочего шва для гидроизоляционной ленты MTF 270; MTF 120 ширина 20; 24/25; 30; 35/36 см.

Таблица 3.6

Специальные элементы TRIO и оснастка

Вид элемента	Вставки для добора, см		Выпрямляющий замок BFD	Захват крановый 15 кН	Кронштейн лесов
	LA 270×36	LA 120×36			
					
Вес, кг	48,9	24,3	4,0	7,0	52,3
Арт. №	023170	023270	023500	023690	022560

Оснастка:

- замок BFD; замок BFD 38;
- ригель TAR 85; ригель 85; угловой ригель TVR 45/45; ригель SRZ 120;
- консоль лесов TRG 80;
- захват крановый 15 кН;
- подвеска для тяжёлой АН-2;
- торцевой тяж TS;

– адаптер TRIO–подкос;
 – натяжной крючок DW15/400; головка натяжного крючка DW15;

– тяжи DW15; шарнирная гайка-шайба DW15.

Подкосы:

– подкосы RS I; RS II; RSS I; RSS II; RSS III; RS 1000; RS 1400;
 – распорки AV; AV 190; AV 210; распорка для RSS III;
 – различные пятки.

Допустимое давление свежего бетона:

– 60 кН/м^2 (с тяжами DW 15) – предел по тяжам, при этом соблюдаются допуски по DIN 18202, табл. 3.2.5, строка 7;

– 80 кН/м^2 (с тяжами DW 20) – предел по рамам TRIO, при этом соблюдаются допуски по DIN 18202, табл. 3.2.5, строка 6.

Таблица 3.7

Допуски по плоскости поверхностей [33]

столбец строка	1	2	3	4	5	6
	Предмет	Предельные отклонения в мм при расстоянии между точками измерения в м до				
		0,1	1*	4*	10*	15*
1	Отделываемые верхние поверхности перекрытий, подбетонки и т.д.	10	15	20	25	30
2	Отделываемые верхние поверхности перекрытий, подбетонки и т.д. с повышенными требованиями, напр., под плавающие стяжки, полы промышленных зданий и т.д., готовые поверхности во второстепенных помещениях, например, складские помещения или подвалы	5	8	12	15	20
3	Готовые полы: бетонные полы или стяжки под линолеум, плитки, мастичные или клееные полы	2	4	10	12	15
4	Готовые полы с повышенными требованиями, напр., саморастекающие мастики	1	3	9	12	15
5	Отделываемые поверхности стен и нижние поверхности перекрытий	5	10	15	25	30
6	Готовые поверхности стен и нижние поверхности перекрытий, напр., штукатурка, подвесные потолки и т.д.	3	5	10	20	25
7	Как строка 6, но повышенные требования	2	3	8	15	20

* Промежуточные значения интерполируются

3.2.2. Правила раскладки

Раскладка начинается с углов или других узлов, затем доводится до середины стены, где в последующую очередь осуществляется добор.

3.2.2.1. Прямые углы

а) Стены толщиной 30 см (стандартное решение) и меньше 30 см (рис. 3.1):

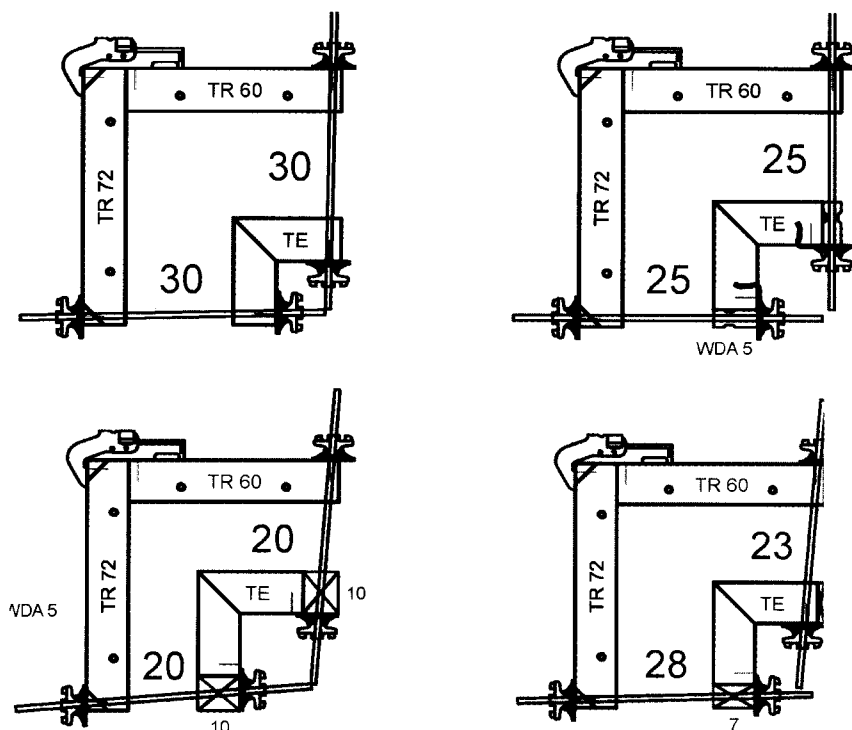


Рис. 3.1. Раскладка угловых элементов толщиной 30 см и меньше 30 см

При стандартной толщине стен угол собирается из элементов TE внутри, а снаружи из элементов TR 72 (справа, если смотреть снаружи) и TR 60.

Если толщина стен меньше чем 30 см, то к элементу TE приставляется вставка.

Для толщины стен 25 и 24 см могут использоваться инвентарные, стальные вставки WDA 5 (25 см) или соответственно WDA 6, имеющие готовые отверстия для тяжей. В случае их отсутствия или при других размерах вставок используется брус.

Толщина рам TRIO составляет 12 см, соответственно толщина вставок из бруса тоже должна быть равна 12 см, иначе бетон выдавливает вставку, что повлечет за собой дополнительные затраты на шлифование стен.

При ширине вставок до 4 см тяж может проводиться по соседнему элементу, при толщине 5 см и больше он обязательно проводится через вставку.

Наклон тяжа при проведении через соседний элемент должен составлять не больше 4° .

Примеры раскладки:

Толщина вертикальной стены 28 см, толщина горизонтальной 23 см (см. рис. 3.1).

Ширина вставки в вертикальной стене: $60 - 30 - 23 = 7$ см.

Ширина вставки в горизонтальной стене: $60 - 30 - 28 = 2$ см.

Толщина горизонтальной стены вместе с опалубкой:

$$2 \times 12 + 23 = 47 \text{ см.}$$

$\arctg(2/47) = 2,4^\circ$ – тяж проходит по отверстиям.

Толщина вертикальной стены вместе с опалубкой:

$$2 \times 12 + 28 = 52 \text{ см.}$$

$\arctg(7/52) = 7,7^\circ$ – тяж надо проводить либо по соседним элементам, либо через вставку.

б) Стены толщиной больше 30 см (рис. 3.2):

Вставки ставятся к наружным элементам.

Примеры раскладки:

Толщина вертикальной стены 33 см, толщина горизонтальной 38 см (см. рис. 3.2).

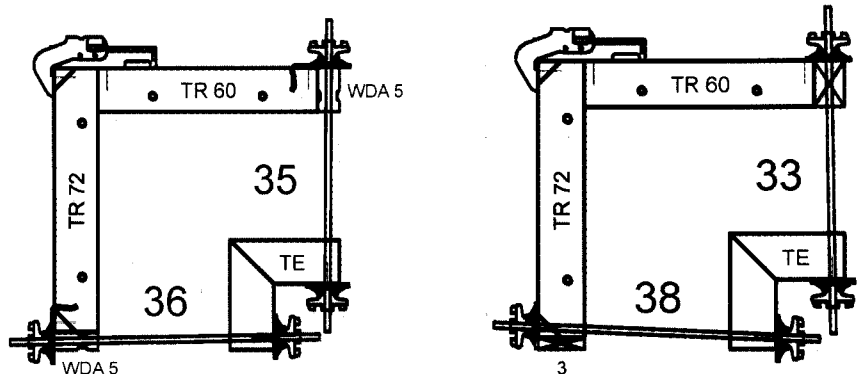


Рис. 3.2. Раскладка угловых элементов толщиной больше 30 см

Ширина вставки в вертикальной стене: $60 - 38 - 30 = 8$ см.

Ширина вставки в горизонтальной стене: $60 - 33 - 30 = 3$ см.

Толщина горизонтальной стены вместе с опалубкой:

$$2 \times 12 + 33 = 57 \text{ см.}$$

$\arctg(8/57) = 8,0^\circ$ – тяж надо проводить через вставку, необходимо учитывать, чтобы гайка-шайба при размещении в одном из соседних элементов не перекрывала бы рамы обоих элементов.

Толщина вертикальной стены вместе с опалубкой:

$$2 \times 12 + 38 = 62 \text{ см.}$$

$\arctg(3/62) = 2,8^\circ$ – тяж проходит по отверстиям.

в) Стены толщиной менее 18 см (рис. 3.3):

Рассмотрены два варианта для стен толщиной 16 и 12 см.

Решение со вставками LA допускается только, если иначе не достигается раскладка элементов, так как может не обеспечиваться жесткость внутренней стороны опалубки.

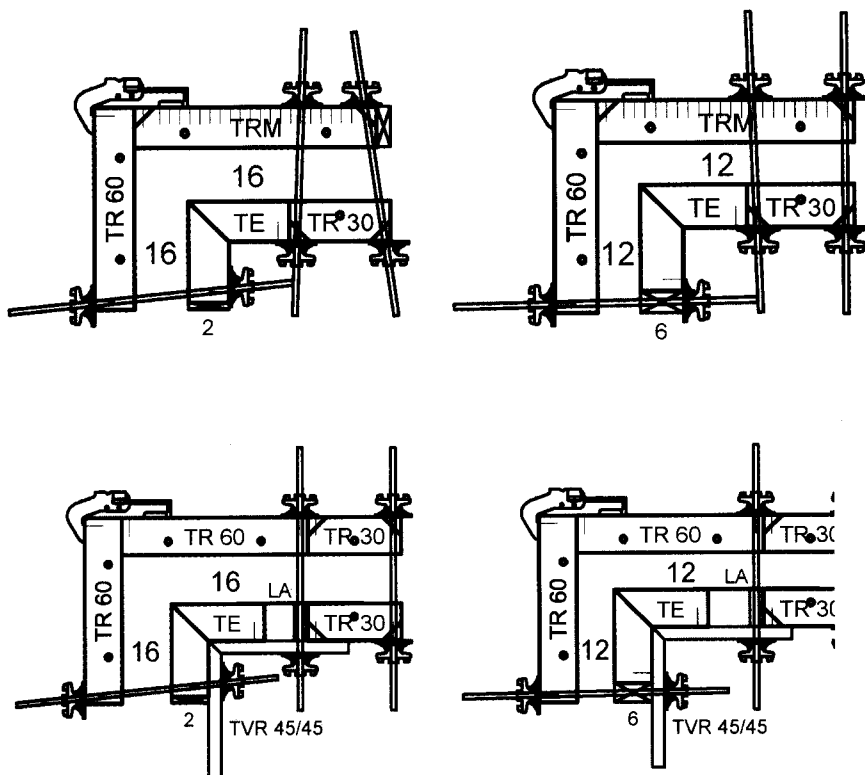


Рис. 3.3. Раскладка угловых элементов толщиной менее 18 см

з) Стены толщиной больше 40 см (рис. 3.4):

Комбинация элементов 72/60 заменяется более широкими элементами.

При этом возникает избыток усилий на угловые замки BFD, так как расстояние до ближайших тяжей велико. Этот избыток усилий воспринимается ригелями TAR или SRZ (не менее 2-х на высоту 2,70 м и дальше как тяжи), закрепленными торцевыми тяжами TS и при необходимости натяжными крючками (ригели SRZ).

Если комбинация элементов не обойдется без дополнительного стыка элементов, не защищенного тяжами, как в примере с толщиной стен 60 см, то этот стык тоже следует раскрепить ригелями, которые одеваются на тяжи. При такой раскладке обязательно выдержать правило возможности распалубливания правого элемента.

На рисунке 3.4 замки BFD не показаны, их положение и количество соответствует стандартным углам (см. п. 3.2.3).

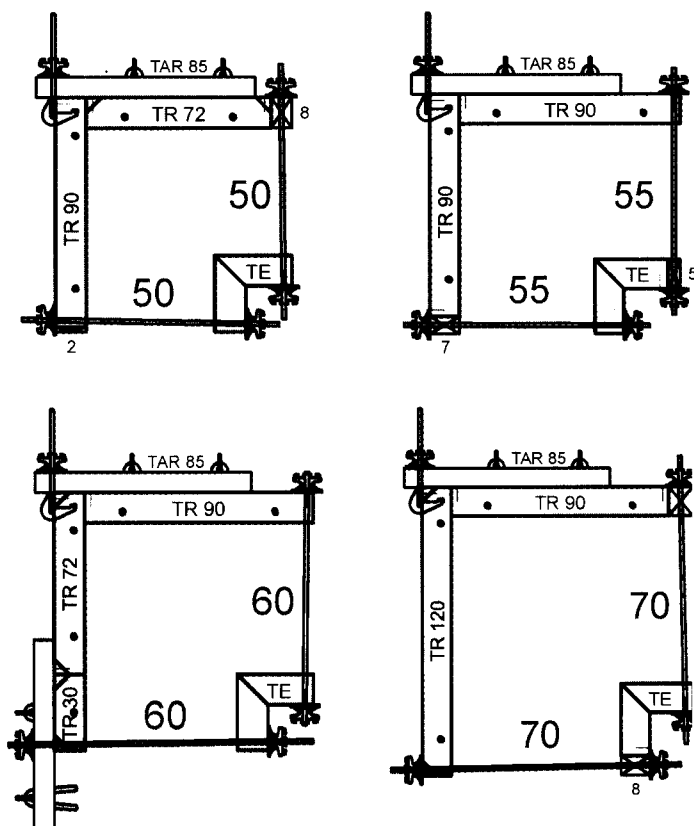


Рис. 3.4. Раскладка угловых элементов толщиной больше 40 см

3.2.2.2. Непрямые углы

Рассмотрены два примера не прямых углов (острые и тупые) с элементами TGE. Такие углы почти всегда решаются с помощью многоцелевого элемента TRM 72.

На наружной стороне на тяжи всегда ставятся ригели TAR, передающие усилия от стыков элементов, незакрепленных тяжами, на соседние тяжи.

Замки BFD у элемента TGE на наружной стороне ставятся на все свободные ребра, на внутренней стороне их количество увеличивается по сравнению с жестким углом TE. Например, при высоте 2,70 м – на наружной стороне по 6, на внутренней по 4 на каждой стороне.

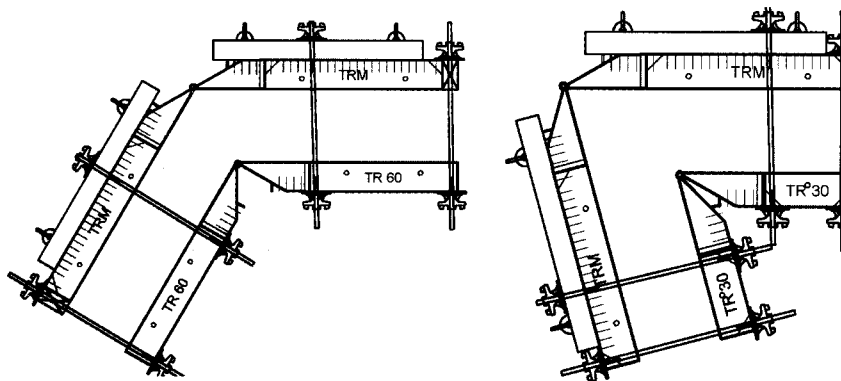


Рис. 3.5. Раскладка угловых элементов толщиной 30 см и углом разворота 120° и 75°

Острые углы меньше 75° не опалубливаются углом TGE, в таких случаях требуется местное решение.

3.2.2.3. Разветвление стен

Разветвления стен выполняются по подобию углов (рис. 3.6):

- если толщина отходящей стены равна 30 см и угол прямой, то используются только два угловых элемента TE внутри и элемент TR 90 снаружи;
- при толщине меньше 30 см ставится внутри вставка, например, WDA;
- при толщине больше 30 см вставка ставится снаружи;
- при толщине больше 40 см или меньше 18 см рекомендуется замена элемента TR 90 на элементы другой ширины;
- можно вместо одной вставки WDA для стен толщиной 50 см использовать две вставки.

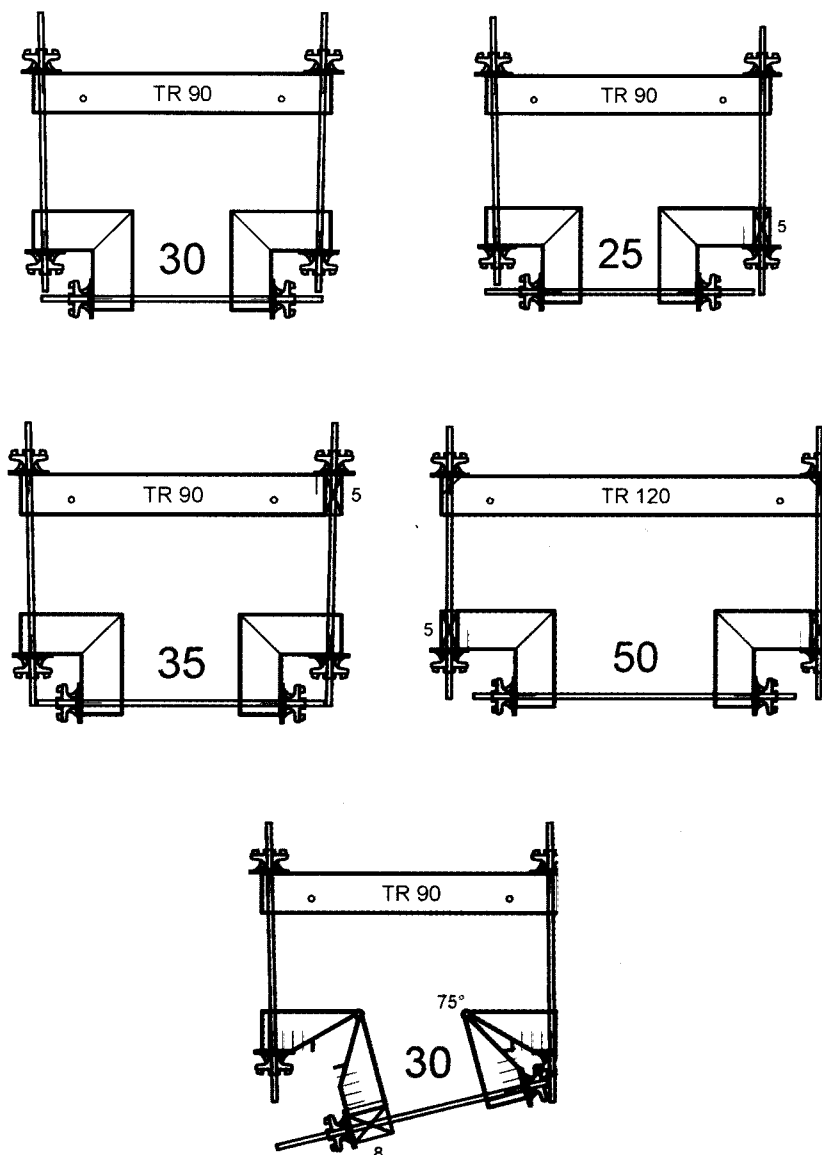


Рис. 3.6. Раскладка элементов разветвления стен

3.2.2.4. Изменение толщины стены

Изменение толщины стены до 10 см выполняется при помощи деревянных накладок, полоской фанеры между элементами и ригелями TAR или SRZ.

Рассмотрено шесть вариантов выполнения (рис. 3.7).

Вариант № 2, где ригель закреплен двумя тяжами, является наиболее устойчивым.

Вариант № 3 с маленьким плечом ригеля допускается только, если на более тонкой стене тоже стоит элемент 240 или 270 (устойчивость обеспечивается двумя тяжами в элементе).

Варианты № 4 и № 6 показывают возможную анкеровку при примыкании маленьких элементов с использованием ригелей TAR 85.

Вариант № 5 не допустим, т.к., во-первых, часто арматура мешает проведению тяжа и, во-вторых, не обеспечивается защитный слой бетона.

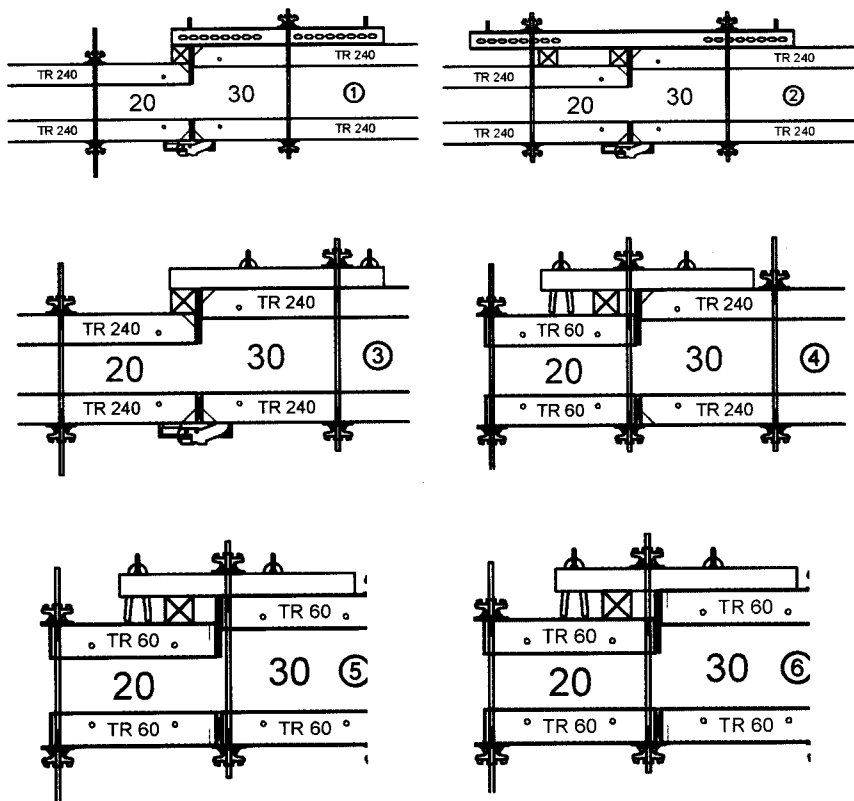


Рис. 3.7. Раскладка элементов при изменении толщины стены

Если поблизости находится торцевая концовка, приходится отводить силы вдоль опалубки, так как на одной стороне нет крепления стыка замками.

Если разность толщины стен находится в пределах от 10 до 40 см, в таком случае угол выполняется элементами TRM 72, TR 30 и ригелями TVR 45/45 (рис. 3.8).

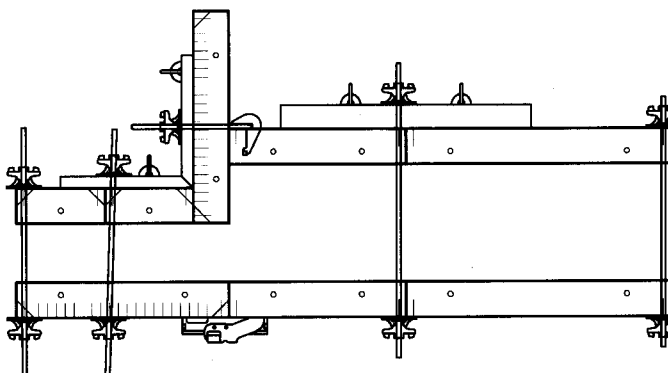


Рис. 3.8. Раскладка элементов при изменении толщины стены от 10 до 40 см

При большой высоте опалубки или давлении на опалубку свыше 40 кН/м^2 к угловому элементу TRM следует ставить подкос.

3.2.2.5. Смещение стены

Рассмотрены три варианта для разных размеров смещения (рис. 3.9).

Вариант № 1 применяется для смещения до 10 см, вариант № 2 для смещения от 10 до 40 см, вариант № 3 для смещения больше 40 см.

В вариантах № 2 и № 3 используются торцевые тяжи, проведенные через ригели TVR или TAR (см. пункт 3.2.2.4).

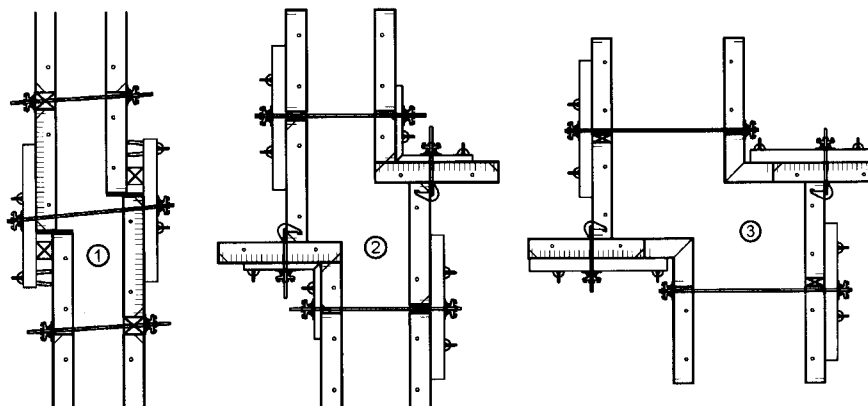


Рис. 3.9. Раскладка элементов при смещении стены

3.2.2.6. Колонны, бетонируемые вместе со стенами

Колонны, выступающие из прямой стены, могут рассматриваться как отходящие стены. На рис. 3.10 показаны варианты, которые используют для колонн, выступающих не больше чем на 20 см.

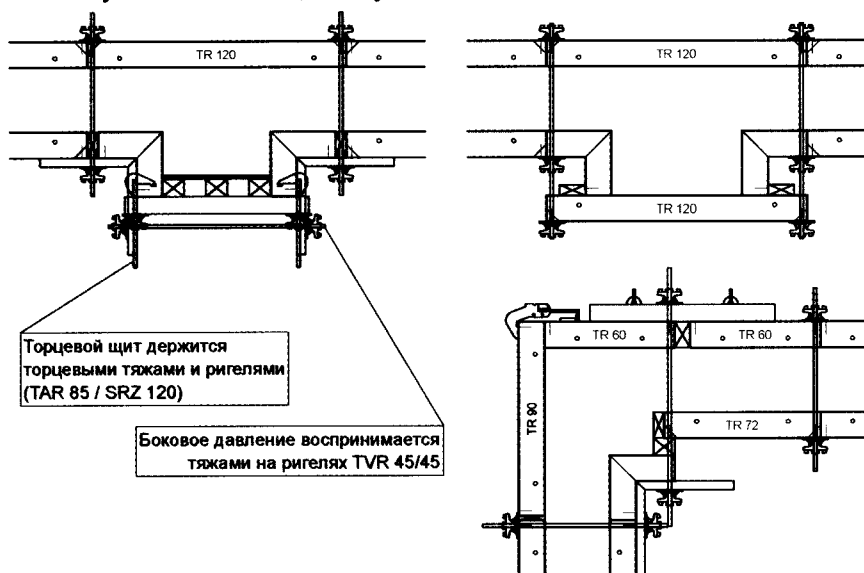


Рис. 3.10. Раскладка элементов колонн, бетонируемых вместе со стенами

На рисунке слева: торцевая концовка выполнена на угловых элементах. Распирающую силу колонны воспринимают ригелями TVR и пропущенными через них тяжами (за ригелями торцевой концовки).

На рисунке справа: торцевым щитом служит инвентарный элемент TR 120 или TR 90. На тяжи в таком случае одеваются две гайки. К торцевому щиту прибиваются рейки, воспринимающие распор колонны (используются гвозди с двойной шляпкой, по две штуки через 30 см по высоте).

На нижнем рисунке: опалубка угловых колонн выполняется с применением местных вкладышей.

3.2.2.7. Торцевые концовки

На рис. 3.11 показаны три варианта торцевых концовок, допускающих пропуски арматуры, например, на рабочих швах между захватками.

Вариант (а) является самым устойчивым и экономичным.

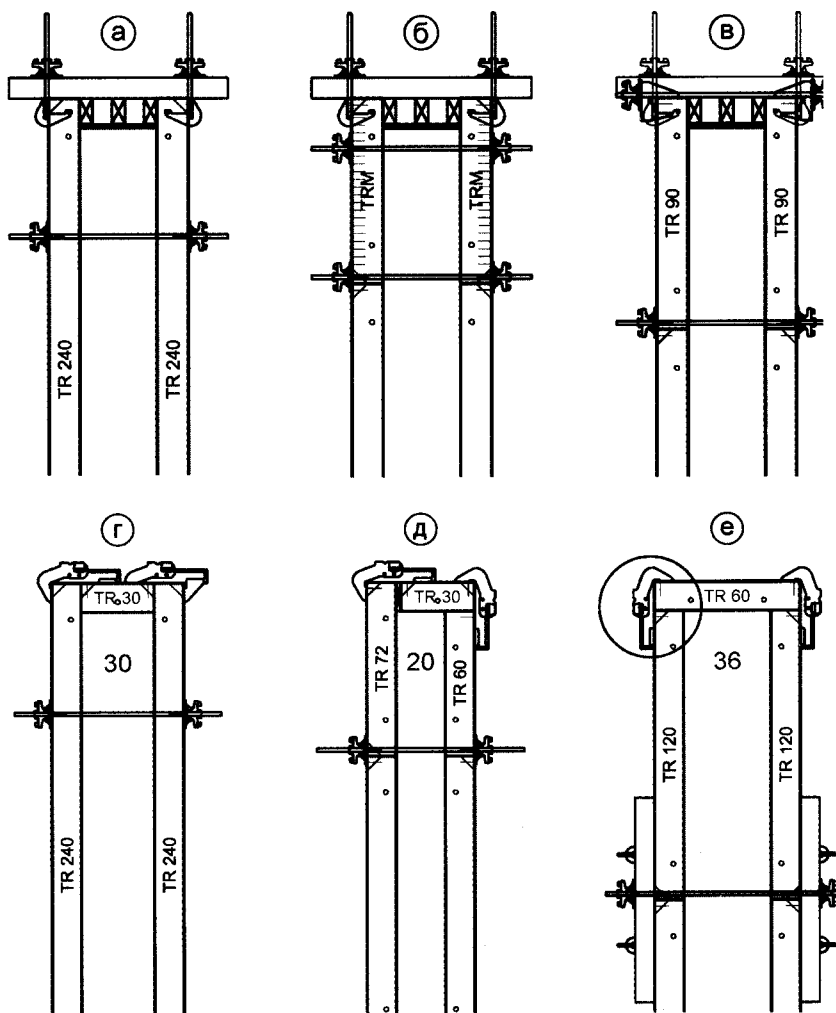


Рис. 3.11. Раскладка элементов торцевых концовок

Вариант (б) также устойчив, но за счет применения многоцелевого элемента дороже.

Вариант (в) неблагоприятен тем, что крайние тязи должны проводиться либо через торцевые брусья, либо выноситься, как показано, при помощи навесок для тязей за пределы элемента.

При проведении тязей через брусья торцевой концовки (как это показывает программа ELPOS [31]) появляется опасность нагружения крайних тязей срезающими усилиями.

Практика строительства показала, что рабочие крепят торцевой щит не ригелями, а тяжами. Это приводит к срезу или изгибу тяжей, при этом несущая способность этих тяжей может снизиться в три раза. В последующем использование таких поврежденных тяжей по прямому назначению (в стеновой опалубке) может привести к их разрыву.

Варианты (г)...(е) показывают возможности торцевых концовок без выпусков арматуры.

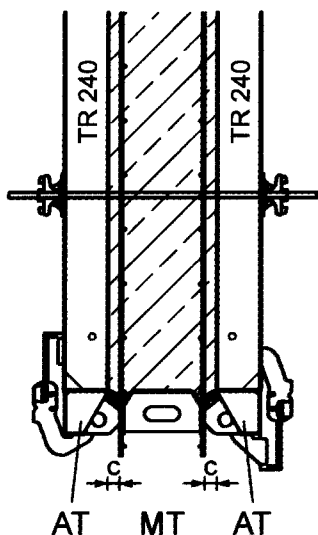
В таких случаях необходимо ставить достаточное количество замков BFD.

Необходимо обращать внимание, что часть замков стоит в невыгодном положении, то есть стык элементов не находится перед клином замка.

Это касается особенно случая (е) (обозначено кругом), где расстояние до ближайшего тяжа очень велико. Здесь обязательно требуется усиление ригелями.

В последнее время все чаще применяются варианты с инвентарными элементами для торцов (рис. 3.12). В этом случае с одной стороны стоимость комплекта опалубки растет, с другой стороны снижаются трудозатраты и расходы на постоянное обновление местных материалов.

а)



б)

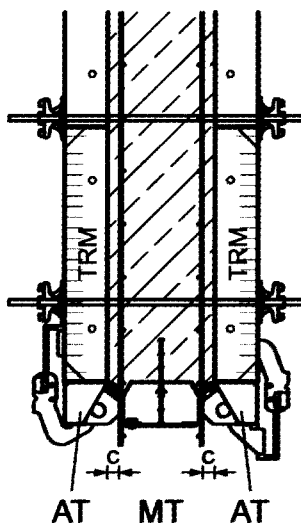


Рис. 3.12. Раскладка с инвентарными элементами для торцевых концовок: а - с элементом MT без гидроизоляционной ленты; б - с элементом MTF и гидроизоляционной лентой

3.2.2.8. Опалубка прямых стен между углами и добор зазора

Начиная от опалубленного угла или другого места изменения характера стены, раскладывают элементы так, чтобы использовались сначала самые большие элементы (шириной 270 или 240 см), затем шириной 120 см, 90 см и так далее, пока зазор не станет меньше 30 см.

Место добора можно закрыть одним из трех вариантов (3.13):

а) брусчатой вставкой до 10 см.

При ширине вставки больше 4 см тяж следует проводить непосредственно через вставку (см. также п. 3.2.4.).

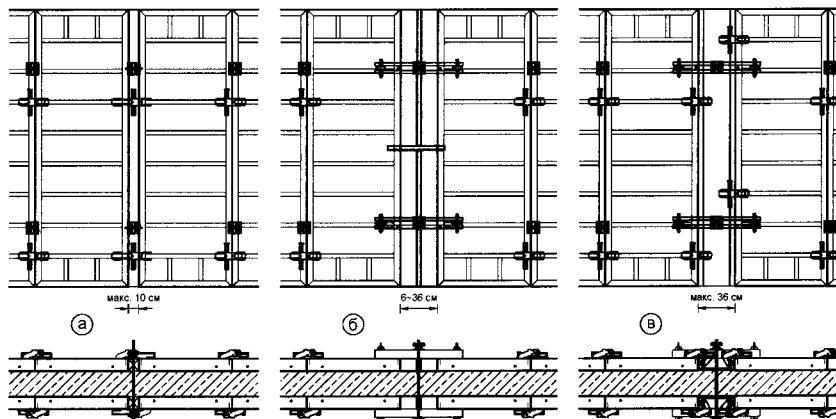


Рис. 3.13. Добор зазора между элементами опалубки прямых стен

При постоянном использовании системой TRIO вставки одинаковой ширины часто повторяются. Тогда их следует изготавливать более долговечными, используя вместо бруса 10×12 см полосу качественной фанеры, например, Фин-плай 21 мм и брус 9,9×12 см.

Отверстия для тяжей ($\varnothing 24$) следует точно размещать на одинаковой высоте с элементами отверстий TRIO.

б) дистанционной инвентарной вставкой LA (от 6 до 36 см). При этом через вставки LA устанавливаются тяжи на той же высоте, как и у соседних элементов. На каждый тяж одевается ригель TAR, перераспределяющий усилия на рамы соседних элементов опалубки.

в) местной фанерной вставкой, удерживаемой брусьями и замками BFD.

Здесь тяжи устанавливаются через вставку и ригели TAR. Ширина вставки достигает максимального значения 36 см, минимальная ширина зависит от сечения используемого бруса из расчета свободной установки замков (приблизительно равна 10 см).

Альтернативный вариант, если ширина вставки не входит в параметры максимального и минимального значения – разбивка на несколько брусчатых вставок типа (а).

Дополнительные рекомендации к раскладке прямых стен:

- ряд элементов шириной 240 или 270 см, как правило, не следует разрывать, так как это приводит к увеличению количества тяжей;
- места добора типов (а) и (б) должны находиться подальше от углов (как минимум на один элемент), так как они уменьшают устойчивость угла;
- в шахтных конструкциях или при опасности стеснения внутренней опалубки требуется зазор для распалубливания, удобнее всего вставка LA, шахтные элементы TSE или распалубочные элементы AE.

3.2.2.9. Опалубка лифтовых шахт

В шахтах лифтов стеснение внутренней опалубки значительное, что затрудняет распалубливание и может привести к разрушению инвентарной опалубки. Поэтому технология опалубки лифтовых шахт требует обеспечения зазора.

Необходимый зазор для распалубливания обеспечивается тремя способами:

- используя на внутренней стороне опалубки брусья или местный добор (см. рис. 3.13, вариант (б)), они первыми извлекаются и при слишком большом стеснении разрушаются – инвентарные элементы при этом не повреждаются, а также дополнительно жесткие углы TE можно заменить шарнирными углами TGE (по диагонали);
- используя инвентарные вставки LA (ширина добора в таком случае должна составить не менее 10 см) напряжение снимается сразу после ослабления клиньев в ригелях TAR – это самый удобный способ, если нет необходимости целиком переставлять шахтное ядро в другое место (см. левый вариант рис. 3.14);
- используя распалубочные элементы AE или шахтные элементы TSE, обеспечивается перемещение внутренней опалубки шахты целиком. При перестановке ядра ослабляются ригели TAR на элементах AE или приподнимаются предварительно все элементы TSE. При этом ширина сторон внутренней опалубки уменьшается, что дает возможность вынимать опалубку из шахты без демонтажа.

Для перемещения внутренней опалубки шахты целиком необходимо:

- шахтные элементы располагать симметрично друг к другу или осесимметрично;

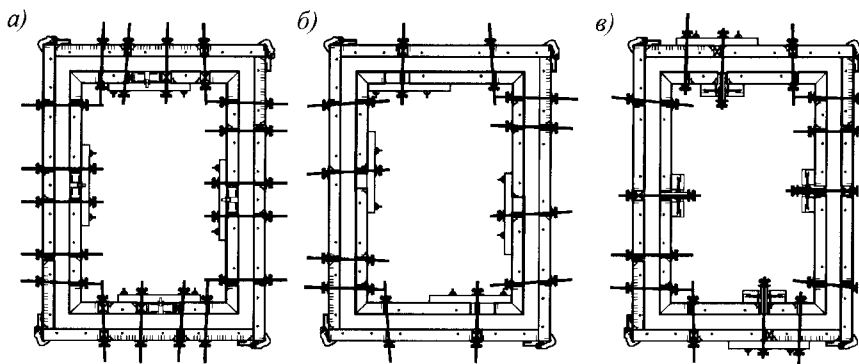


Рис. 3.14. Варианты опалубки лифтовых шахт
 а - с элементами АЕ; б - с доборными вставками TRIO LA;
 в - с элементами TSE

- четыре стропы, которые прицепляют за шахтные элементы опалубки;

- стропы должны смыкаться над центром тяжести ядра (симметричное или расположение элементов АЕ/TSE, всегда используются 4 штуки).

Дополнительные рекомендации к вариантам опалубки лифтовых шахт:

- на рис. 3.14 замки не показаны;
- дистанционные вставки LA просто вставляются между элементами – без замков;

- элементы распалубливания АЕ крепятся справа и слева замками BFD (при высоте 2,70 м – по 2 штуки), между ними и соседними элементами допускается добор из бруса. С 2002 г. элементы АЕ сняты с производства;

- шахтные элементы TSE присоединяются к ребрам соседних элементов опалубки, входящими в их комплектацию пальцами, что ограничивает их выбор (углы, торцевые элементы шириной 24 см, лежащие элементы и любые варианты добора не допускаются).

3.2.2.10. Особенности устройства опалубки фундаментов

Вопрос размещения тяжей, а не высокое давление бетона, является важной проблемой опалубки фундаментов.

При высоте опалубки менее 2,40 м нижний ряд тяжей лежащих элементов опалубки находится непосредственно в контакте с землей, поэтому под нижний ряд опалубки подкладывают брусья высотой 5...10 см (рис. 3.15).

Если используются элементы высотой 1,20 м стоя, то этой проблемы нет, надо эти элементы только так поставить, чтобы нижние анкерные отверстия находились на высоте 30 см от земли. При таком подъеме тяжелой бетон следует уложить сразу на высоту не менее 70 см, либо укладывать наклонными слоями, иначе более высокое давление внизу при уплотнении бетона может привести к тому, что опалубка встанет «трапецией».

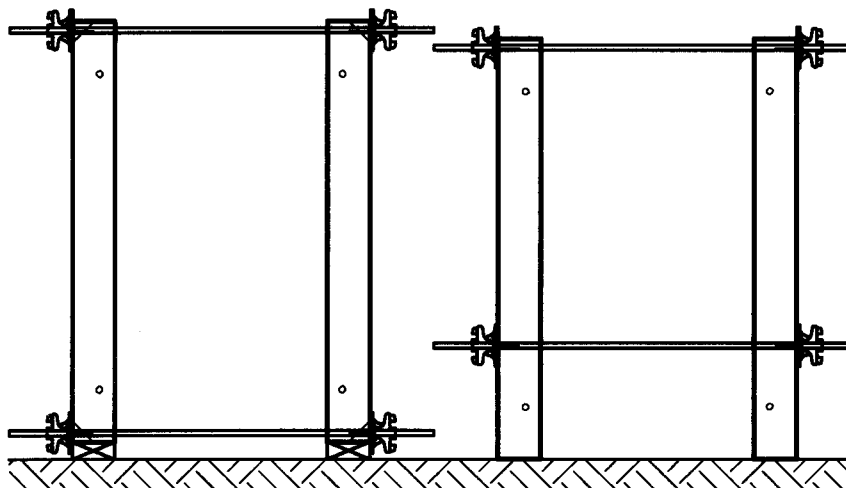


Рис. 3.15. Размещение тяжей в элементах опалубки фундаментов высотой 2,4 и 1,2 м

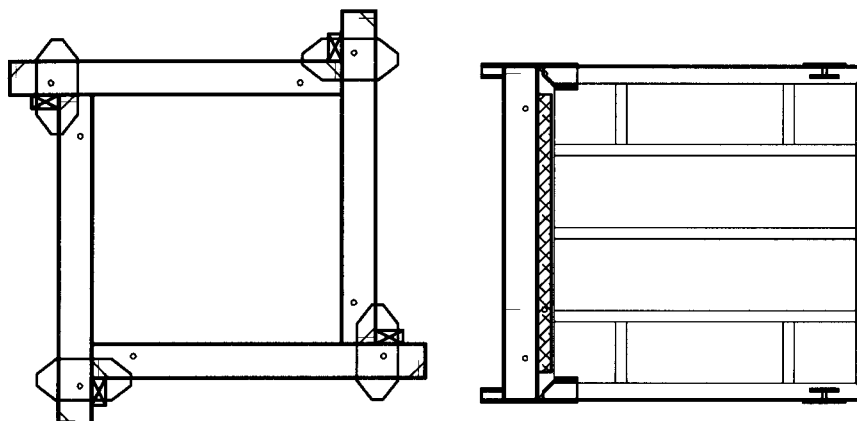


Рис. 3.16. Крепление элементов опалубки стяжной проволокой и с применением накладок

Если нет возможности установить нижние тязи, то требуется местное внешнее крепление. В этом случае необходимо, чтобы не возникали силы всплыва, из за значительно наклоненных подкосов. Верхнюю анкеровку можно вынести вверх над опалубкой, используя подвески для тяжей АН-2.

Если стандартные тязи типа DW 15 заменяются стальной проволокой, то необходимо учитывать возможное удлинение проволоки.

Для блочных фундаментов высотой не более 1,20 м и размерами в плане приблизительно до 2,50×2,50 м – возможен вариант с использованием накладок для фундаментов (рис. 3.16).

3.2.3. Расстановка замков

Для определения необходимого количества замков необходимо пользоваться таблицей плакатов к системе TRIO.

Дополнительные рекомендации по расстановке замков (рис. 3.17):

- замки на наружном жестком углу ставятся так, чтобы стык элементов находился непосредственно за клином, это достигается соблюдением «правила правого выходящего элемента», если это невозможно, то либо переворачивают замки, либо производят усиление ригелями и торцевыми тязями;

- замки, как правило, должны стоять на распорках, в противном случае увеличивается потребность в подкосах;

- самое опасное место – наружные шарнирные угловые элементы, здесь ставят максимально возможное количество замков. При высоте элемента опалубки 2,70 м устанавливается 6 замков, так как количество распорок элемента – 8, из них две распорки около тяжей используются ригелями;

- при приемке опалубки под укладку бетона необходимо визуально проверить положение клиньев замков, если они забиты до конца, то требуется снятие и установка их заново, так как практика показывает, что в этом случае чаще всего замки не дотянуты.

При монтаже опалубки, особенно укрупненных единиц, часто первый замок «не схватывает». Поэтому рекомендуют сначала поставить вспомогательный замок в середине щита и стянуть элементы. Затем в нижней и верхней части опалубки устанавливаются рабочие замки и стягиваются, после этого вспомогательный замок демонтируется.

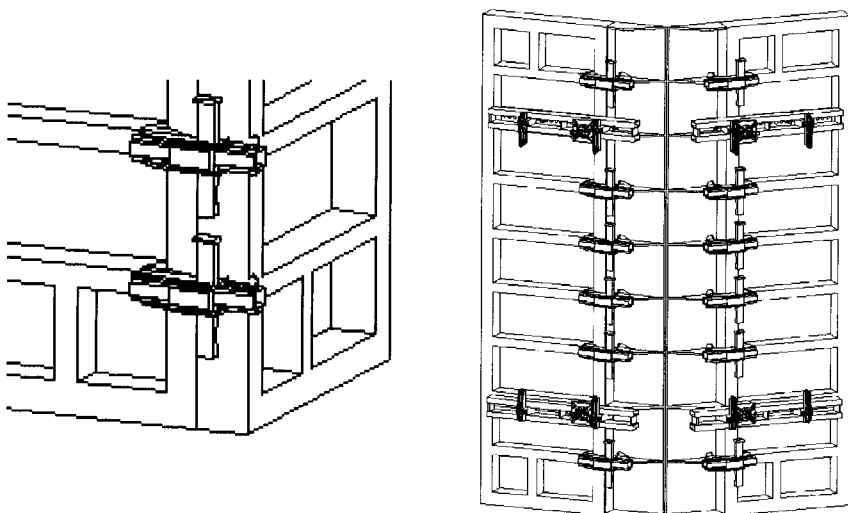


Рис. 3.17. Расстановка замков в элементах опалубки

3.2.4. Расстановка тяжей

Для определения необходимого количества тяжей и месторасположения необходимо пользоваться таблицей плакатов к системе TRIO.

Неиспользованные отверстия в опалубке для тяжей необходимо закрывать заглушками ПВХ 20/24.

При использовании доборных вставок тяжи следует размещать так, чтобы опирание гайки-прокладки на рамы соседних элементов было не менее 2 см (рис. 3.18).

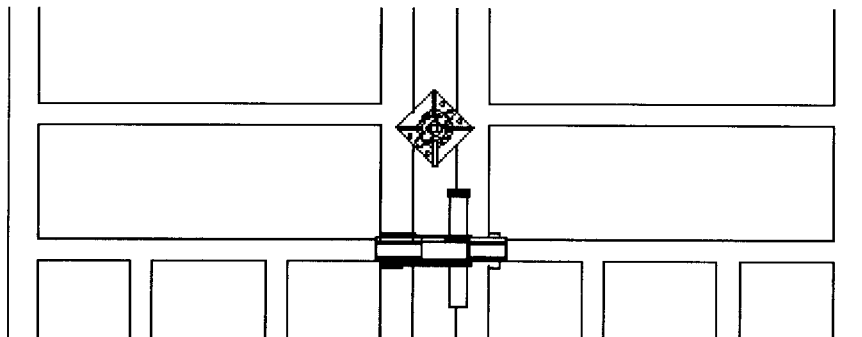


Рис. 3.18. Распределение возникающих усилий в опалубке гайкой-прокладкой

Если нет возможности обеспечить минимально допустимое опирание гайки-прокладки на соседние элементы опалубки, то необходимо применять ригели для распределения возникающих усилий (рис. 3.19).

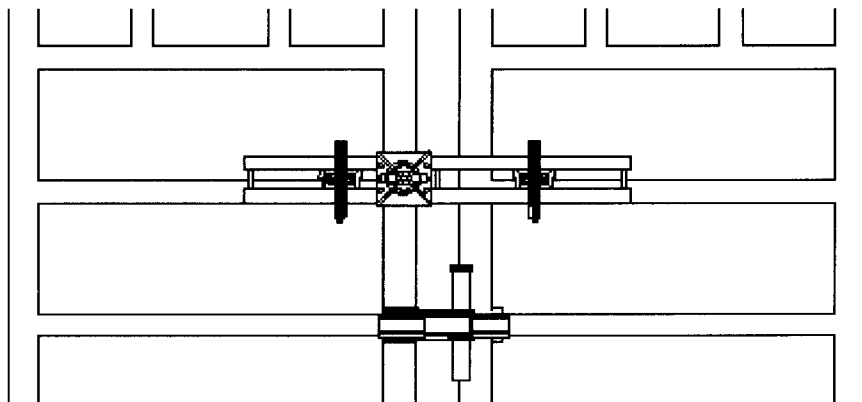


Рис. 3.19. Распределение возникающих усилий в опалубке ригелем

3.2.5. Нарращивание элементов опалубки

С помощью системы TRIO без затруднений опалубливаются стены высотой до 8,1 м. Более высокие стены требуют особого раскрепления. Количество замков BFD, тяжей и ригелей TAR принимается по таблице плакатов к системе TRIO.

Рекомендуется сборку элементов выполнять на земле. При этом необходимо учитывать, что при подъеме укрупненных единиц на горизонтальных стыках образуются шарниры. Для их раскрепления, при высоте более 5,4 м, требуется замена некоторых замков BFD на ригели TAR. Поэтому высота наращивания лежа на земле ограничена высотой 8,1 м (три элемента).

При выборе высоты опалубки целесообразно производить расчет технико-экономических показателей.

Пример:

Высота бетонируемой конструкции 5,0 м. Поэтому следовало бы выбрать высоту опалубки 5,1 м, но расчет технико-экономических показателей показал, что по трудозатратам и устойчивости вариант опалубки высотой 5,4 м предпочтительнее (табл. 3.8). А в случае устройства опалубок резервуаров, применение высоты 5,4 м менее выгодно для данного примера, так как количество тяжей увеличивается.

Таблица 3.8

Показатели опалубки	Высота 5,1 м	Высота 5,4 м
Площадь опалубки на 1 м ² бетона	102%	108%
Стоимость опалубки на 1 м ² бетона	100%	97,3%
Детали на 1 м ² опалубки	100%	88,4%
	100%*	95,6%*
Тяжи на 1 м ² бетона	100%	112,5%

Примечание: * – с учетом труб и конусов из ПВХ (дистансеры).

3.2.6. Подкосы опалубки

Подкосы должны выполнять следующие функции:

- фиксировать положение предварительно выставляемой стороны опалубки;
- воспринимать ветровые нагрузки;
- воспринимать временные горизонтальные нагрузки во время бетонирования и уплотнения бетона.

Поэтому подкосы в общем случае не рассчитываются на восприятие давления свежего бетона, так как возможно возникновение усилий, приводящих к всплыву опалубки.

Шаг подкосов принимается с учетом табл. 3.9:

Таблица 3.9

	Высота опалубки, м			
	2,70	3,00	4,00	5,00
Допустимый шаг подкосов, м	4,80 (4,00)	4,50 (3,75)	3,35 (2,25)	2,65 (1,80)
Нагрузка на подкос при максимальном шаге, кН	12,40	12,40	11,80	11,80
Расстояние от опалубки до пятки подкоса «у», м	1,20	1,30	1,70	2,10
Расстояние от верха опалубки до точки крепления подкоса «х», м	0,90	1,20	1,20	1,50

Примечание: Допустимый шаг указан для подкосов RSS и RS 1000, в скобках для подкосов RS. Значения «х» и «у» являются примерными. Прямые углы в опалубке заменяют по одному подкосу.

3.2.7. Указания по технике безопасности

- Несущая способность крановых крючков или захватов – 15 кН (1,5 тс), они применяются только попарно.
- Крановые крючки и стропы фирмы PERI подлежат требованиям по регулярной проверке как грузоподъемные средства и приспособления, заданные законодателем страны, где они используются, подробные сведения см. в инструкциях на эти изделия.
- Несущая способность лесов на кронштейнах TRG 80 зависит не только от них, но и от выбранного настила. Допускается расчетный шаг кронштейнов до 1,35 м, при этом допустимая нагрузка на леса из условия вырывания кронштейнов из отверстия вертикальных ребер рам опалубки составляет $1,5 \text{ кН/м}^2$ (150 кгс/м^2).
- По периметру лесов требуется дополнительная защита, например, стойки ограждения, арт. № 035700.
- При распалубливании снимаются верхние тязи только тогда, когда элементы опалубки уже подвешены к крану.
- Кронштейны лесов и подкосы устанавливаются на одной и той же стороне опалубки.

3.2.8. Отличие опалубочных систем TRIO и TRIO 330

Опалубочная система TRIO 330, как правило, применяется для промышленного строительства. Основной элемент данной опалубки имеет высоту 3,3 м. Оснастка для систем TRIO 270 и TRIO 330 одинакова.

Элементы высотой 3,3 м соединяются на прямом стыке тремя замками BFD.

При высоте бетонирования до 3,3 м на высоту требуется всего два тязя. При этом необходимо учитывать, что элементы TRIO 330 имеют асимметричное расположение отверстий для тязей (рис. 3.20). Если снизу считать, то при высоте опалубки до 3,3 м тязи ставятся в первое и третье отверстие. Неправильная установка приводит к перерасходу тязей.

С другой стороны, асимметрично расположенные отверстия по высоте совпадают с верхними отверстиями для тязей в элементах TRIO 270, что дает возможность их совместной работы.

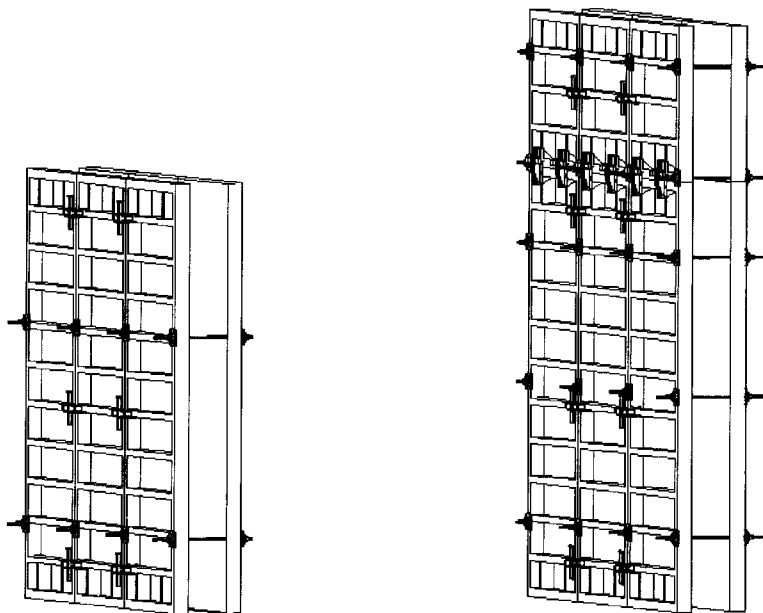


Рис. 3.20. Соединение элементов опалубки TRIO 330

3.3. PERI MULTIFLEX – балочная опалубка перекрытий

3.3.1. Элементы опалубки перекрытия

3.3.1.1. Рабочий слой палубы

Необработанная многослойная фанера с низким количеством оборотов и невысокими требованиями к поверхности:

- «Yellow Pine» 20,5 мм:
 - 5-слойная, вес около 11 кг/м²; размер листов 2,44×1,22 м; обрачиваемость 2...5 раз;
 - явная структура древесины на поверхности бетона, при длительном или небрежном хранении поступает влажность вовнутрь, что приводит к короблению и расслоению;
 - модуль упругости E следует принимать в пределах от 4 до 6 Н/мм²; шаг поперечных балок максимум 50 см;
- 3-слойная фанера 21 или 27 мм:
 - поверхность обработана искусственными смолами, вес 10,5 кг/м² (d=21 мм),

- ширина листов от 50 см до 2,0 м; длина от 1,5 м до 5,0 м; оборачиваемость 10...30 раз;
- поверхность бетона со структурой древесины, листы шириной 50 см имеют металлическую кромку на концах, которая отображается на бетонной поверхности;
- модуль упругости 5,9 Н/мм² при изгибе вдоль волокон наружных слоев;
- 3-слойная конструкция в начальной стадии работает лучше любой другой, но при нарастании нагрузок моментально может наступать расслоение и резкий прирост деформаций.

Ламинированная (с прослойкой из феноловых смол на поверхности) многослойная фанера из хвойных пород северной Европы, прослойки на обеих сторонах, края покрыты лаком:

– *PERI-SPRUCE* 21 мм:

• 11-слойная финская хвойная фанера по 120 г/м² феноловой смолы на каждой стороне, края лакированные, склеивание отвечает требованиям стандарта DIN Otto Graf BFU 100 (Германия), вес 10,9 кг/м², размеры листов 2,50×1,25 м; 2,50×0,50 м; оборачиваемость более 10 раз;

- фактически гладкая поверхность бетона;
- модуль упругости при изгибе вдоль листов 6,92 Н/мм², при изгибе поперек 3,76 Н/мм².

Ламинированная многослойная фанера из березы:

– *PERI-Birch* 21 мм (фанерный завод ЧУДОВО-RWS Россия, Новгородская обл., г. Чудово):

• 15-слойная фанера по финской технологии, 120 г/м² феноловой смолы на каждой стороне, склеивание отвечает требованиям стандарта DIN Otto Graf BFU 100 (Германия), вес 14,25 кг/м², размер листов 2,50×1,25 м, оборачиваемость 20...50 раз; толщина прослоек не менее 120 г/м², вес 14,25 кг/м², размер листов 2,5×1,25 м; оборачиваемость 20...50 раз;

- плоская гладкая поверхность бетона;
- модуль упругости при изгибе вдоль листов 6,08 Н/мм², при изгибе поперек 7,88 Н/мм².

– *FIN-PLY* 21мм:

• 15-слойная финская фанера, толщина прослоек 220...240 г/м², размер листов 2,5×1,25 м, 3,0×1,5 м, 4,0×1,5 м, оборачиваемость 30...70 раз;

- в сборных конструкциях (системы «VARIO», «UNIPORTAL» и т.д.) оборачиваемость достигает до 100 раз;

- плоская гладкая поверхность бетона;
- модуль упругости при изгибе вдоль листов $6,08 \text{ Н/мм}^2$, при изгибе поперек $7,88 \text{ Н/мм}^2$.

3.3.1.2. Балки опалубки перекрытия и стен

– *Балка-ферма GT 24:*

- высота 0,24 м;
- допустимая реакция опор при опирании под узлом – 28,0 кН;
- то же, при опирании между узлами – 20,0 кН;
- допустимый момент в пролете – 7,0 кНм;
- допустимый опорный момент при опирании под узлом – 7,0 кНм;
- допустимый момент при опирании между узлами – 4,0 кНм;
- длины стандартных балок по номиналу от 0,9 до 6,0 м с шагом – 0,3 м.

– *Двутаповая балка VT 20:*

- высота 0,2 м;
- допустимая реакция опор – 22,0 кН;
- допустимый момент – 5,0 кНм;
- длины стандартных балок 1,45; 2,15; 2,45; 2,65; 2,90; 3,30; 3,60; 3,90; 4,50; 4,90; 5,90 м.

– *Двутаповая балка VT 16:*

- высота 0,16 м;
- допустимая реакция опор – 16,0 кН;
- допустимый момент – 3,5 кНм;
- длины стандартных балок 2,45; 2,90; 3,30; 3,60; 3,90; 4,90; 5,90 м.

3.3.1.3. Стойки

– *Категории PEP 10, PEP 20 и PEP 30:*

- круглые стальные оцинкованные стойки, применяются как отдельные опоры опалубки перекрытия.

– *Категория MULTIPROP HL:*

- алюминиевые стойки сложного очертания повышенной несущей способности, применяются как отдельные опоры опалубки перекрытия, при комбинации с рамами MRK разрешается наращивание, возможно использование как столы или опорные башни.

– *Рамная опора ST 100:*

- размер в плане $1,0 \times 1,0 \text{ м}$.

– *Башенная система PD 8:*

- размер в плане $1,5 \times 1,5 \text{ м}$.

3.3.1.4. Вспомогательные и монтажные приспособления

- Головки (крестовые и захваты).
- Тренога.
- Скобы для досок.
- Монтажные штанги.
- Тележка для распалубливания.
- Стойки ограждения.
- Кронштейны для ригелей и торцевой опалубки.
- Подставка МР 50 для стоек.

3.3.2. Расчет опалубки MULTIFLEX

Расчет балочных опалубок идет в той последовательности, как элементы опалубки воспринимают или передают нагрузку от давления бетона (рис. 3.21).

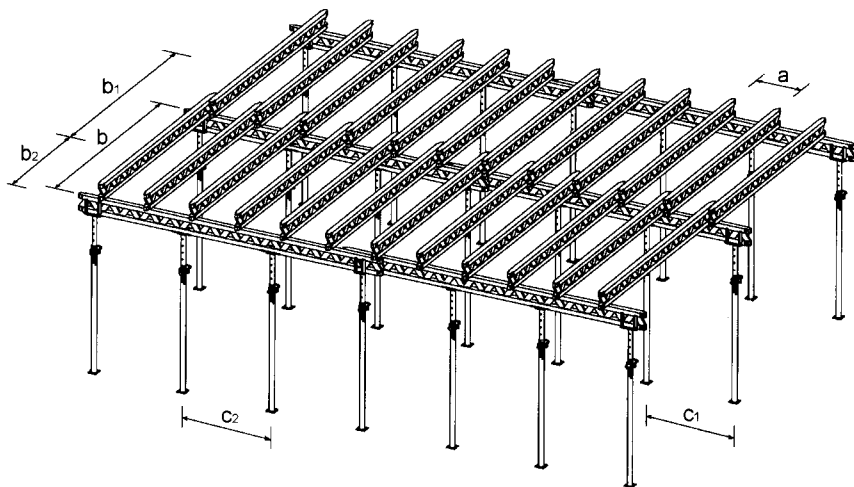


Рис. 3.21. Расчетная схема опалубки MULTIFLEX:

a - шаг поперечных балок; b - шаг продольных балок; b_1 - расчетный шаг рядовых балок; b_2 - расчетный шаг крайних балок; c - шаг стоек; c_1 - шаг стоек под рядовой балкой; c_2 - шаг стоек под крайней балкой

3.3.2.1. Методика расчета опалубки перекрытия

Расчет ведется по двум стадиям:

- расчет на прочность с учетом всех составляющих нагрузок;
- расчет по деформациям в конечной стадии с учетом только постоянных нагрузок.

Для этого в первую очередь необходимо собрать нагрузки. По DIN 4421 учитывается:

– Постоянная нагрузка от арматуры и бетонной смеси:

$$b = 26 d \text{ кН/м}^2, \quad (3.1)$$

где 26 - коэффициент объемного веса для нормальных условий (объемный вес свежей бетонной смеси 25 кН/м^3 , примерно 100 кг арматуры на 1 м^3 бетона);

d - толщина перекрытия, м.

– Собственный вес опалубки: $g = 0,4 \text{ кН/м}^2$ – по DIN 4421.

Здесь могут быть уточнения в зависимости от использованных материалов и конструкций:

$g = 0,15 \text{ кН/м}^2$ – если рассчитывается только фанера;

$g = 0,30 \text{ кН/м}^2$ – для расчета балок и стоек при шаге поперечных балок не менее 50 см.

Толщины бетонируемых плит больше 1,2 м, как правило, требуют либо отдельного расчета, либо принимается в первом приближении значение $0,6 \text{ кН/м}^2$.

– Временная нагрузка (неравномерная укладка бетонной смеси, уплотнение бетонной смеси, нахождение на опалубке персонала и инструмента):

$$P = 0,2 b, \text{ кН/м}^2, \quad (3.2)$$

где b - постоянная нагрузка от бетона и арматуры по DIN 4421 (см. формулу 3.1).

При этом ограничиваются значения временной нагрузки:

$1,5 \text{ кН/м}^2 \leq P \leq 5 \text{ кН/м}^2$ – в рабочей зоне $3 \times 3 \text{ м}$;

$P = 0,75 \text{ кН/м}^2$ – вне этой рабочей зоны.

Конкретные условия производства работ могут потребовать коррективы, например, применения тяжелых виброреек. С другой стороны, для большинства схем опалубки пролеты поперечных балок незначительно превышают размер в 3,0 м, что дает возможность упростить схему нагрузок и считать значение временной нагрузки постоянным, как в рабочей зоне.

Пример:

Перекрытие жилого дома толщиной 0,2 м, фанера PERI Birch длиной листа 2,5 м.

$$b = 26 \times 0,2 = 5,2 \text{ кН/м}^2. \quad (3.3)$$

Предварительно принимается шаг поперечных балок, равный $0,625 \text{ м}$ ($1/4$ листа).

Тогда

$$g = 0,3 \text{ кН/м}^2. \quad (3.4)$$

Временная нагрузка составляет

$$P = 0,2 \times 5,2 = 1,04 \text{ кН/м}^2. \quad (3.5)$$

При проверке краевых условий необходимо принять минимальное значение временной нагрузки

$$P = 1,5 \text{ кН/м}^2. \quad (3.6)$$

Итого получаем:

для расчета на прочность

$$q = b + g + P = 7,0 \text{ кН/м}^2, \quad (3.7)$$

для расчета по деформациям

$$q = b + g = 5,7 \text{ кН/м}^2. \quad (3.8)$$

Далее расчет ведется поочередно для всех элементов опалубки в той последовательности, как они воспринимают нагрузки, а сам по себе расчет и подбор необходимых элементов опалубки перекрытия является постоянным сравнением допустимых по статике предельных значений с геометрическими размерами помещений и самих элементов опалубки.

3.3.2.2. Расчет допустимых пролетов фанеры палубы опалубки

Расчет допустимых пролетов фанеры палубы равен шагу поперечных балок a . Фанера – первый элемент опалубки перекрытия, воспринимающий давление бетона и всех вышележащих нагрузок.

Вышеупомянутые виды фанеры имеют в зависимости от направления работы оговоренные выше разные значения как для модуля упругости, так и для предела прочности на изгиб:

- в перекрытиях с низкими требованиями к поверхности – $f < l/300$;
- в перекрытиях с более высокими требованиями к поверхности – $f < l/500$.

Прогиб фанеры f зависит от нагрузки (толщины перекрытия), характеристик самой фанеры (модуль упругости, толщина листа) и условий опирания (табл. 3.10).

На рис. 3.22...3.26 показаны диаграммы на основные виды фанеры, поставляемые фирмой PERI – березовая фанера (Fin-Ply и PERI Birch) и хвойная фанера (PERI-Spruce). Диаграммы составлены для толщины листа 21 мм. При этом пунктиром выделены области, где прогиб превышает $1/500$ пролета. Все линии заканчиваются при достижении предела прочности фанеры.

Таблица 3.10

Тип фанеры	Длина листа, мм	Ширина листа, мм	Толщина, мм	Вес, кг/м ²	Модуль упругости, Н/мм ²		Допустимое напряжение, Н/мм ²		Количество слоев	Плотность прослойки, г/м ²	Оборачиваемость
					вдоль листа	поперек листа	вдоль листа	поперек листа			
PERI Spruce	2500	1250	21	10,90	6920	3760	8,8	5,1	11	120	15...25
PERI Spruce	2500	500	21	10,90	6920	3760	8,8	5,1	11	120	15...25
PERI Ecoform	2500	1250	21	10,90	7120	3200	7,0	4,3	7	120	15...20
PERI Beto	1250	2500	21	11,90	7880	4920	13,7	8,9	11	120	15...30
PERI Beto	625	2500	21	11,90	7880	4920	13,7	8,9	11	120	15...30
PERI Birch	1250	2500	21	14,25	7880	6080	13,8	11,4	15	120	20...50
Fin-Ply	1250	2500	21	14,25	7880	6080	13,8	11,4	15	240	30...70
Fin-Ply	1500	2500	21	14,25	7880	6080	13,8	11,4	15	240	30...70
Fin-Ply	1500	3000	21	14,25	7880	6080	13,8	11,4	15	240	30...70
Fin-Ply	1500	4000	21	14,25	7880	6080	13,8	11,4	15	240	30...70

Основные диаграммы составлены для стандартных листов, работающих как многопролетные неразрезные балки (минимум три пролета).

Для наиболее часто применяемых размеров листов получены следующие варианты шага поперечных балок (табл. 3.11):

Таблица 3.11

Длина листа, м	Количество пролетов	Шаг поперечных балок a , см
2,50	4	62,5
	5	50
2,44	4	61
	5	~ 49
3,00	4	75
	5	60
	6	50

Для березовых фанер прогибы при доборе принимались в тех же значениях для модуля упругости и предела прочности, как и для основных листов, так как не всегда известно, в каком направлении укладываются доборные листы. Для хвойной фанеры, у которой при повороте листа резко меняются эти характеристики, диаграммы для добора составлены с этими более низкими данными. Необходимо учитывать, что для этой фанеры может потребоваться дополнительная поддержка (добор как 2-пролетная балка).

Пример (продолжение):

По диаграмме для березовой фанеры с тремя или больше пролетами по оси «Х» находим значение толщины перекрытия (0,2 м) и определяем значения для прогибов:

$$a = 0,3 \text{ м} - f = 0,06 \text{ мм} = 1/5.000 \ a$$

$$a = 0,35 \text{ м} - f = 0,12 \text{ мм} = 1/2.917 \ a$$

$$a = 0,4 \text{ м} - f = 0,20 \text{ мм} = 1/2.000 \ a$$

$$a = 0,5 \text{ м} - f = 0,48 \text{ мм} = 1/1.042 \ a$$

$$a = 0,625 \text{ м} - f = 1,18 \text{ мм} = 1/530 \ a$$

$$a = 0,75 \text{ м} - f = 2,45 \text{ мм} = 1/306 \ a$$

Для рассматриваемой длины листа приемлемы два варианта – либо 0,5 м, либо 0,625 м. Принимаем второй вариант, так как он нам дает экономию по количеству поперечных балок.

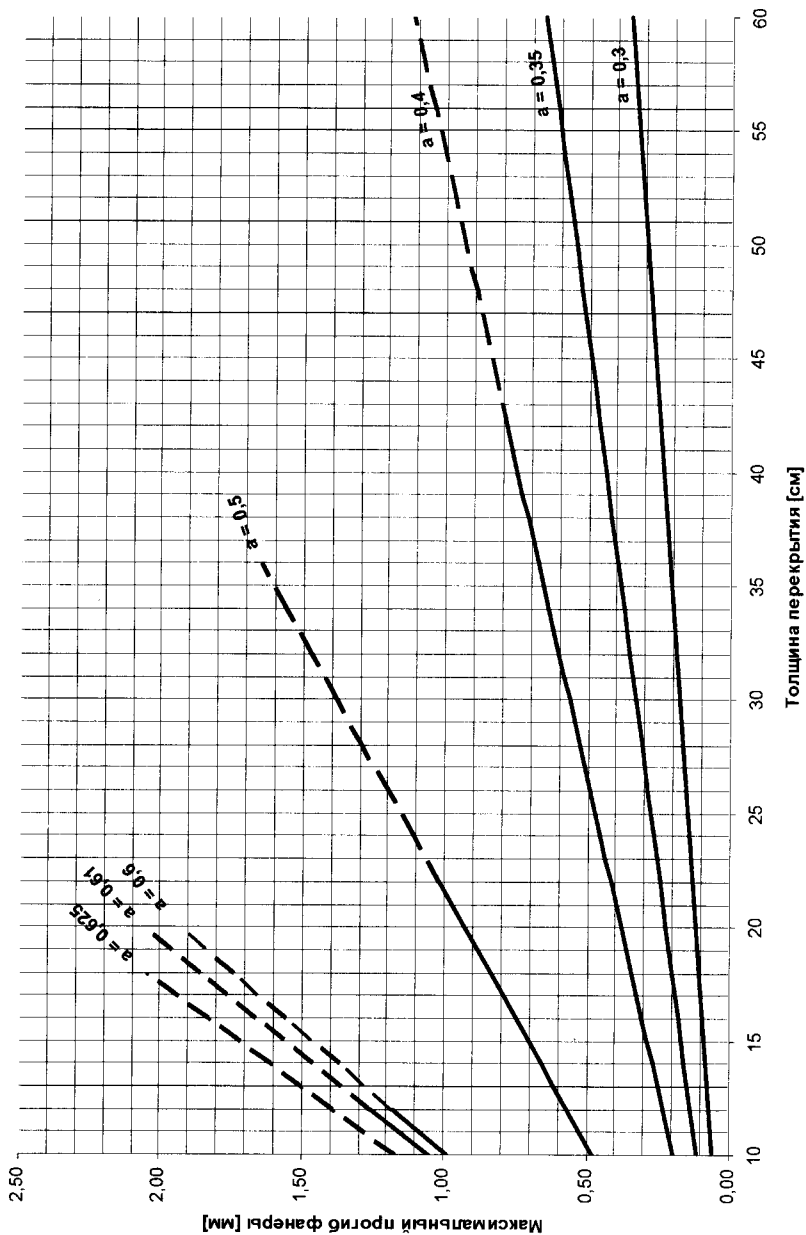


Рис. 3.22. Прогибы березовой фанеры (1 пролет)

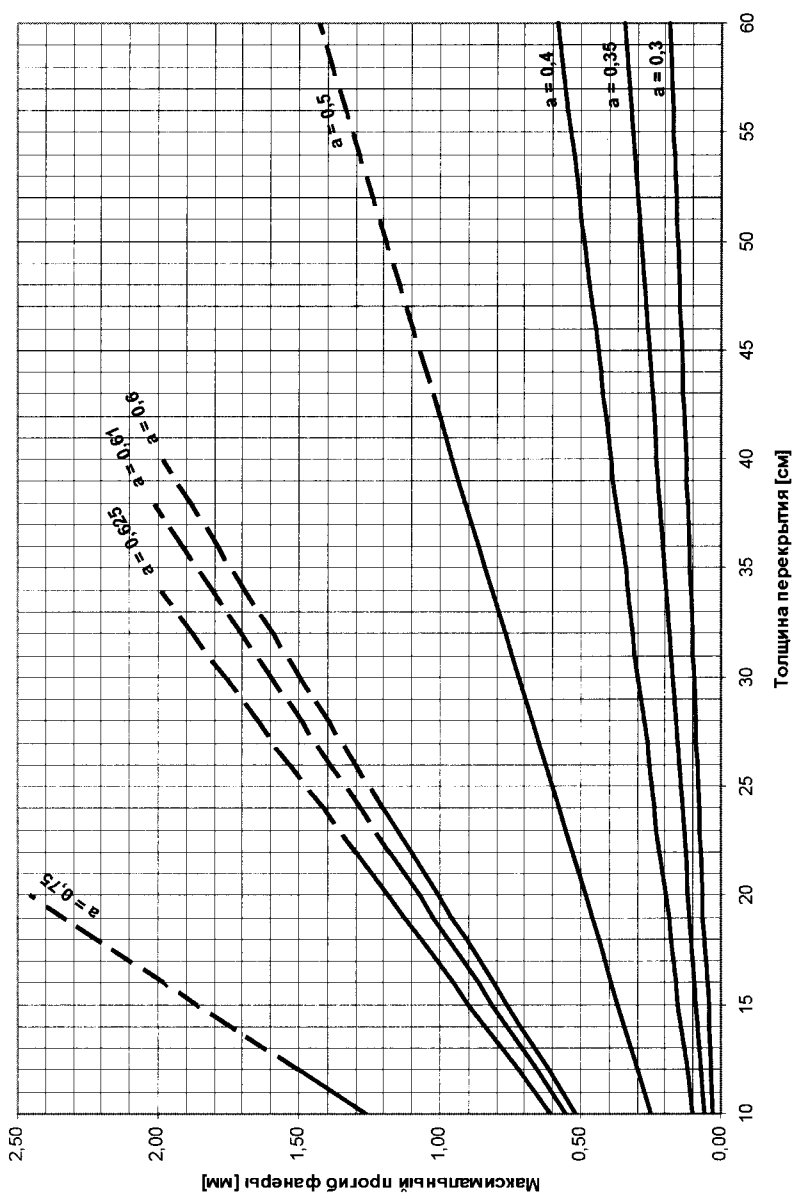


Рис. 3.23. Прогибы березовой фанеры (3 и больше пролетов)

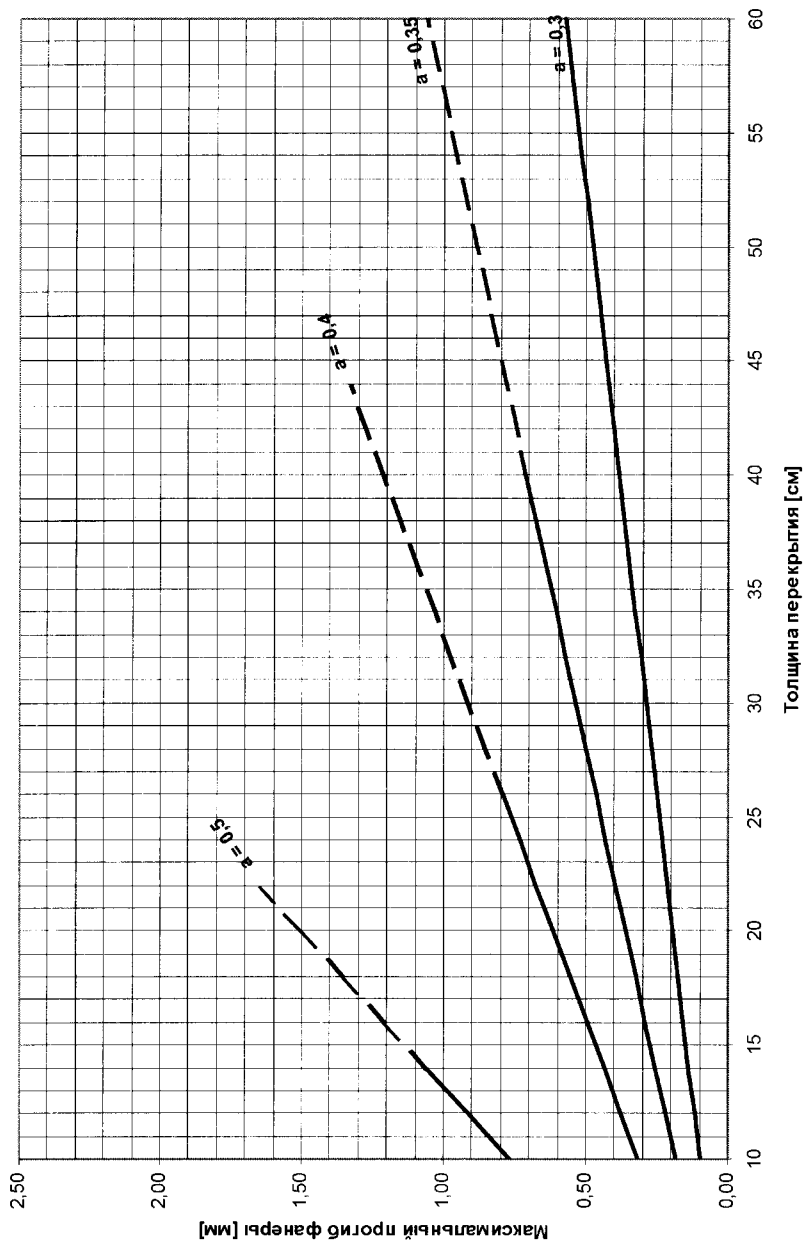


Рис. 3.24. Прогибы хвойной фанеры (1 пролет, поперек листа)

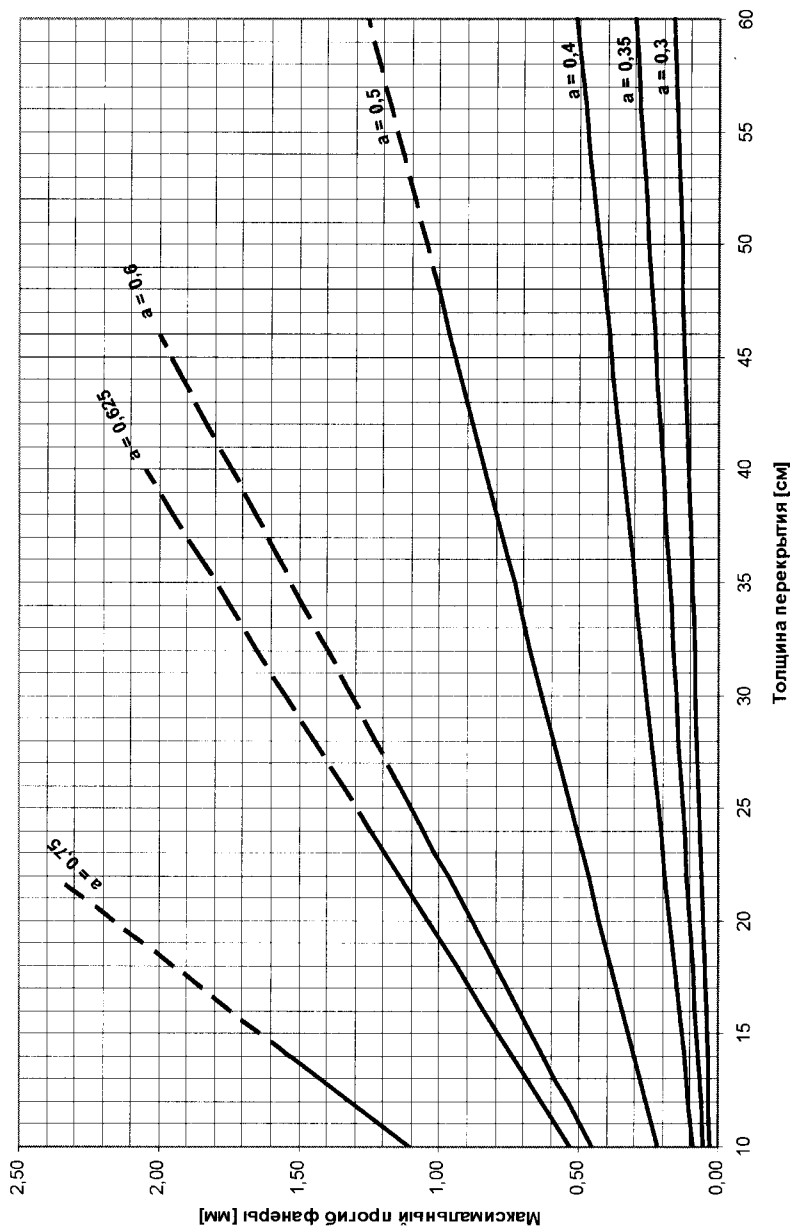


Рис. 3.25. Прогибы хвойной фанеры (2 пролета, поперек листа)

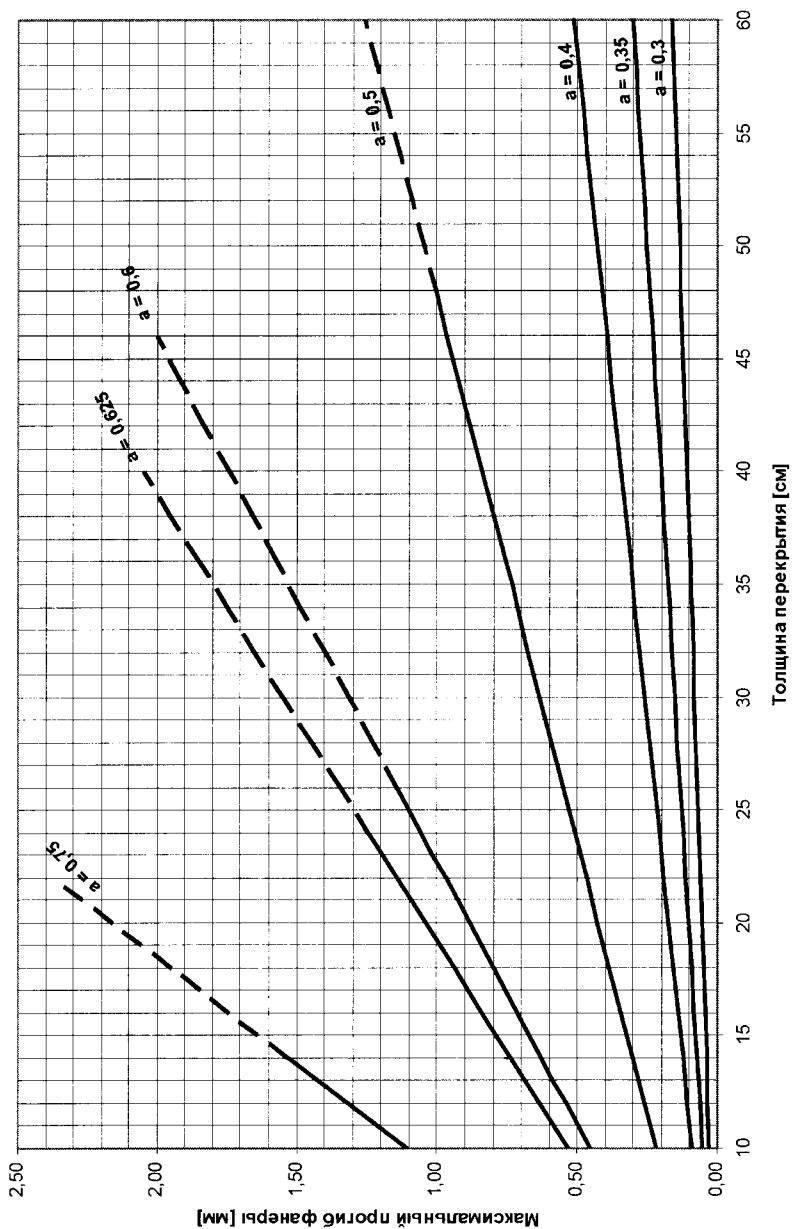


Рис. 3.26. Прогобы хвойной фанеры (3 и больше пролета)

Максимальный прогиб при этом составляет 1,18 мм. Смотрим в диаграмму для однопролетной системы (см. рис. 3.22). Здесь мы видим, что при такой схеме линия для пролета 60 см как раз на значении толщины перекрытия в 20 см заканчивается (достижение предела прочности фанеры). Прогиб при этом составляет 1,92 мм.

Из этого следует: для избежания завышенных деформаций добора либо ограничить пролет этого добора до 50 см, либо поставить под этот добор дополнительную поперечную балку (расчетная схема равномерно нагруженной двухпролетной балки имеет самые маленькие значения по прогибам, но она имеет увеличенный по отношению к многопролетным схемам опорный момент).

3.3.2.3. Определение пролета поперечных балок опалубки

Пролет поперечных балок опалубки равен шагу продольных балок b . Согласно выбранному в предыдущем пункте шагу поперечных балок проверяем по соответствующей типу балок таблице максимально допустимый пролет этих балок. Табл. 3.12, 3.13 составлены с учетом всех расчетных случаев, для поперечных балок.

При выборе шага продольных балок необходимо учитывать, что крайняя продольная балка находится на расстоянии 15...30 см от стены. Увеличение этого размера может привести к следующим неблагоприятным результатам:

- увеличение и неравномерность прогибов на консолях поперечных балок;
- нарушение техники безопасности (возможность опрокидывания поперечных балок во время арматурных работ).

Уменьшение шага продольных балок усложняет управление стойками и создает опасность соскальзывания поперечных балок с продольных.

По этой же причине, а также с учетом нормальной работы конечных участков балки (особенно при использовании балок-ферм) назначается минимальный нахлест балок, равный 0,15 м на каждой стороне.

Фактический шаг продольных балок ни в коем случае не должен превышать допустимое по таблице значение. В формуле для определения момента пролет возведен в квадрате, а в формуле прогиба в четвертой степени:

$$M = \frac{ql^2}{8}; \quad f = \frac{5}{324} \times \frac{ql^4}{EJ}.$$

Балка-ферма PERI GT 24 в опалубке перекрытия

Толщина перекры- тия, см	Нагрузка (q), кН/м ²	Шаг поперечных балок, м					Расчетный шаг продольных балок, м										
		Допустимый пролет, м					Допустимый шаг стоек, м (сверху - поддержка под узлом, снизу - произвольн.)										
		0,40	0,50	0,625	0,670	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
10	4,5	4,68	4,34	4,03	3,95	3,79	3,45	3,16	2,88	2,67	2,49	2,21	2,06	1,86	1,73	1,56	1,38
12	5,0	4,44	4,12	3,82	3,74	3,60	3,27	2,99	2,73	2,52	2,23	2,06	1,93	1,76	1,59	1,39	1,24
14	5,5	4,24	3,93	3,65	3,57	3,44	3,12	2,84	2,60	2,31	2,08	1,94	1,83	1,68	1,44	1,26	1,12
16	6,1	4,07	3,78	3,51	3,43	3,30	3,00	2,72	2,46	2,14	1,97	1,85	1,76	1,54	1,32	1,16	1,03
18	6,6	3,93	3,64	3,38	3,31	3,18	2,89	2,61	2,27	2,03	1,86	1,77	1,70	1,42	1,22	1,06	0,95
20	7,1	3,80	3,53	3,27	3,21	3,08	2,80	2,51	2,14	1,94	1,81	1,72	1,58	1,31	1,13	0,99	0,88
22	7,6	3,69	3,42	3,18	3,11	2,99	2,71	2,35	2,04	1,87	1,75	1,63	1,47	1,22	1,05	0,92	0,82
24	8,1	3,59	3,33	3,09	3,03	2,91	2,62	2,20	1,96	1,81	1,71	1,53	1,38	1,15	0,98	0,86	0,76
26	8,7	3,50	3,25	3,02	2,95	2,84	2,54	2,11	1,89	1,76	1,62	1,44	1,29	1,08	0,92	0,81	0,72
28	9,2	3,42	3,17	2,95	2,89	2,77	2,44	2,04	1,84	1,72	1,53	1,36	1,22	1,02	0,87	0,76	0,68
30	9,8	3,35	3,11	2,88	2,82	2,71	2,30	1,96	1,78	1,64	1,43	1,28	1,15	0,96	0,82	0,72	0,64
35	11,3	3,20	2,97	2,76	2,69	2,56	2,10	1,84	1,62	1,44	1,26	1,13	1,01	0,84	0,72	0,63	0,56
40	12,9	3,05	2,83	2,63	2,56	2,41	1,90	1,71	1,45	1,24	1,09	0,97	0,87	0,72	0,62	0,54	0,48
45	14,4	2,95	2,74	2,50	2,43	2,29	1,81	1,56	1,31	1,12	0,99	0,88	0,79	0,65	0,56	0,49	0,44
50	16,0	2,84	2,64	2,37	2,29	2,16	1,72	1,40	1,17	1,00	0,88	0,78	0,70	0,58	0,50	0,44	0,39
60	17,6	2,68	2,42	2,16	2,04	1,81	1,46	1,17	0,98	0,84	0,73	0,65	0,59	0,49	0,42	0,37	0,33

Таблица 3.12

Двутавровая балка PERI VT 20 К в опалубке перекрытия

Толщина перекрытия, см	Нагрузка (q), кН/м ²	Шаг поперечных балок, м					Расчетный шаг продольных балок, м										
		0,40	0,50	0,625	0,670	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
		Допустимый пролет, м															
10	4,50	3,83	3,55	3,30	3,20	3,10	2,98	2,67	2,43	2,25	2,04	1,90	1,80	1,62	1,40	1,22	1,09
12	5,00	3,63	3,37	3,13	3,03	2,94	2,82	2,52	2,30	2,07	1,91	1,80	1,72	1,46	1,25	1,10	0,97
14	5,50	3,47	3,22	2,99	2,93	2,81	2,69	2,40	2,14	1,95	1,81	1,72	1,59	1,32	1,13	0,99	0,88
16	6,10	3,33	3,09	2,87	2,81	2,70	2,57	2,30	2,03	1,86	1,74	1,61	1,45	1,21	1,04	0,91	0,81
18	6,60	3,21	2,98	2,77	2,71	2,60	2,47	2,16	1,93	1,78	1,67	1,49	1,34	1,11	0,96	0,84	0,74
20	7,10	3,11	2,89	2,68	2,62	2,52	2,37	2,06	1,85	1,73	1,55	1,38	1,24	1,03	0,89	0,77	0,69
22	7,60	3,02	2,80	2,60	2,55	2,45	2,29	1,97	1,79	1,65	1,44	1,28	1,15	0,96	0,82	0,72	0,64
24	8,10	2,94	2,73	2,53	2,48	2,38	2,17	1,90	1,74	1,54	1,35	1,20	1,08	0,90	0,77	0,68	0,60
26	8,70	2,86	2,66	2,47	2,42	2,32	2,09	1,84	1,69	1,45	1,27	1,13	1,02	0,85	0,73	0,64	0,56
28	9,20	2,80	2,60	2,41	2,36	2,27	2,01	1,78	1,60	1,37	1,20	1,07	0,96	0,80	0,68	0,60	0,53
30	9,80	2,74	2,54	2,36	2,31	2,22	1,94	1,74	1,50	1,29	1,13	1,00	0,90	0,75	0,64	0,56	0,50
35	11,30	2,62	2,43	2,26	2,21	2,13	1,82	1,56	1,32	1,14	0,99	0,88	0,79	0,66	0,57	0,50	0,44
40	12,90	2,50	2,32	2,15	2,11	2,03	1,70	1,37	1,14	0,98	0,85	0,76	0,68	0,57	0,49	0,43	0,38
45	14,40	2,41	2,24	2,08	2,03	1,93	1,54	1,24	1,03	0,89	0,77	0,69	0,62	0,52	0,44	0,39	0,35
50	16,00	2,32	2,16	2,00	1,94	1,83	1,38	1,10	0,92	0,79	0,69	0,61	0,55	0,46	0,39	0,34	0,31

Пример:

Для простоты выбираем прямоугольное помещение внутренними размерами 6,6×9,0 м.

Толщина перекрытия 0,2 м, фанера PERI Birch толщиной 21 мм и размерами листа 2500×1250 мм.

Допустимое значение для пролета поперечных балок при шаге в 0,625 м найдем по табл. 3.12 для балок-ферм GT 24. В первом столбце таблицы найдем толщину 0,2 м и двигаемся вправо до пятого столбца, соответствующего нашему шагу поперечных балок 0,625 м. Находим предельно допустимое значение пролета, равное 3,27 м.

Расчетные значения момента и прогиба для этого пролета:

– максимальный момент при бетонировании – 5,9 кНм (допустимо 7 кНм);

– максимальный прогиб (однопролетная балка) – 6,4 мм = 1/511 пролета.

Если продольные балки ставим параллельно длинной стороне помещения, получаем:

$$6,6 - 2 \times 0,15 = 6,3 \text{ м}; \quad 6,3 : 2 = 3,15 < 3,27 \text{ м}.$$

Это значение с одной стороны допустимо, с другой стороны достаточно близко к допустимому.

Помещение делится на два пролета. Длина поперечных балок с учетом нахлеста и консолей (минимум $3,15 + 0,15 + 0,15 = 3,45$ м) рекомендуется 3,6 м.

Проверяем другое направление помещения:

$$9,0 - 2 \times 0,15 = 8,7 \text{ м};$$

$$8,7 : 2 = 4,35 \text{ м} > 3,27 \text{ м};$$

$$8,7 : 3 = 2,9 \text{ м} < 3,27 \text{ м}.$$

Получаем три пролета с длиной балок (минимум $2,9 + 0,15 + 0,15 = 3,2$ м) в 3,3 м. Поперечные балки менее нагружены – чаще всего это уже признак перерасхода материала.

В ряде случаев, например, при необходимости установки опалубки вокруг заранее установленного крупногабаритного оборудования, приходится рассчитывать балки без использования диаграмм и таблиц. При этом необходимо учитывать следующие предпосылки расчета:

– расчетная схема в системах типа MULTIFLEX рассматривается всегда только как однопролетная шарнирно опертая балка без кон-

солей, так как при установке опалубки и во время бетонирования всегда имеем промежуточные стадии, где балки работают именно по такой схеме;

- для больших пролетов балок без дополнительной поддержки возможна потеря устойчивости уже при маленьких нагрузках;

- опалубка перекрытия после бетонирования должна извлекаться из-под готового перекрытия (иногда из замкнутого помещения), поэтому необходимо ограничивать длину балок (проблема веса и маневренности).

Рассмотрим случай отсутствия необходимых табличных значений. Например, чтобы увеличить пролет, необходимо уменьшить шаг балок. В этом случае необходимо проверить, допустимо ли значение пролета.

Требуется расставить балки с шагом 0,3 м, толщина перекрытия составляет 22 см. Расчетная нагрузка составляет – 7,6 кН/м² (см. табл. 3.12):

$$7,6 \times 0,3 = 2,28 \text{ кН/м.}$$

Делим эту величину на шаг поперечных балок (см. табл. 3.12):

- нагрузка для перекрытия толщиной 0,16 м: $2,28 : 0,4 = 5,7 \text{ кН/м}^2 \sim 6,1 \text{ кН/м}^2$;

- нагрузка для перекрытия толщиной 0,12 м: $2,28 : 0,5 = 4,56 \text{ кН/м}^2 \sim 5,0 \text{ кН/м}^2$.

В первом случае находим для толщины перекрытия 0,16 м и шага балок в 0,4 м пролет 4,07 м, во втором случае (толщина 0,12 м и шаг 0,5 м) – 4,12 м.

Принимаем меньшее из двух значений минус разность этих значений (учет изменения временной нагрузки, которая присутствует только в расчете на момент):

$$4,07 - (4,12 - 4,07) = 4,02 \text{ м.}$$

Данный подход позволяет не терять времени на длительные расчеты. В конкретном примере получается при точном расчете 4,06 м, а мы приняли 4,02 м.

3.3.2.4. Определение шага стоек

Шаг стоек (*c*) определяется по табл. 3.12. По напряжениям бывают три случая:

- для тонких перекрытий и маленьких шагов продольных балок определяющим может являться момент, в этом случае стойки часто не догружаются и опалубка получается более дорогой и трудоемкой;

– для толстых перекрытий и больших пролетов поперечных балок определяющей становится поперечная сила, для балки-фермы GT 24 из-за шага узлов часто не удастся оптимально размещать стойки и опять появляется перерасход;

– момент и поперечная сила подходят к максимуму, эти значения находим, если в правой части таблицы проводим мысленно диагональ от правого верхнего угла к левому нижнему углу (по столбцам 8...18) и выбираем значения примерно около этой диагонали.

Пример (продолжение):

Ставим продольные балки вдоль длинной стороны помещения.

Расстояние b между ними – 3,15 м.

Для средней (рядовой) балки фактический шаг является и расчетным шагом $b_1 = b$.

По табл. 3.12 находим для шага продольных балок 3,0 м допустимый шаг стоек 1,31 м, для шага балок 3,5 м соответственно 1,13 м (верхние значения). По линейной интерполяции получаем для значения 3,15 м шаг стоек $c_1 = 1,26$ м (округление вниз). При использовании оголовников на стойках можно нижние значения не рассматривать, так как оголовники, поставляемые фирмой PERI, для промежуточных стоек вовлекают в работу хотя бы один узел фермы. Это экономит стойки, стоимость которых намного выше, чем стоимость оголовников. Кроме того, оголовники центрируют стойки под балками, в силу чего несущая способность стоек используется рационально.

Проверяем крайние продольные балки. Они собирают нагрузку с половины пролета и с полосы между балками и стеной. Расчетный шаг крайней продольной балки определяется таким образом:

$$b_2 = 3,15 : 2 + 0,15 = 1,725 \text{ м}, \quad (3.9)$$

По табл. 3.12 находим для шага балок в 1,5 м значение 2,14 м и для шага 1,75 м соответственно 1,94 м, после интерполяции получаем $c_2 = 1,96$ м.

Производим подбор балки. Для средней продольной балки получили шаг между стойками 1,26 м, рассмотрим варианты:

$1,26 \times 1 + 2 \times 0,15 = 1,56$ м – длина балки 1,5 м – шаг между стойками 1,2 м;

$1,26 \times 2 + 2 \times 0,15 = 2,82$ м – длина балки 2,7 м – шаг между стойками 1,2 м;

$1,26 \times 3 + 2 \times 0,15 = 4,08$ м – длина балки 3,9 м – шаг между стойками 1,2 м;

$1,26 \times 4 + 2 \times 0,15 = 5,34$ м – длина балки 5,1 м – шаг между стойками 1,2 м.

По количеству стоек все варианты равносильны, но в первых двух идет перерасход балок и крестовых головок за счет нахлеста, последний вариант неудобен ввиду длины и большого веса балки.

Для крайних балок проверяем варианты:

$1,96 \times 1 + 2 \times 0,15 = 2,26$ м – длина балки 2,1 м – шаг между стойками 1,8 м;

$1,96 \times 2 + 2 \times 0,15 = 4,22$ м – длина балки 4,2 м – шаг между стойками 1,95 м;

$1,96 \times 3 + 2 \times 0,15 = 6,18$ м – длина балки 6,0 м – шаг между стойками 1,9 м.

Оптимальный вариант – балка длиной 4,2 м, минимальное количество стоек и не слишком большой вес балки.

Рассмотрим реальную раскладку опалубки в заданном помещении (рис. 3.27):

Сумма шагов между стойками под крайней продольной балкой:

$$4 \times 1,937 + 0,952 = 8,70 \text{ м.}$$

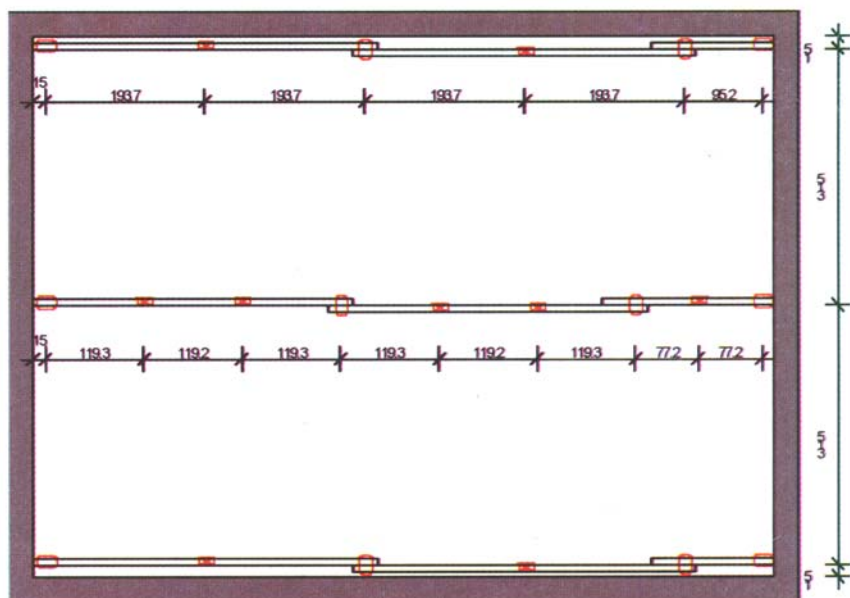


Рис. 3.27. Раскладка продольных балок параллельно длинной стороне помещения

В целях унифицирования типоразмеров балок можно заменить балки длиной 4,2 м на балки 3,9 м – как под средней продольной балкой. Количество стоек от этого не изменится.

Отклонения в шаге стоек от заданных нами расчетных значений вызваны реальным расстоянием между узлами балки-фермы в 0,296 м.

Рассмотрим вариант расстановки продольных балок параллельно короткой стороне помещения. Расстояние от стены принимаем равным 0,15 м, шаг между продольными балками составляет 2,9 м.

Для средних продольных балок расчетный шаг составляет

$$b_1 = b = 2,9 \text{ м}, \quad (3.10)$$

как для шага между стойками после интерполяции получаем $c_1 = 1,36 \text{ м}$.

Для крайних продольных балок расчетный шаг составляет

$$b_2 = 2,90:2 + 0,15 = 1,6 \text{ м}, \quad (3.11)$$

шаг между стойками после интерполяции получаем $c_2 = 2,06 \text{ м}$.

В результате получаем следующую расстановку (рис. 3.28).

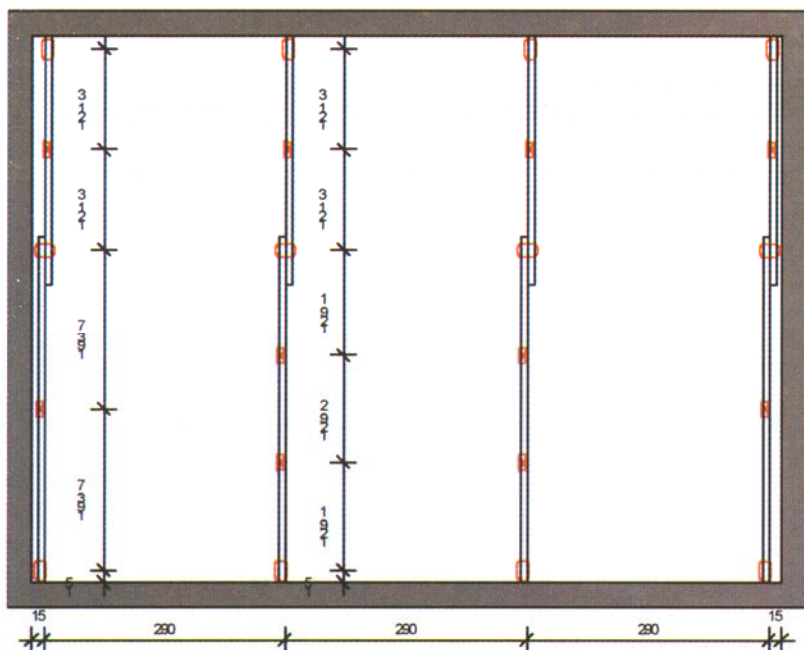


Рис. 3.28. Раскладка продольных балок параллельно короткой стороне помещения

По сравнению с предыдущим вариантом здесь на одну стойку больше. Высказанное выше предположение о недогруженности поперечных балок оказалось верным.

3.3.2.5. Проверка и выбор стоек

В п. 3.3.2.4 рассматривался шаг стоек со стороны несущей способности продольной балки-фермы. Произведем расчет самой стойки.

Любая стойка – это внецентренно сжатый стержень. Оголовники стоек не могут свести эксцентриситет к нулю.

В зависимости от конструкции стойки она имеет максимальную несущую способность, которая зависит от материала и конфигурации труб, резьбы и пальцев. Фирма PERI предлагает с 2004 г. следующие категории стоек:

- MULTIPROP: согласно табл. 3.14;
- PER 10: минимальная несущая способность около 10 кН, максимальная 25 кН (табл. 3.15);
- PER 20: минимальная несущая способность 20 кН, максимальная 35 кН (табл. 3.16);
- PER 30: минимальная несущая способность 30 кН, максимальная 40 кН (табл. 3.17).

Важно отметить, что последнее поколение стоек PER 20 и 30 (например, PER 20-300; PER 30-350) имеют одинаковые пятки и внизу и наверху – с отверстием диаметром 40 мм. Это дает возможность разворачивать стойку. У ранее изготовленных стоек (например, PER 20 N 300; PER 30 G 350) в нижней пятке имеется отверстие диаметром не менее 54 мм – в нем головка недостаточно фиксируется, что приводит к увеличенному эксцентриситету, поэтому их нельзя разворачивать.

Пример (продолжение).

Принимаем высоту помещения в свету 2,8 м.

Определяем расчетную раздвижку стойки (из высоты помещения в свету вычитаем толщину фанеры палубы и высоту продольных и поперечных балок):

$$2,8 - 0,02 \text{ (фанера)} - 2 \times 0,24 \text{ (2 балки-фермы)} = 2,3 \text{ м.}$$

В табл. 3.14 [36] по несущей способности стоек в заголовке помимо названия отмечен диапазон раздвижки. К нижнему значению надо добавить хотя бы 4 см как зазор для распалубливания, чтобы получить реальный диапазон работы.

Стойки перекрытия MULTIPROP 250, 350, 480, 625
Допустимая нагрузка на стойки (кН) согласно допуску

Дли- на раз- движ- ки, м	MP 250 L = 1,45...2,50 м		MP 350 L = 1,95...3,50 м		MP 480 L = 2,60...4,80 м		MP 625 L = 4,30...6,25 м							
	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу						
1,45	73,3	76,2												
1,50	73,3	76,2												
1,60	73,3	76,2												
1,70	73,3	76,2												
1,80	71,7	76,2												
1,90	68,6	76,2												
1,95	67,0	76,2	88,3	87,4										
2,00	65,4	76,2	88,3	87,4										
2,10	63,8	74,6	83,0	87,4										
2,20	62,2	73,0	77,7	87,4										
2,30	61,1	70,5	72,9	86,6										
2,40	60,6	67,0	68,6	85,1										
2,50	60,0	63,6	64,4	83,5										
2,60			61,9	80,7	85,9	71,4								
2,70			59,3	77,8	81,2	71,1								
2,80			57,5	74,9	76,5	70,8								
2,90			55,7	71,9	71,8	70,4								
3,00			54,3	68,3	67,1	70,1								
3,10			52,9	64,6	63,0	69,4								
3,20			51,4	60,0	58,9	68,6								
3,30			49,8	55,4	54,8	67,9								
3,40			46,4	50,3	52,5	66,2								
3,50			42,9	45,1	50,2	64,5								
3,60					47,9	62,8								
3,70					46,0	58,6								
3,80					44,2	54,4								
3,90					42,3	50,2								
4,00					40,4	46,9								
4,10					38,5	43,7								
4,20					36,6	40,4								
4,30					34,8	38,2	56,2	44,6						
4,40					32,9	36,0	54,7	44,6						
4,50					31,1	33,7	53,1	44,6						
4,60					29,3	31,5	50,9	43,8						
4,70					27,4	29,3	48,8	43,0						
4,80					25,6	27,1	46,4	42,1						
4,90							43,8	41,2						
5,00							41,2	40,3						
5,10							38,6	38,8						
5,20	Допустимые нагрузки по допуску, для применения вне системы, независимо от раздвижки:						36,1	37,3						
5,30							33,8	35,9						
5,40	MP 250: 60 кН		MP 480: 20 кН		MP 625: 20 кН		31,9	34,5						
5,50	MP 350: 40 кН		Рекомендация: Для опускания стоек при нагрузках > 60 кН рекоменду- ем использовать рожковый ключ HD, арт. № 022027. В случае использовании стоек совместно с головками для столов фирмы PERI (UNIPORTAL, поворотная головка PERI), благодаря заземлению стоек в головке, несущая способность составляет минимально 60 кН для стойки MP 350 и 36 кН для стойки MP 480, независимо от длины раздвижки.						29,9	33,1				
5,60									28,4	31,6				
5,70									26,9	30,1				
5,80									25,5	28,6				
5,90									24,3	27,0				
6,00									23,1	25,4				
6,10									22,0	24,1				
6,20									20,9	22,8				
6,25									20,4	22,1				

Таблица 3.15

Стойки перекрытия РЕР 10**Допустимая нагрузка на стойки (кН) согласно DIN EN 1065 [36]**

Длина раз- движки, (м)	РЕР 10 – 250 А $L = 1,47...2,5$ м	РЕР 10 – 300 А $L = 1,72...3,0$ м	РЕР 10 – 350 А $L = 1,97...3,5$ м	РЕР 10 – 400 А $L = 2,22...4,0$ м
1,5	25,0			
1,6	25,0			
1,7	25,0			
1,8	23,1	25,0		
1,9	20,8	24,9		
2,0	18,8	22,5	25,0	
2,1	17,0	20,4	23,8	
2,2	15,5	18,6	21,7	
2,3	14,2	17,0	19,8	22,7
2,4	13,0	15,6	18,2	20,8
2,5	12,0	14,4	16,8	19,2
2,6		13,3	15,5	17,8
2,7		12,3	14,4	16,5
2,8		11,5	13,4	15,3
2,9		10,7	12,5	14,3
3,0		10,0	11,7	13,3
3,1			10,9	12,5
3,2			10,3	11,7
3,3			9,6	11,0
3,4			9,1	10,4
3,5			8,6	9,8
3,6				9,3
3,7				8,8
3,8				8,3
3,9				7,9
4,0				7,5

Примечание: таблица действительна для любого положения стойки (внешняя или внутренняя труба внизу).

Стойки перекрытия PER 20
Допустимая нагрузка на стойки (кН) согласно сертификату

Длина раздвижки, (м)	PER 20 N260* <i>L</i> = 1,51...2,60 м		PER 20-300 PER 20 N 300* <i>L</i> = 1,71...3,00 м		PER 20-350 PER 20 N 350* <i>L</i> = 1,96...3,50 м		PER 20-400 PER 20 G 410* <i>L</i> = 2,21...4,00 м		PER 20-500 <i>L</i> = 2,71...5,00 м	
	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу
1,6	35,0	35,0								
1,7	35,0	35,0								
1,8	35,0	35,0	35,0	35,0						
1,9	35,0	35,0	35,0	35,0						
2,0	33,5	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0				
2,1	31,9	35,0	32,2	35,0	35,0	35,0				
2,2	30,9	35,0	30,5	35,0	35,0	35,0				
2,3	29,8	35,0	29,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0		
2,4	28,6	35,0	27,8	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0		
2,5	27,1	32,9	26,9	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0		
2,6	24,8	29,4	26,1	35,0	33,8	35,0	35,0	35,0		
2,7			24,9	31,7	32,4	35,0	35,0	35,0		
2,8			23,3	28,5	31,2	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
2,9			21,6	25,7	30,2	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
3,0			20,0	23,2	29,2	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
3,1					27,5	34,6	33,6	35,0	35,0	35,0
3,2					25,7	31,5	32,5	35,0	35,0	35,0
3,3					24,1	28,8	31,2	35,0	35,0	35,0
3,4					22,4	26,4	29,6	35,0	35,0	35,0
3,5					20,7	24,1	27,8	33,9	35,0	35,0
3,6							26,1	31,2	35,0	35,0
3,7							24,5	28,9	35,0	35,0
3,8							23,0	26,8	35,0	35,0
3,9							21,6	24,8	35,0	35,0
4,0							20,1	22,8	34,2	35,0
4,1									32,3	35,0
4,2									30,6	„ 35,0
4,3									28,9	34,0
4,4									27,4	31,9
4,5									26,0	29,9
4,6									24,6	28,1
4,7									23,4	26,4
4,8									22,1	24,9
4,9									20,9	23,4
5,0									20,0	21,8

В случае использования стоек PER 20 совместно с головками для столов фирмы PERI (UNIportal, поворотная головка PERI), благодаря зацеплению стоек в головке несущая способность составляет минимально 30 кН, независимо от длины раздвижки.

* – Для стоек категорий N и G случай «Внутренняя труба внизу» допускается только в сочетании с головками столов фирмы PERI, а также с головками SKYDECK (крепление к головкам болтами).

Стойки перекрытия PER 30
Допустимая нагрузка на стойки (кН) согласно сертификату

Длина раздвижки, (м)	PER 30-150 L = 0,96...1,50 м		PER 30-250 L = 1,46...2,50 м		PER 30-300 PER 30 G 300* L = 1,71...3,00 м		PER 30-350 PER 30 G 350* L = 1,96...3,50 м		PER 30-400 L = 2,21...4,00 м	
	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу	Наружн. труба внизу	Внутр. труба внизу
1,0	35,0	35,0								
1,1	35,0	35,0								
1,2	35,0	35,0								
1,3	34,9	35,0								
1,4	34,2	35,0								
1,5	33,5	35,0	40,0	40,0						
1,6			40,0	40,0						
1,7			40,0	40,0						
1,8			40,0	40,0	40,0	40,0				
1,9			38,5	40,0	40,0	40,0				
2,0			36,8	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0		
2,1			35,3	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0		
2,2			34,4	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0		
2,3			33,3	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
2,4			32,1	37,6	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
2,5			30,1	34,8	39,9	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
2,6					38,8	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
2,7					37,4	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
2,8					35,8	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
2,9					33,2	37,2	40,0	40,0	40,0	40,0
3,0					30,4	33,8	40,0	40,0	40,0	40,0
3,1							40,0	40,0	40,0	40,0
3,2							37,6	40,0	40,0	40,0
3,3							35,0	37,6	40,0	40,0
3,4							32,3	34,6	40,0	40,0
3,5							30,0	31,6	40,0	40,0
3,6									40,0	40,0
3,7									40,0	40,0
3,8									37,4	40,0
3,9									34,8	37,0
4,0									32,2	33,9

Все стойки PER 30 соответствуют классу E по DIN EN 1065, то есть, их допустимая нагрузка составляет, как минимум, 30 кН.

В случае использовании стоек PER 30 совместно с головками для столов фирмы PERI (UNIPORTAL, поворотная головка PERI), благодаря заземлению стоек в головке несущая способность составляет минимально 40 кН, независимо от длины раздвижки.

* – Для стоек категорий N и G случай “Внутренняя труба внизу” допускается только в сочетании с головками столов фирмы PERI, а также с головками SKYDECK (крепление к головкам болтами).

Для рассматриваемого примера по геометрии подходят:

- РЕР 10-250 А, РЕР 10-300 А, РЕР 10-350 А, РЕР 10-400 А;
- РЕР 20-300, РЕР 20-350, РЕР 20-400;
- РЕР 30-250, РЕР 30-300, РЕР 30-350, РЕР 30-400;
- MULTIPROP MP 250, MULTIPROP MP 350.

Рассмотрим первый вариант раскладки (продольные балки параллельно длинной стороне помещения) (см. п. 3.3.2.4). Под средними балками стойки стоят на расстоянии 1,193 м, расчетный шаг продольной балки $b_1 = b = 3,15$ м. Нагрузка при расчете на прочность – 7,1 кН/м²:

$$P_1 = 1,193 \times 3,15 \times 7,1 = 26,7 \text{ кН.} \quad (3.12)$$

Аналогично для крайних балок:

$$P_2 = 1,937 \times (3,15 : 2 + 0,15) \times 7,1 = 23,7 \text{ кН.} \quad (3.13)$$

Определим несущую способность стоек и сопоставим ее к нагрузкам (табл. 3.18).

Таблица 3.18

Название стойки	$P_{\text{доп.}}$, кН	$P_1=26,7$ кН	факт. шаг, м	$P_2=23,7$ кН	факт. шаг, м	Примечание
РЕР 10-250 А	14,2	X	$\leq 0,635$	X	$\leq 1,159$	Перерасход стоек ~ 70%
РЕР 10-300 А	17,0	X	$\leq 0,760$	X	$\leq 1,388$	Перерасход стоек ~ 40%
РЕР 10-350 А	19,8	X	$\leq 0,885$	X	$\leq 1,617$	Перерасход стоек ~ 20%
РЕР 10-400 А	22,7	X	$\leq 1,015$	X	$\leq 1,853$	Перерасход стоек ~ 10%
РЕР 20-300	29,0 / 35,0	O	1,193	O	1,937	Оптимальная стойка
РЕР 20-350	35,0	O	1,193	O	1,937	Диапазон работы?
РЕР 20-400	35,0	O	1,193	O	1,937	Диапазон работы?
РЕР 30-250	33,3 / 40,0	O	1,193	O	1,937	Диапазон работы?
РЕР 30-300	40,0	O	1,193	O	1,937	Больше подходит к столам
РЕР 30-350	40,0	O	1,193	O	1,937	Больше подходит к столам
РЕР 30-400	40,0	O	1,193	O	1,937	Больше подходит к столам
MP 250	61,1 / 70,5	O	1,193	O	1,937	Больше подходит к столам
MP 350	72,9 / 86,6	O	1,193	O	1,937	Больше подходит к столам

Обозначения: O – проходит, шаг стоек определяется несущей способностью балки; X – не проходит, шаг стоек пересчитывается по стойкам.

Перечень подходящих стоек очень большой. При приобретении стоек необходимо учесть, какие в основном диапазоны по высоте необходимо перекрывать. Если работа ведется исключительно в жилищном строительстве, то, как правило, самым оптимальным решением является стойка РЕР 20-300. При наличии помещений высотой меньше чем 2,0 м (техподполье и т.п.) стойка РЕР 30-250 не решает проблему – здесь приходится уходить на измененную схему расстановки всей опалубки, например, использование бруса или лежащих поперечных балок, уменьшая при этом пролеты и увеличивая частоту поперечных балок.

Стойки категории РЕР 10 относительно дешевы, для восприятия нагрузок их количество требуется значительно больше, при этом увеличиваются трудозатраты, которые с каждым оборотом уменьшают первоначальную выгоду.

3.3.2.6. Сравнение вариантов

Пример (окончание).

После оптимизации длин балок получаем следующий результат (табл. 3.19).

Рассмотренные варианты очень близки, но тем не менее имеется разница. Чтобы быстро оценить результаты расчетов, можно руководствоваться количеством стоек – чем меньше стоек, тем, как правило, дешевле вариант. Количество стоек, с другой стороны, является индикатором трудозатрат – они увеличиваются пропорционально.

Таблица 3.19

Вариант	1	2
Количество стоек	21	22
Количество балок	43	46
Суммарная длина балок	152,1 м	154,2
Сумма элементов (без оголовников и фанеры)	64	68

Для прямоугольных помещений сравнивать варианты не сложно. Если помещение имеет более сложное очертание, то нужно придерживаться следующих рекомендаций:

- Определить сначала в зависимости от габаритов фанеры, толщины перекрытия и имеющейся длины поперечных балок допустимый пролет поперечной балки, затем разбить помещение на прямоугольники и определить ведущий.

- Избегать смены направления продольных балок внутри помещения – это всегда усложняет работу и удорожает опалубку.
- Унифицировать пролеты поперечных балок, разные пролеты увеличивают расход стоек и создают проблемы по прогибам.

3.3.2.7. Торцевые опалубки

Крепление торцевых опалубок рекомендуется следующим образом:

- Если край перекрытия идет по уже существующей стене, то торцевую опалубку рекомендуется крепить к самой стене. Для этого могут использоваться существующие отверстия тяжей в монолитных стенах или заранее в стену встраивают специальные гильзы [28].

- Если перекрытие имеет свободный край, то фанеру или балки монтируют с выпуском, а торцевая опалубка крепится на них.

В табл. [28] дан шаг (допустимые расстояния) между торцевыми шинами и опалубочными стойками. Допустимые расстояния в этих таблицах даны только по несущей способности данного кронштейна или другого приспособления. Прогиб самого торцевого щита необходимо решать самостоятельно в зависимости от материала, который в этой конструкции используется.

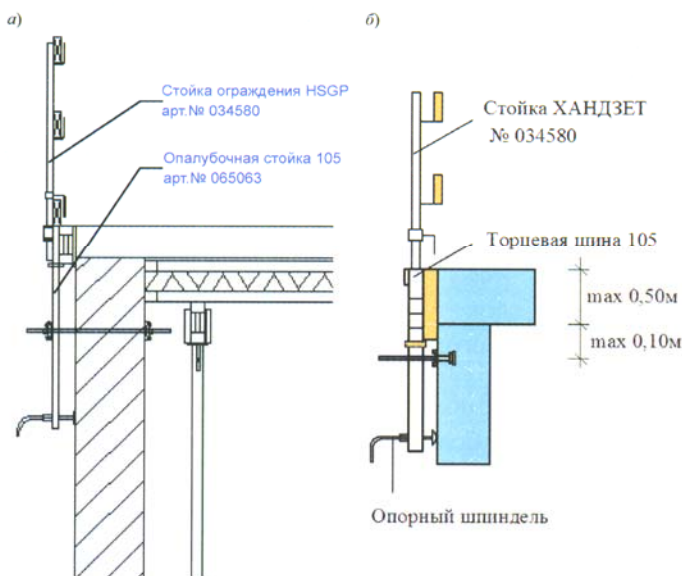


Рис. 3.29. Торцевая опалубка: а - крепление через существующее отверстие тяжа; б - крепление в заранее встраиваемые в стену гильзы

Указанные в табл. 3.20 значения относятся к несущей способности консоли бортовой опалубки. В зависимости от вида и размеров фанеры и брусев может потребоваться уменьшение шага консолей.

Таблица 3.20

Допустимый шаг (м) в зависимости от толщины перекрытия и вылета консоли бортовой опалубки-2 (рис. 3.30)

Толщина перекрытия, d (м)	Вылет консоли, f (м)				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45
0,2	2,5	2,5	2,5	1,85	1,6
0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Максимальные усилия в анкере:

– на растяжение: $H=6,5$ кН;

– на срез: $V=5,3$ кН.

Таблица 3.21

Допустимый шаг (м) в зависимости от толщины перекрытия

Толщина перекрытия, d (м)	0,2	0,3	0,4	0,5
С учетом нагрузки на перила	1,45	1,1	0,9	0,8
Без учета нагрузки на перила	3,0	1,6	1,2	1,0

Максимальная деформация верха опалубочной стойки – 3 мм (рис. 3.31). Максимальное растяжение в анкере: $H = 6,5$ кН

Таблица 3.22

Требуемая прочность бетона в зависимости от растяжения в анкере

Растяжение в анкере, Z (кН)	Требуемая прочность бетона (Н/мм ²)
2,5	4,5
3,0	5,5
3,5	6,3
4,0	7,2
4,5	8,2
5,0	9,1
5,5	10,0
6,0	10,9
6,5*	11,8

Примечание: * – максимально допустимое растяжение для гильзы с гайкой DW 15 (рис. 3.32).

Чтобы использовать максимально возможный шаг кронштейнов и других приспособлений, соблюдая при этом допуски, боковой щит усиливается стоячими балками GT 24, VT 20 или брусом.

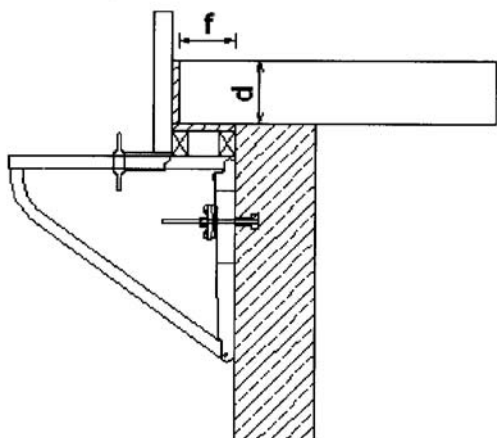


Рис. 3.30. Консоль
бортовой опалубки-2

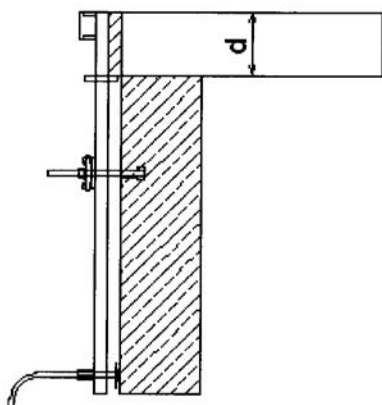
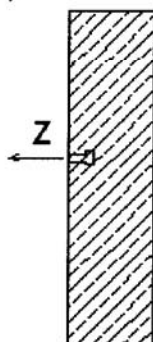


Рис. 3.31. Опалубочная
стойка 105

а)



б)



Рис. 3.31. Опалубочная стойка 105

3.3.2.8. Опалубка ригелей

Если в перекрытии имеются ригели, бетонируемые совместно с перекрытием, то сначала решается опалубка ригелей, а опалубка перекрытия примыкает к ним.

Опалубка ригелей должна обеспечивать геометрическую форму ригеля и устойчивость всей опалубки перекрытия.

На рис. 3.33 показаны три варианта опалубки ригелей. В варианте «на стойках» (рис. 3.33, в) не показано, но рекомендуется использовать либо треноги, либо раскрепление досками, скрепляемыми к стойкам скобами, арт. № 027940 (для стоек РЕР) или 027790 (для стоек MULTIPROP) (рис. 3.34).

Характерно для всех трех вариантов, что фанера самого перекрытия опирается на боковую опалубку ригеля. Таким образом, удаётся часть веса перекрытия вместе с ригелем передавать на поддерживающую конструкцию ригеля.

Расчет в таком случае производится, как и для перекрытия, только тавровый участок перекрытия с ригелем заменяется на эквивалентный прямоугольник.

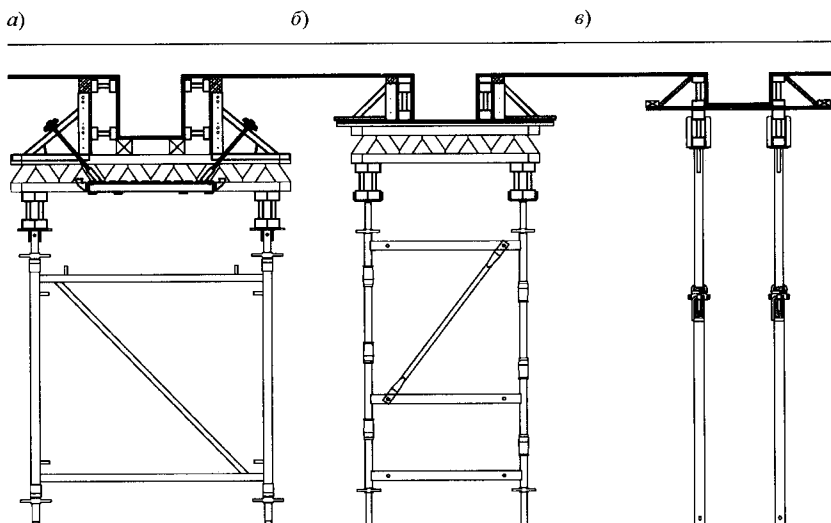


Рис. 3.33. Опалубка ригелей: а - на опорных башнях PD 8, ригель выполнен с кронштейнами UZ; б - на рамных стойках ST 100, ригель выполнен с кронштейнами AW; в - на стойках

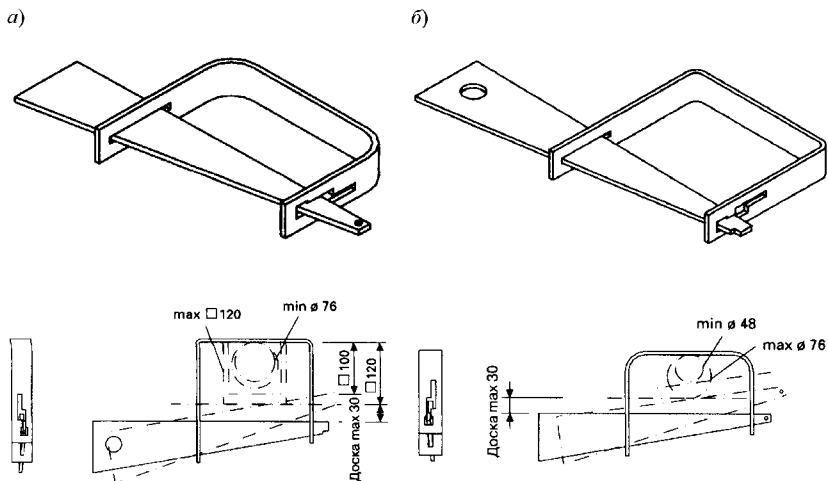


Рис. 3.34. Крепежные скобы:

a - для опор перекрытия $\varnothing 48...76$ мм; *б* - для опор перекрытия $\varnothing 76...89$ мм
и поперечным сечением от 100×100 мм до 120×120 мм

Пример (рис. 3.35):

Толщина перекрытия: 0,2 м;

Ширина ригеля: 0,4 м;

Высота ригеля, включая перекрытие: 0,6 м;

Шаг поперечных балок: 0,5 м;

Толщина фанеры опалубки: 0,021 м;

Балка GT 24, ширина: 0,08 м.

Приводим тавровое сечение к эквивалентному прямоугольному:

$$(0,311 + 0,40 + 0,311) \times 0,2 = 1,022 \times 0,2 = 0,2044, \text{ м}^2$$

$$0,4 \times 0,4 = 0,16, \text{ м}^2$$

$$\frac{0,2044 + 0,16}{1,02} = 0,356, \text{ м}$$

Принимаем прямоугольное сечение $1,02 \times 0,36$ м. Определяем эквивалентную нагрузку на продольные балки

$$q = 0,4 + 26 \times 0,36 \times 1,2 = 11,63, \text{ кН/м}^2 \text{ (3.14)}$$

(коэффициент 1,2 учитывает временную нагрузку).

$$P = 1,02 \times 11,63 = 11,86, \text{ кН/м (3.15)}$$

Определяем шаг кронштейнов UZ.

По табл. 3.3.14 находим для толщины перекрытия $d = 0,2$ м и высоты ригеля в свету $h = 0,4$ м – шаг $s = 1,35$ м.

Рис. 3.35. Опалубка ригеля с кронштейнами UZ

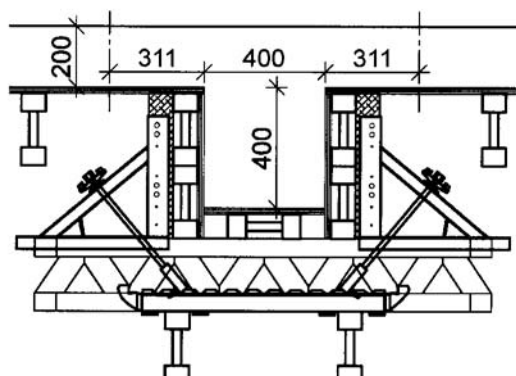


Таблица 3.22

Допустимый расчетный шаг для кронштейнов UZ 40 в зависимости от высоты ригеля и толщины перекрытия

Высота ригеля:	$h = 30$ см		$h = 40$ см		$h = 50$ см		$h = 60$ см		$h = 70$ см		$h = 80$ см	
Толщина перекрытия	Вариант		Вариант		Вариант		Вариант		Вариант		Вариант	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	1×GT	2×VT	1×GT	2×VT	2×GT	2×VT	2×GT	2×VT	2×GT	3×VT	2×GT	3×VT
$d = 0$ см	24	16	24	16	24	16	24	16	24	16	24	16
$d = 20$ см	220	400	185	350	180	300	155	275	135	225	*105	*165
$d = 25$ см	170	365	135	285	160	250	140	180	*105	*135	*75	*105
$d = 30$ см	165	345	130	270	155	225	135	165	*100	*125	*70	*95
$d = 35$ см	155	330	115	240	150	200	130	150	*95	*115	*65	*90
$d = 40$ см	150	320	100	215	145	175	125	135	*90	*105	*60	*80

Примечание: максимальный прогиб составляет 1/500;

* – вертикальный брус в кронштейне UZ 40 сечением 10/8 см вместо 8/8 см.

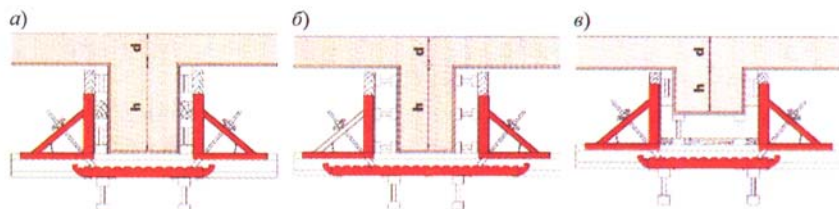


Рис. 3.36. Варианты опалубок ригелей:

а - боковой щит с 1 или 2 балками GT 24 (стоя); б - боковой щит с 2 или 3 балками VT 16 (лежа); в - наращивание низа опалубок

В зависимости от использованной фанеры под ригелем могут потребоваться дополнительные балки.

Для поддерживающей конструкции требуется отдельный расчет.

Отвод горизонтальных нагрузок (минимум $V/100$) или одностороннего давления в случае использования данной конструкции для ригеля по контуру перекрытия требует местного решения.

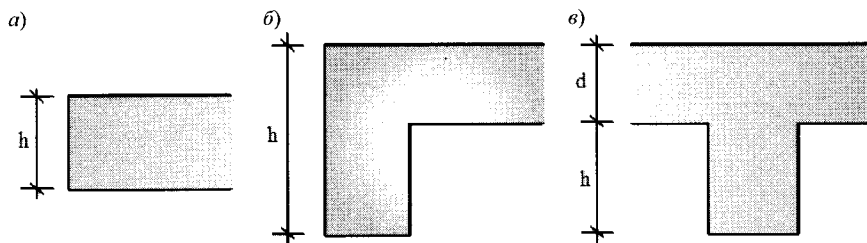


Рис. 3.37. Варианты перекрытий: *а* - торец перекрытия; *б* - торец перекрытия с ригелем; *в* - перекрытие с ригелем

Поддерживающая конструкция требует отдельного расчета.

Отвод горизонтальных нагрузок (мин. $V/100$) или одностороннего давления в случае использования данной конструкции для ригеля по контуру перекрытия требует местного решения.

Так как нижний щит ригеля также поддерживается лежащей балкой GT 24, дополнительная проверка прогибов не требуется, эта необходимость возникает только тогда, когда конструкция или размеры нижнего щита отличаются от бокового.

Определяем шаг стоек под ригелем.

Принимаем равномерное распределение нагрузки на обе продольные балки под ригелем.

Из табл. 3.12 для балки GT 24 для шага балок 50 см (половина ширины эквивалентного прямоугольника) путем интерполяции получаем $s_p = 2,94$ м.

Фактический шаг зависит от длины ригеля.

При выборе шага стоек под ригелем необходимо учитывать, что однопролетная схема балок имеет увеличенные прогибы. Иногда целесообразно уменьшить шаг стоек, чтобы уйти от проблем с допусками.

Шаг составляет 2,94 м. Проверим несущую способность стоек:

$$0,5 P \times s_p = 0,5 \times 11,86 \times 2,94 = 17,4 \text{ кН (3.16)}$$

Достаточно подставить стойки с несущей способностью 17,4 кН.

Таблица 3.23

Допустимый расчетный шаг для кронштейнов AW в зависимости от высоты ригеля и толщины перекрытия

Высота бокового щита, h (см)		20				25				30				35			
Основание		Крепление гвоздями			Прищепление	Крепление гвоздями			Прищепление	Крепление гвоздями			Прищепление	Крепление гвоздями			Прищепление
		SKYDECK*	Фанера, 21мм	Балки, брус	Балки, брус	SKYDECK*	Фанера 21мм	Балки, брус	Балки, брус	SKYDECK*	Фанера 21мм	Балки, брус	Балки, брус	SKYDECK*	Фанера 21мм	Балки, брус	Балки, брус
Толщина перекрытия, d (см)	Без перекрытия	250	250	250	250	160	250	250	250	90	150	250	250	60	90	160	250
	20	90	145	250	250	70	110	180	250	50	80	140	190	40	65	110	150
	25	80	125	210	250	60	90	160	210	45	70	120	170	-	58	100	135
	30	70	110	180	250	50	80	140	190	40	65	110	150	-	50	90	120
	35	60	95	165	220	45	70	125	170	-	58	100	130	-	45	80	110
	40	55	85	150	200	40	65	110	150	-	50	90	120	-	40	70	100

Высота бокового щита, h (см)		40				50				60			
Основание		Крепление гвоздями			Прищепление	Крепление гвоздями			Прищепление	Крепление гвоздями			Прищепление
		SKYDECK*	Фанера, 21мм	Балки, брус	Балки, брус	SKYDECK*	Фанера 21мм	Балки, брус	Балки, брус	SKYDECK*	Фанера 21мм	Балки, брус	Балки, брус
Толщина перекрытия, d (см)	Без перекрытия	40	60	105	250	-	-	50	160	-	-	-	110
	20	-	50	90	125	-	-	65	90	-	-	50	67
	25	-	45	80	110	-	-	60	80	-	-	45	60
	30	-	40	70	100	-	-	53	70	-	-	40	55
	35	-	-	65	90	-	-	50	65	-	-	-	50
	40	-	-	60	80	-	-	45	60	-	-	-	48

Примечание: – крепление гвоздями ($\varnothing 3,1$ мм): * 6 шт. впереди; * 2 шт. сзади; * на панелях SKYDECK запрещается применять стойку ограждения AW (арт.№ 065071)

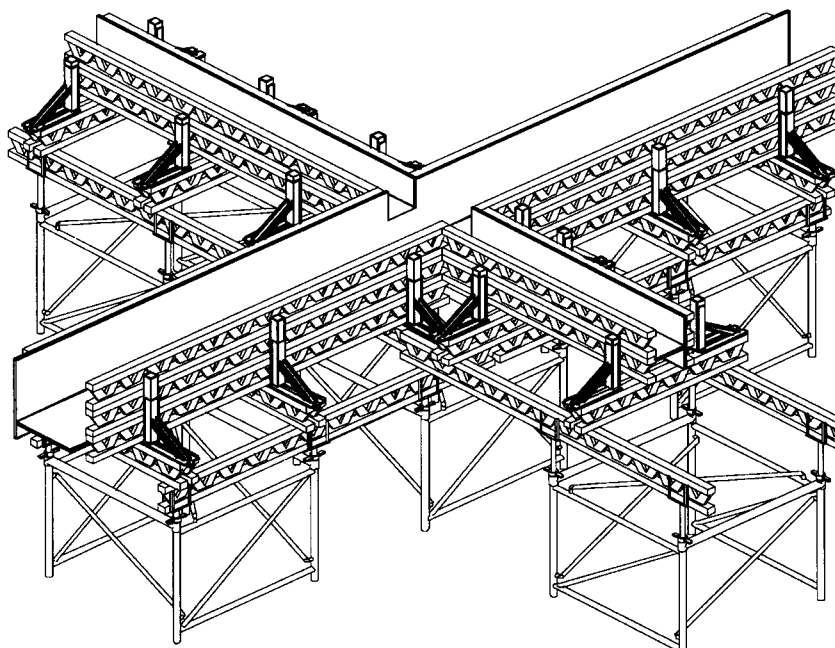


Рис. 3.38. Пример с перекрещивающимися ригелями

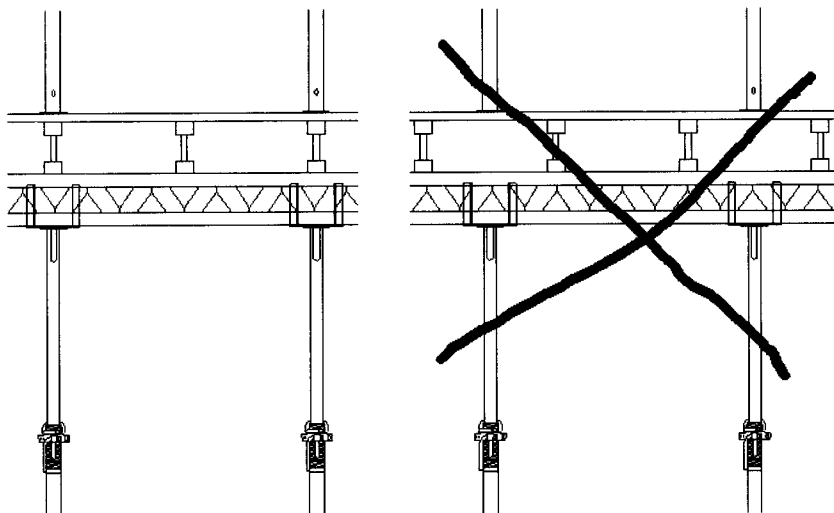


Рис. 3.39. Расположение стоек опалубки: а - правильно; б - неправильно

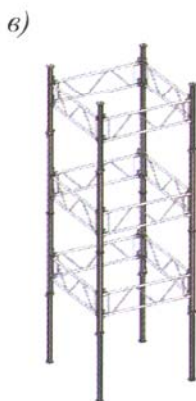
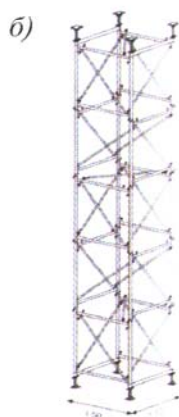
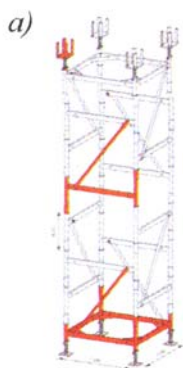


Рис. 3.40. Опорные башни:
а - ST 100; б - PD 8; в - MULTIPROP с рамами MRK

3.3.2.9. Опалубливание высоких помещений

Рассматриваемая опалубочная система позволяет решать вопросы устройства опалубки высоких помещений. Это возможно, применяя длинные стойки или элементы башенных систем (рис. 3.40). При этом необходимо всего лишь решить проблему монтажа и демонтажа опалубки перекрытия.

Если нет таких стоек или систем, то необходимо устраивать двухъярусную опалубку, придерживаясь следующих рекомендаций:

- запрещается использование отдельно стоящих стоек, нарощенных на болтах (болты не препятствуют образованию шарнира на стыке);

- запрещается применять систему MULTIFLEX и похожие системы выше, чем в два яруса;

- между ярусами необходимо устраивать неподвижную в обоих направлениях платформу – она же и может служить промежуточным монтажным настилом;

- промежуточный настил может рассчитываться на уменьшенные нагрузки, для него допускаются увеличенные прогибы;

- стойки верхнего уровня должны стоять соосно с нижними, при этом нагрузка должна передаваться через сплошные конструкции (рис. 3.39).

3.3.3. Монтаж и демонтаж опалубки MULTIFLEX

Монтаж опалубки:

1. На основные стойки (это те стойки, которые расположены на концах или стыках продольных балок) вставляются головки-крестовины с щеколдами. Крестовые головки без щеколд должны быть зафиксированы штырем (рис. 3.41, а).

2. Монтируются первые две стойки крайнего ряда и фиксируются треногами (рис. 3.41, б). Высота стоек устанавливается предварительно на 1...2 см выше расчетной раздвижки в зависимости от ровности пола. У стоек PER необходимо оставлять достаточный ход резьбы для опускания (не менее 6...7 см).

При применении опор MULTIPROP и высоты опалубки более 3 м производится раскрепление с помощью специальных рам типа MRK (рис. 3.41, в).

При применении опор PER или опор из железных труб и высоты опалубки более 3 м, монтируются диагональные крепления (рис. 3.41, г).

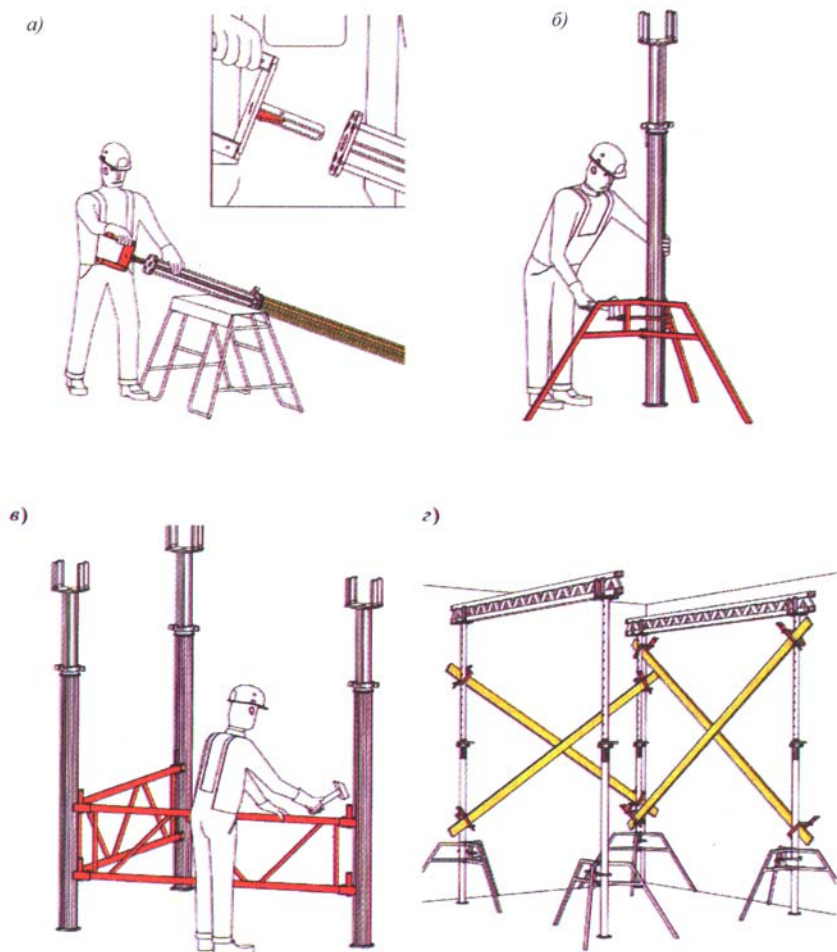


Рис. 3.41. Монтаж опор опалубки

3. То же самое повторяется для первых двух стоек второго ряда.
4. Опоры с крестовыми головками вымеряются. Затем на первые четыре стойки с помощью монтажной вилки монтируют продольные балки (укладывают в головки). Головка надежно держит одну или две балки, предотвращая опрокидывание (рис. 3.42, а).
5. После установки продольных балок, с помощью монтажной вилки, монтируются требуемое количество поперечных балок для ячейки. Они расставляются с шагом, определенным по расчету (рис. 3.42, б).

6. Производится подгонка поперечных балок в местах примыканий щитов фанеры. Укладываются щиты фанеры и прибиваются гвоздями (во избежание опрокидывания балок) (рис. 3.42, в).

7. После раскладки фанеры опалубка нивелируется и опускается на проектную отметку.

8. Поверхность щитов опалубки обрабатывается бетоноотделяющим средством PERI Bio Clean.

9. Вставить головку-захват с щеколдой в промежуточную опору и установить опоры в проектное положение. Промежуточная опора может устанавливаться между узлами балки (балку разрешается нагрузить до расчетной нагрузки 28 кН). Промежуточные стойки с головками-захватами устанавливаются после нивелирования (рис. 3.42, г).

10. При нехватке треног, их можно, после монтажа и закрепления щитов фанеры и балок, частично или полностью демонтировать.

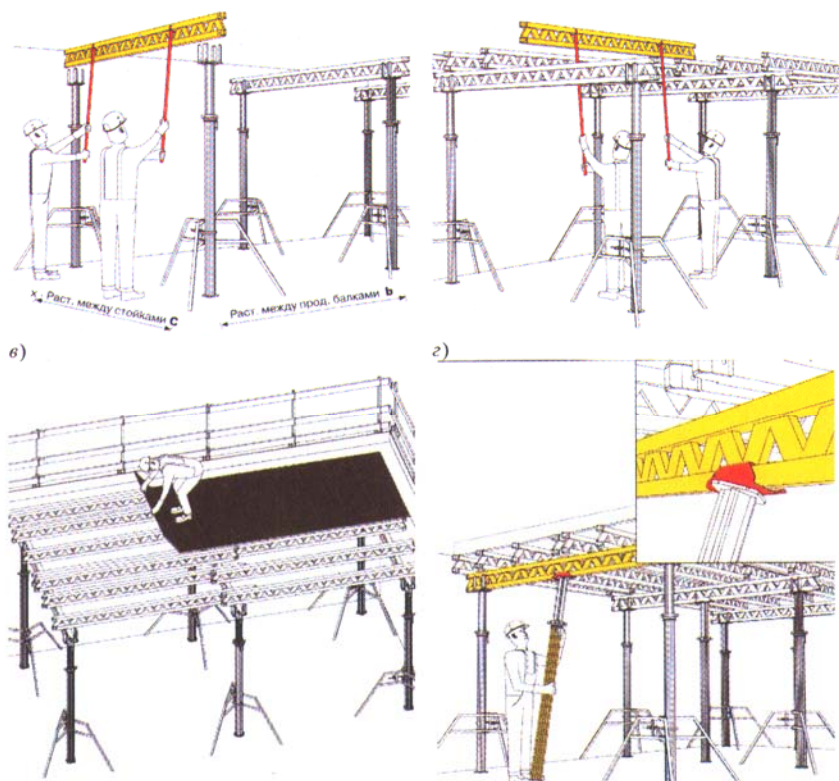


Рис. 3.42. Монтаж балок, палубы и промежуточных стоек

Демонтаж опалубки:

1. Снимаются промежуточные стойки (рис. 3.43, а).
2. Опоры с крестовой головкой (основные стойки) опускаются примерно на 4 см (рис. 3.43, б). При применении падающей головки достаточно один удар молотка, чтобы опустить опалубку. Перед следующим применением падающая головка вытягивается и расклинивается (рис. 3.43, в).
3. Опрокидываются поперечные балки (рис. 3.43, г). Остаются только те балки, которые находятся в местах примыкания фанерных щитов.

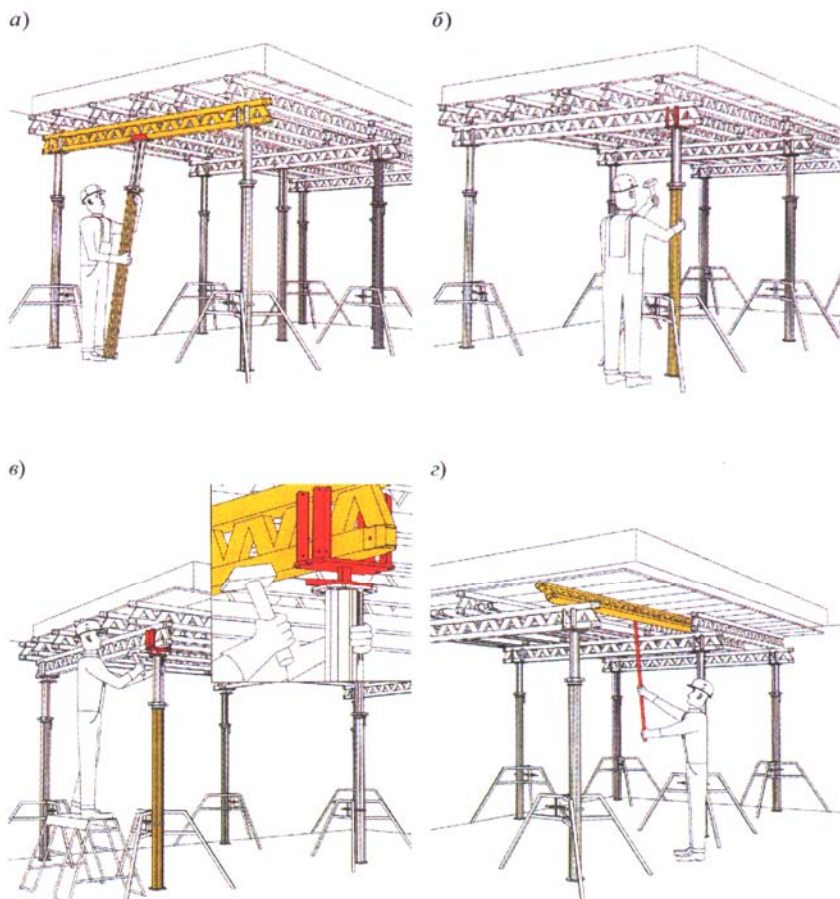


Рис. 3.43. Демонтаж промежуточных опор и поперечных балок

4. Демонтируются щиты опалубки (начиная с области добора) (рис. 3.44, а).
5. Демонтируются поперечные балки (рис. 3.44, б).
6. Если были сняты треноги, то их необходимо частично установить.
7. Демонтируются продольные балки и основные стойки (рис. 3.44, в).
8. Поверхность щитов опалубки обрабатывается PERI Bio Clean (рис. 3.44, г).

При наличии ригелей, сначала снимается только боковая опалубка. Опалубка дна ригеля демонтируется позже.

В зависимости от сроков выдержки опалубки и нагрузок, может потребоваться временная поддержка (см. п. 3.3.4).

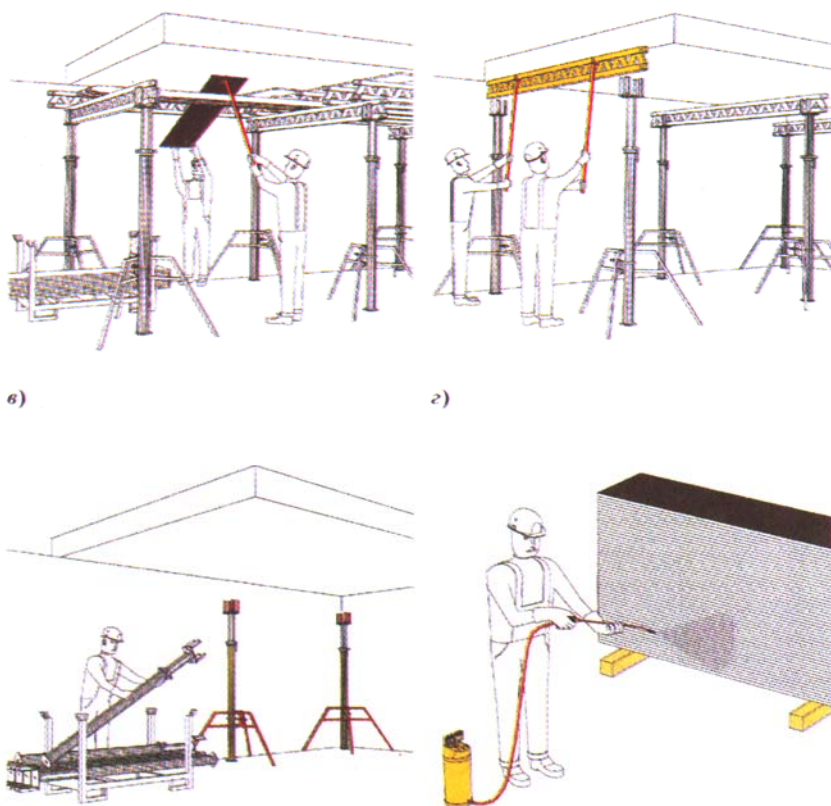


Рис. 3.44. Демонтаж щитов опалубки и продольных балок

По технике безопасности запрещено низко опускать основные стойки (это способствует травматизму от падения листов фанеры и балок, кроме того, при падении листов фанеры с большей высоты они деформируются).

3.3.4. Временная поддержка

Временная поддержка необходима (рис. 3.45):

- первый случай, чтобы как можно раньше освободить опалубку;
- второй случай, чтобы воспринять временные нагрузки от последующих процессов.

В первом случае необходимость временной поддержки обусловлена предупреждением прогибов как следствие ползучести, во втором случае, при ведении работ на последующем этаже.

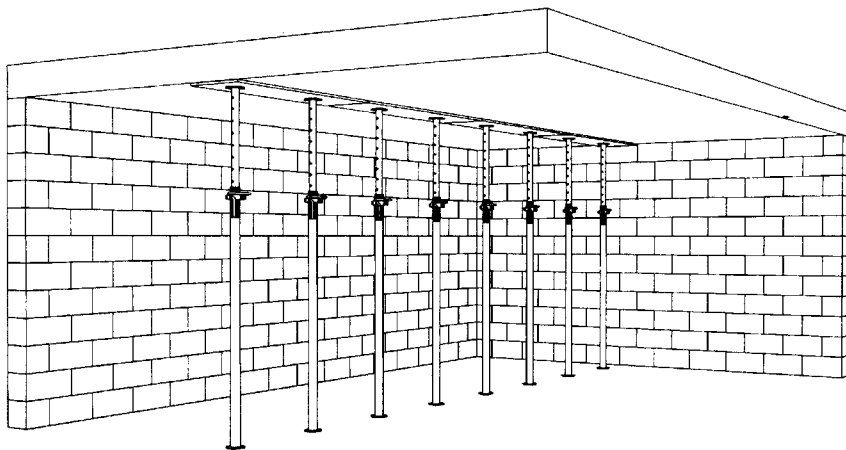


Рис. 3.45. Распалубленное помещение с временными опорами

Рекомендации по установке:

- временные стойки должны оставаться при демонтаже опалубки или же сразу устанавливаться после распалубки;
- временные стойки должны стоять как можно дольше, это касается особенно конструкций, которые сразу после снятия опалубки нагружаются значительной частью расчетной нагрузки или которые очень рано распалубливаются.
- временные стойки на разных этажах следует выставлять друг над другом;
- для плит пролетом до 3 м можно обойтись без временной поддержки;

– для плит и балок пролетом до 8 м достаточно ставить временные стойки по середине пролета;

– при больших пролетах требуется более частая поддержка.

Пример: (определение необходимости временной поддержки)

Перекрытие рассчитано на полезную нагрузку $3,0 \text{ кН/м}^2$ (300 кг/м^2). Коэффициент запаса на эту нагрузку равен 1,25. Конструкция пола $1,0 \text{ кН/м}^2$ (100 кг/м^2) с коэффициентом запаса 1,15. Суммарная расчетная нагрузка:

$$1,25 \times 3,0 + 1,15 \times 1,0 = 4,9 \text{ . кН/м}^2$$

Предыдущее перекрытие набрало 80% прочности. Толщина всех перекрытий в здании 0,18 м. Собственный вес опалубки $0,4 \text{ кН/м}^2$.

По формулам (см. п. 3.3.2.1):

$$26 \times 0,18 = 4,68 \text{ , кН/м}^2$$

(постоянная нагрузка от арматуры и бетонной смеси).

$$0,2 \times 4,68 = 0,936 \text{ , кН/м}^2$$

(временная нагрузка, учитывающая неравномерную укладку и уплотнение бетонной смеси, нахождение на опалубке персонала и инструмента). Принимаем равную $1,5 \text{ кН/м}^2$.

$$4,68 + 1,5 + 0,4 = 6,58 \text{ . кН/м}^2$$

Принимаем временную нагрузку, равную $6,6 \text{ кН/м}^2$ (660 кг/м^2). К этому необходимо добавить 20% от собственного веса нижнего перекрытия

$$0,2 \times 0,18 \times 26 = 0,94 \text{ . кН/м}^2$$

Таким образом, временная нагрузка составит:

$$6,6 + 0,94 = 7,54 \text{ . кН/м}^2$$

$$0,8 \times 4,9 = 3,92 \text{ , кН/м}^2$$

(суммарная расчетная нагрузка на перекрытие с учетом набора 80% прочности).

Итак, разница между требуемой нагрузкой и нагрузкой, которую может воспринять перекрытие, составляет:

$$7,54 - 3,92 = 3,62 \text{ . кН/м}^2$$

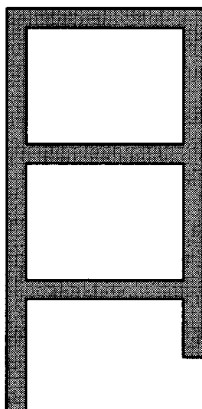
Расчет показывает, что без временной поддержки в данном примере не обойтись и следует учитывать, что нагрузка от стоек передается не равномерно, а как сосредоточенная.

Окончательное решение вопроса по временной поддержке необходимо принимать совместно с проектировщиками, так как только

они в конкретном случае укажут, как нагрузка передается на вертикальные конструкции (стены и колонны). А также проектировщики, внося изменения в армирование конструкции, могут создать более благоприятные условия для опалубливания перекрытий или балок.

На рис. 3.46 показаны два случая, где надо считать стены («подвешивающие» конструкции) дополнительной временной нагрузкой до того момента, пока верхнее перекрытие набрало 100% прочности, то есть полностью сформировалась предполагаемая расчетом рама:

а)



б)

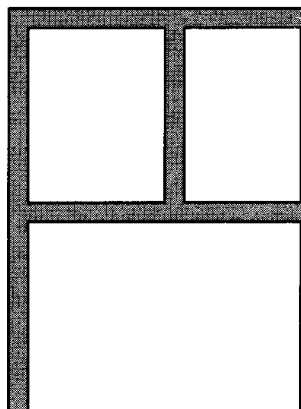
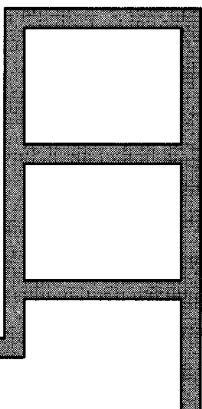


Рис. 3.46. Варианты «подвешенных» конструкций:

а - лифтовой шахты; б - жилого дома с функциональным первым этажом

3.3.5. Техника безопасности при опалубливании перекрытий

Для обеспечения безопасности условий труда при опалубливании перекрытий необходимо соблюдать следующие требования:

- обеспечивать устойчивость (треногами, скобами для крепления досок и т.д.) до тех пор, пока фанера опалубки перекрытия все-сторонне не опирается на стены или другие жесткие конструкции;
- при работе на высоте 1,3 м и более требуется ограждение рабочего места;
- требуется проверка несущей способности основания или ниже находящегося перекрытия перед установкой стоек, при необходимости ставятся распределяющие приспособления;
- требуется дополнительная защита от падения элементов или

их частей на землю при демонтаже опалубки у открытых краев перекрытий;

- запрещено нахождение посторонних людей на участке демон- тажа опалубки;

- запрещена распалубка путем выбивания стоек.

3.4. Столы для перекрытия

3.4.1. Общие сведения

Столы для перекрытия фирмы PERI являются разновидностью системы балочной опалубки для перекрытия.

Основные достоинства столов:

- стол собирается заранее и переставляется целиком – за счет этого уменьшаются щели между листами фанеры и снижаются трудозатраты на перестановку опалубки;

- продольные балки используются попарно, за счет этого достигается увеличение нагрузки на стойки, их количество снижается и соответственно сокращается время на нивелирование;

- конструкция головок обеспечивает защемление верхнего конца стойки – это снижает расчетную длину стойки и увеличивает ее несущую способность по сравнению с крестовыми головками или головками-захватами.

Наряду с этим столы имеют и некоторые ограничения:

- столы применимы только там, где имеется открытый фасад или проем для выката и подъема столов;

- если шаг колонн меняется, то приходится использовать разнотипные столы, что ограничивает универсальность;

- для перестановки требуется кран, что особенно при строительстве высотных зданий может оказаться экономически нецелесообразно.

Особенность расчета столов заключается в том, что возникающий момент от консолей продольных и поперечных балок не учитывается. Расчет проводится по деформациям и на опорные реакции.

Компоновка столов основывается на тех же принципах, что и система MULTIFLEX, так как наиболее невыгодным является тот случай, когда бетон подается на середину стола. В связи с этим наступают временные неупругие деформации, которые влияют на крепление столов.

При выборе стоек необходимо иметь в виду, что:

- защемленные стойки в головках UNIPORTAL или в поворотных головках имеют повышенную несущую способность;
- если стол имеет больше чем четыре стойки, то промежуточные стойки подпирают продольные балки через ригель UNIPORTAL или крестовые головки. В таком случае отсутствует защемление, соответственно, расчетной длиной этих стоек является их действительная раздвижка. Эти стойки воспринимают большую нагрузку, чем крайние стойки.

Основными элементами стола являются (рис. 3.47):

- рабочий слой, чаще всего многослойная березовая фанера толщиной 21 мм;
- поперечные балки;
- продольные балки;
- головки или ригели UNIPORTAL;
- стойки.

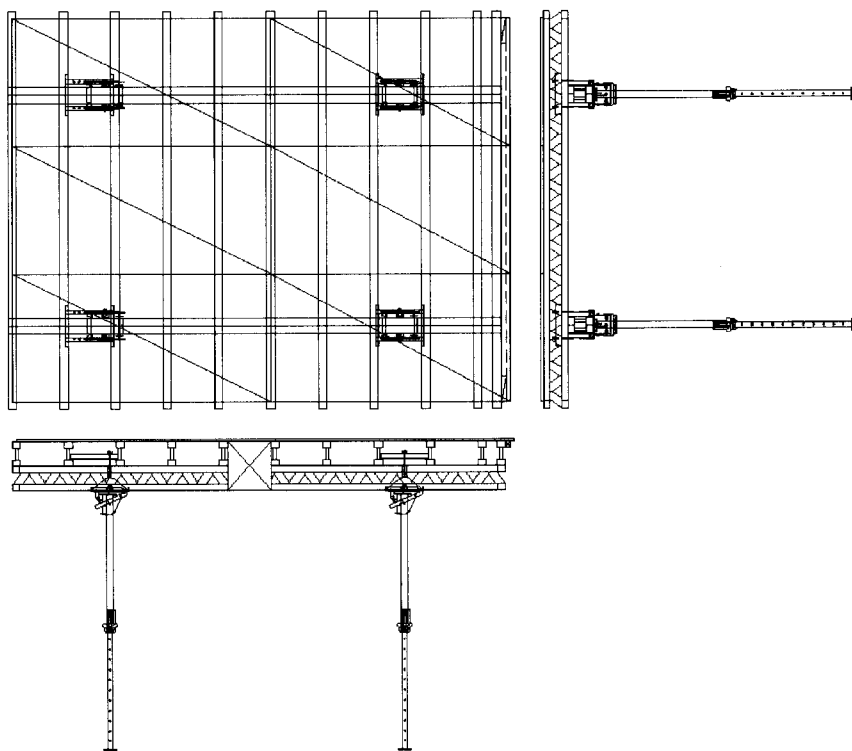


Рис. 3.47. Элементы стола UNIPORTAL

Вспомогательными элементами являются:

- диафрагмы жесткости для предотвращения опрокидывания поперечных балок;
- бруски для облегчения стыковки столов без добора;
- дополнительные опоры для траверс «утиный нос».

3.4.2. Конструкции столов

3.4.2.1. Столы на поворотных головках

Решающим фактором для определения габаритов столов является возможная траектория перестановки при демонтаже. Поэтому необходимо составлять схемы расстановки и транспортировки столов. Исходя из этого, принимаются конкретные размеры столов и разрабатываются узлы стыковки.

В столах на поворотных головках используются спаренные продольные балки, которые вставляются в среднюю часть головки.

К каждой паре поворотных головок при помощи верхней части головки головки прижимается пара поперечных балок. Расстояние этих балок в осях – 0,5 м.

Верхняя часть головки представляет собой раму, которая садится на нижние пояса поперечных балок. К средней части головки она прикручивается при помощи приваренных болтов (рис. 3.48).

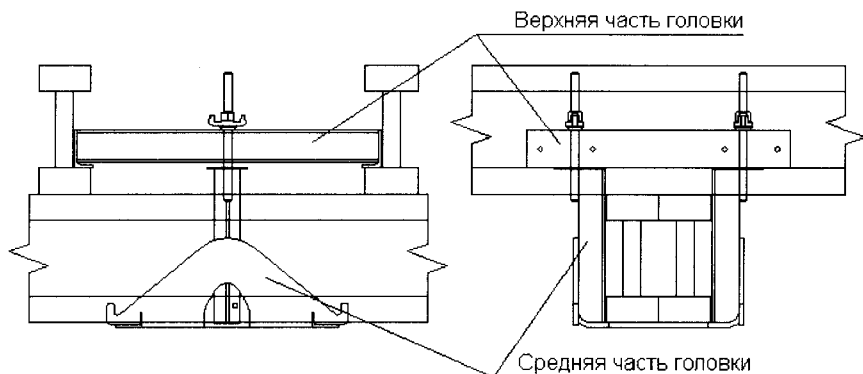


Рис. 3.48. Поворотная головка

В верхней части головки имеются отверстия диаметром 9 мм для фиксации к поясам поперечных балок при помощи шурупов.

Кроме того, имеется возможность смещения верхней части головки по отношению к средней в каждую сторону на 150 мм. Это со-

здает определенную подвижность при назначении соотношения между пролетом и консолями продольных балок без добавления дополнительных поперечных балок (рис. 3.49).

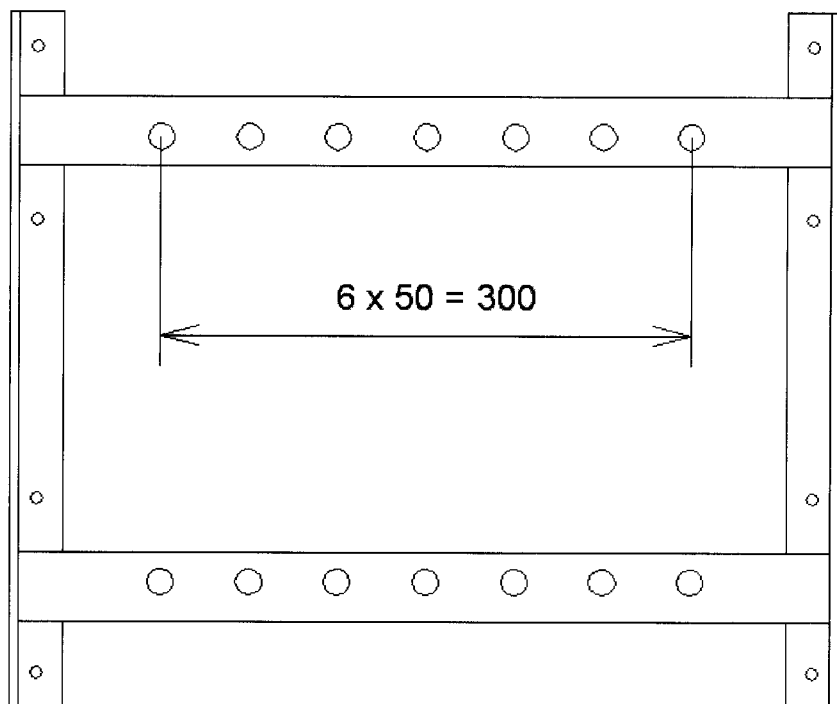


Рис. 3.49. Верхняя часть поворотной головки

Крепление фанеры к поперечным балкам осуществляется шурупами, например, TSS-Torx 6×60, расход примерно 8...10 шурупов/м². Раскладка фанеры зависит от решения стыковки между столами или варианта добора.

Шаг поперечных балок зависит от типа балок, их пролета и толщины перекрытия. Резкие отличия в размерах соседних пролетов крайне нежелательны. Кроме того, при размещении обрезанных листов необходимо избегать условий однопролетного опирания.

Поперечные балки, которые примыкают к поворотным головкам, крепятся к ним (рис. 3.50). Остальные поперечные балки крепятся к продольным балкам шурупами, либо наискосок (1), либо через уголки (2) (рис. 3.51). Второй вариант более трудоемкий, но при длительной эксплуатации столов более целесообразен.

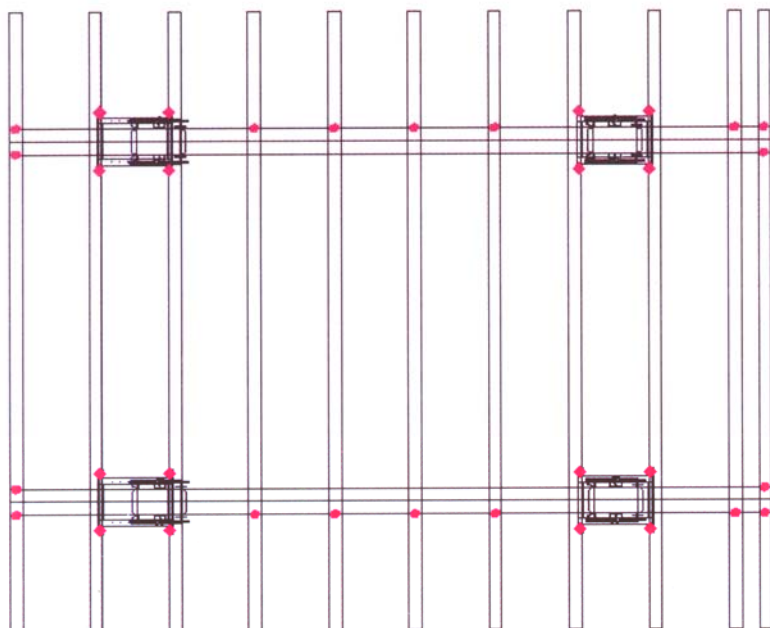


Рис. 3.50. Места крепления

- ◆ – крепление верхних частей головок к поясам поперечных балок
- – крепление остальных поперечных балок к продольным

3.4.2.2. Столы UNIPORTAL

Использование системы UNIPORTAL целесообразно:

– для больших столов (ширина больше 5,0 м или длина больше 6,0 метров);

– при наличии достаточного количества головок.

Головки UNIPORTAL сняты с производства, но в силу наличия таких головок в отдельных строительных организациях рассмотрим их.

Сама головка крупнее, чем поворотная головка, она состоит из одной части. Пара продольных балок опирается на полки головки, сверху проходит одна поперечная балка, которая крепится к полкам головки двумя хомутами (по одному справа и слева). Промежуточные стойки ставятся под ригели UNIPORTAL, сосредотачивающие нагрузки с пары продольных балок – на одну стойку (рис. 3.52).

Крепление поперечной балки и головки производится с помощью скоб (рис. 3.53).

Поперечные балки крепятся аналогично столам на поворотных головках (рис. 3.51). Крепить необходимо все поперечные балки, крайние крепятся с двух сторон (рис. 3.54).

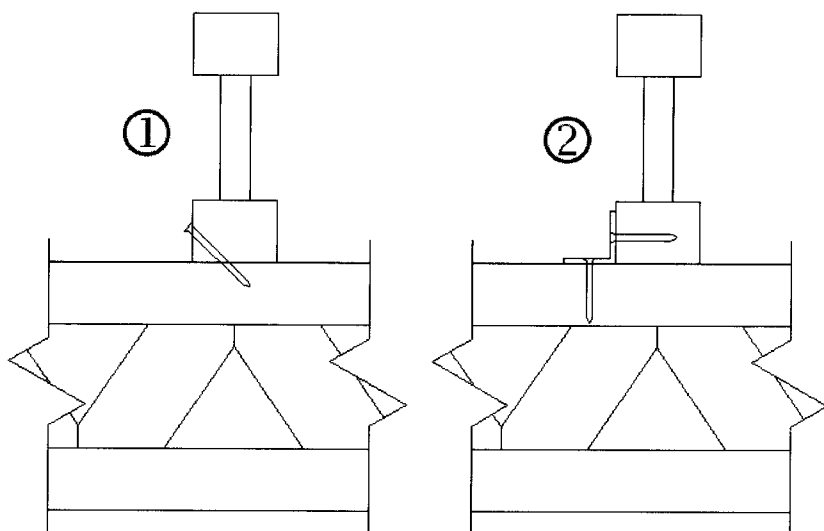


Рис. 3.51. Варианты креплений поперечных балок

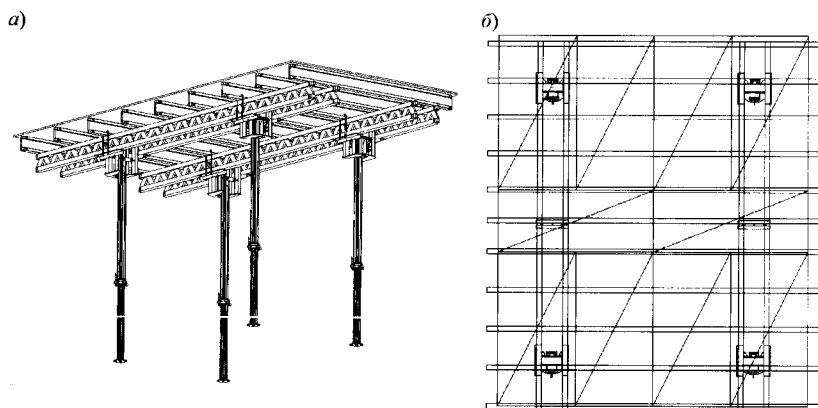


Рис. 3.52. Стол UNIPORTAL: а - общий вид; б - вид сверху

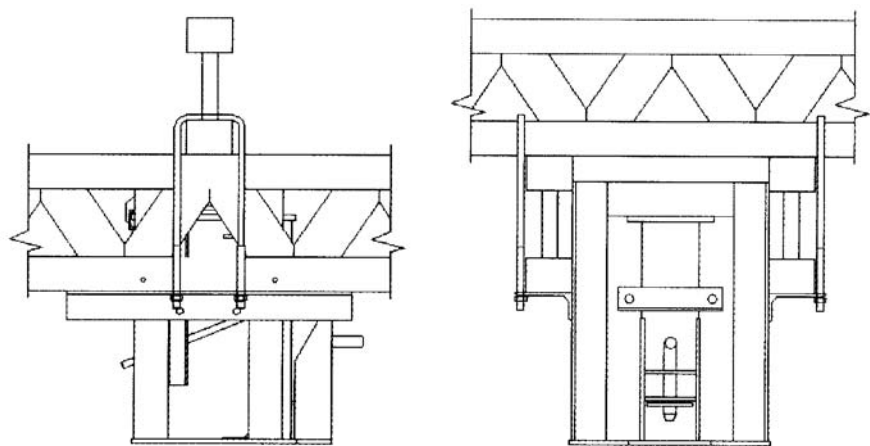


Рис. 3.53. Крепление поперечной балки к головке

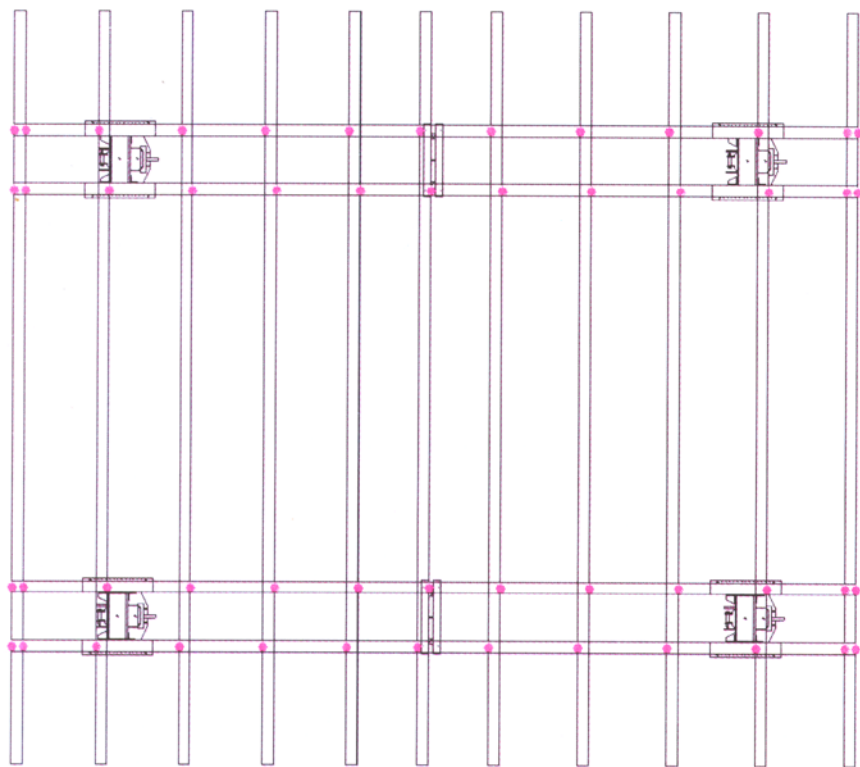


Рис. 3.54. Места крепления поперечных балок

3.4.2.3. Стыковка столов и добор

Основное правило при решении добора или стыковке столов – столы ни в коем случае не должны прикасаться друг к другу балками или балками к вертикальным конструкциям, так как это автоматически приводит к образованию щелей.

Т-образный стык столов применяется, когда четко определена последовательность движения столов (рис. 3.55, а). При этом стол «1» ставится первым и вынимается первым. На столе «2» показан брусок, который предотвращает касание столов по балкам. В последнее время часто отказываются от этих брусков, но зато ставят плинтус из ПВХ, который надежно закрывает зазор между столами. В любом случае выпуск фанеры должен обеспечить надежное примыкание на крайнюю поперечную балку стола.

Если в месте стыковки столов на обоих столах фанера выходит за балки, то возможен вариант рис. 3.55, б. Рекомендуется использование стыковочных профилей фирмы PERI, поставляемых в двух разновидностях:

- для зазора до 20 мм – арт. № 030260;
- для зазора до 40 мм – арт. № 101706.

В месте примыкания столов к стене рекомендуется следующий вариант: основная фанера не доводится до края стола, на край кладут доборную полосу, которую крепят гвоздями (рис. 3.55, в).

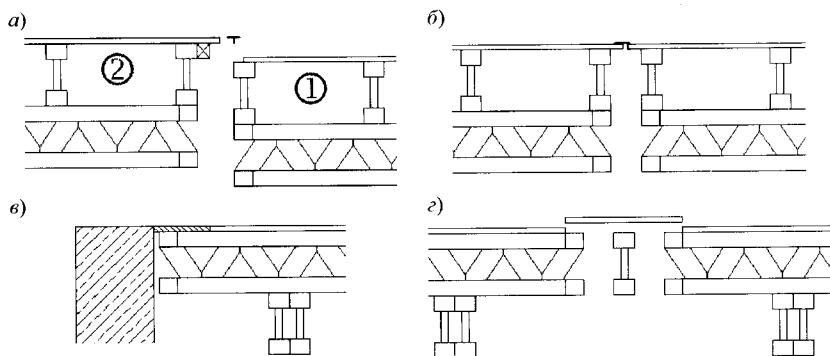


Рис. 3.55. Варианты стыковки и добора:

- а - стык столов Т-образный; б - стык столов с выступающей фанерой;
в - примыкание к стене; г - добор между столами

На рис. 3.55, г показан вариант добора, например, между колоннами. Основная фанера не доводится до конца балок, а на эти выступы балок кладут доборный лист. В зависимости от ширины добора может потребоваться дополнительная поддержка. Она выполняется отдельными балками и стойками.

3.4.3. Сборка, монтаж и перестановка столов

3.4.3.1. Сборка столов

Порядок сборки:

1. Сборка столов производится на деревянном настиле или на бетонной площадке (например, перекрытие над подвальным этажом). Размеры площадки должны в каждом направлении превышать размеры стола не менее 1 м.

2. Размечаются места расстановки средних частей поворотных головок. Проверяются размеры, в том числе по диагоналям. Положение фиксируется маячками. Раскладываются средние части головок.

3. Раскладываются и выравниваются продольные балки. При необходимости сборки большого количества однотипных столов рекомендуется установка опорного щита по торцам продольных балок.

4. Устанавливаются и временно прикрепляются поперечные балки над головками и проверяются длины диагоналей. Прикрепляются верхние части головок. Затем раскладываются остальные поперечные балки.

5. Поперечные балки крепятся шурупами согласно одной из вышеописанных схем.

6. По мере необходимости крепятся торцевые бруски и диафрагмы жесткости.

7. Раскладывается фанера, проверяются диагонали. По необходимости просверливаются отверстия для крановых подвесок. Фанера крепится шурупами, нижние части крановых подвесок крепятся к продольным балкам.

8. Стол поднимается краном и ставится на тележку. Подвешиваются нижние части головок со стойками.

3.4.3.2. Монтаж и перестановка столов

В пункте 3.4.2.3. показаны схемы стыковки столов. Прежде чем размещать столы, необходимо определить порядок их демонтажа. Стол, который первым снимается, должен иметь возможность свободно опускаться.

Установка:

9. Первый (крайний) стол выставляется на крайних стойках примерно на 2 см выше проектной отметки.

10. Если в ряду стоят несколько столов, то следующий устанавливается за первым.

11. После окончания первого ряда начинается установка второго ряда. В этом случае, чаще всего, используется добор. Для сокращения добора необходимо выбрать оптимальное расстояние между рядами.

12. После того, как все столы выставлены и весь добор выполнен, выполняется нивелирование и опускание всей опалубки на проектную отметку.

13. По необходимости крепятся торцевая опалубка перекрытия и ограждение.

Демонтаж:

1. Снимаются промежуточные стойки. В случае опирания на первый снимаемый стол фанеры добора, не закрепленной к нему и не подпертой стойками или зажатой соседним столом, под нее ставится стойка.

2. Под стол ставится транспортная тележка или заводится траверса «утиный нос». Опускаются основные стойки. Стол должен за счет собственного веса оторваться от перекрытия. Траверсы тележки поднимаются до упора. Стойки поднимаются на расстояние, обеспечивающее свободное движение стола. В случае выноса стола траверсой «утиный нос» поступают аналогично. Стол убирается и сразу ставится на следующей захватке.

3. Снимаются следующие ряды столов.

4. Выставляется временная поддержка.

5. Снимаются столы соседнего ряда, после чего снимается добор (если он не входит во временную поддержку).

3.4.3.3. Техника безопасности при работе со столами UNIPORTAL

Необходимо соблюдать следующие требования:

– запрещается находиться под столами при их сборке, не опирающимися на тележку или не закрепленными к «утиному носу» страховочными цепями (во время установки стоек);

– запрещается при перевозке больших столов одной тележкой низко опускать столы и высоко поднимать стойки (устойчивость тележки может быть необеспечена);

– траверса «утиный нос» допускает перестановку столов длиной до 7,0 м и весом до 1,5 т. При подъеме столов передний конец «утиного носа» должен быть направлен вверх, в противном случае его не разрешается использовать для перестановки. Необходимо использовать контргруз около вертикального ствола «утиного носа», чтобы сместить центр тяжести (этот случай для столов длиной выше 6,0 м);

– запрещается подъем «утиным носом» столов до их закрепления страхующими цепями.

3.5. MULTIPROP – стойки, башни

3.5.1. Общие сведения и несущая способность

Связанные между собой рамы MRK стойки MULTIPROP HL применяются в столах и рамных опорах как башенные системы. Рамы MULTIPROP обеспечивают расстановку стоек либо с одинаковым, либо с разным шагом по двум направлениям.

Рамы MULTIPROP крепятся либо к внешней, либо к внутренней трубам стойки. Фиксация клином обеспечивает быстроту монтажа (рис. 3.56).

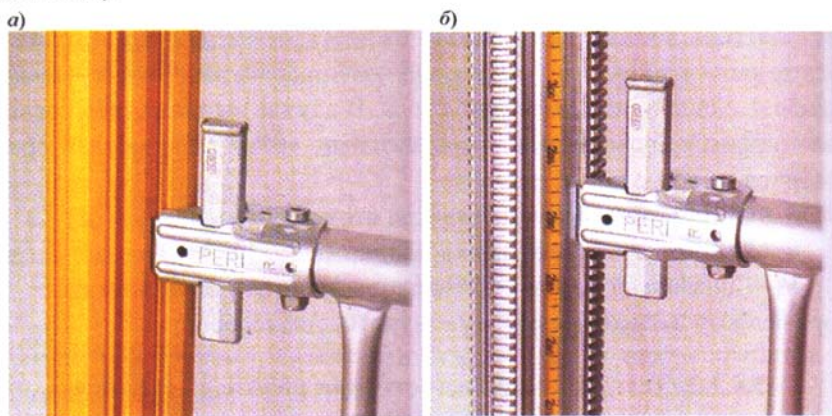
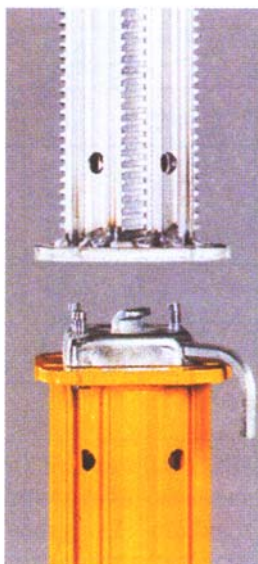


Рис. 3.56. Крепление рам: а - на внешней трубе; б - на внутренней трубе

Для соединения двух стоек в столах или рамных опорах применяется муфта MPV-2 (рис. 3.57). При определении несущей способности опорных башен необходимо придерживаться следующих правил:

– решающим значением, определяющим допустимую нагрузку, является раздвижка (длина) нижней стойки;

а)



б)



Рис. 3.57. Соединение стоек:

а - внутренней и внешней трубы; б - внешних труб

- в опорах с разными по длине рамами самая короткая определяет допустимую нагрузку;
- рекомендуется ограничивать нагрузку на отдельную стойку до 60 кН (с учетом усилий на ослабление гаек);
- при наличии рабочего настила необходимо соблюдать значения см. табл. 3.24.

Таблица 3.24

Нагрузка на раму от настила

Длина рамы, м	Допустимая равномерно распределенная нагрузка, кН/м
2,96/2,66/2,37/2,30	1,1
2,25/2,015	2,0
1,50/1,375	4,0
1,20	5,0
0,90/0,75/0,625	6,6

Определение несущей способности стоек опалубки с рамами MRK:

А) Башни из стоек МР 480 с рамами MRK 120.

Стойки в данном варианте необходимо устанавливать внутренней трубой вниз, а рамы крепить верхним замком на расстоянии 40 см от верха стоек.

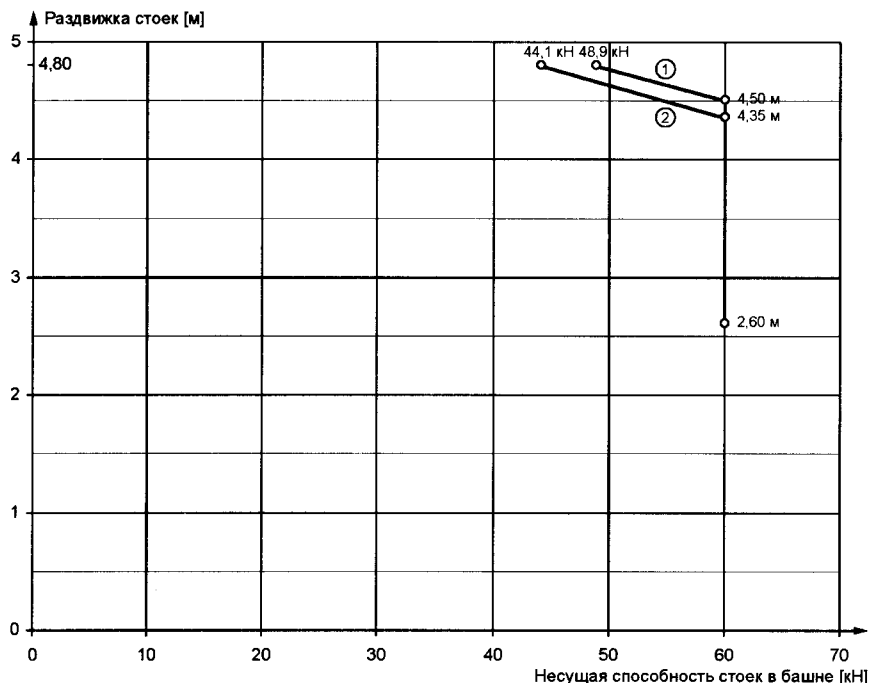


Рис. 3.58. Несущая способность стоек в башне:

1 - без учета ветровых нагрузок; 2 - с учетом ветровых нагрузок

Пример № 1:

- высота стоек 4,3 м, замкнутое помещение (нет ветра):
- несущая способность (см. рис. 3.58) – 60 кН;
- по табл. 3.14 для отдельно стоящих стоек – 38,2 кН (внутренняя труба внизу);
- по табл. 3.14 для отдельных стоек значение несущей способности ниже, чем по рис. 3.58. Принимаем большее значение – 60 кН;
- у башни несущая способность на 63% выше.

Пример № 2:

- высота стоек 3,6 м:
- несущая способность (см. рис. 3.58) – 60 кН;
- по табл. 3.14 для отдельно стоящих стоек – 62,8 кН (внутренняя труба внизу);
- по табл. 3.14 для отдельных стоек значение несущей способности выше, чем по рис. 3.58. Принимаем большее значение – 62,8 кН;
- у башни несущая способность на 5% ниже.

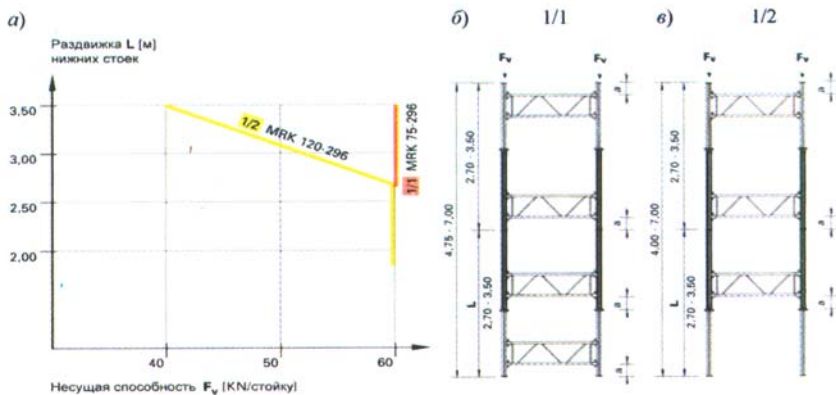


Рис. 3.59. Башни MULTIPROP на базе MP 350 высотой 4,0...7,0 м:
 а - несущая способность стоек без учета ветровой нагрузки, опалубка, опертая по контуру; б - стойки с рамами MK 75-296; в - стойки с рамами MK 120-296

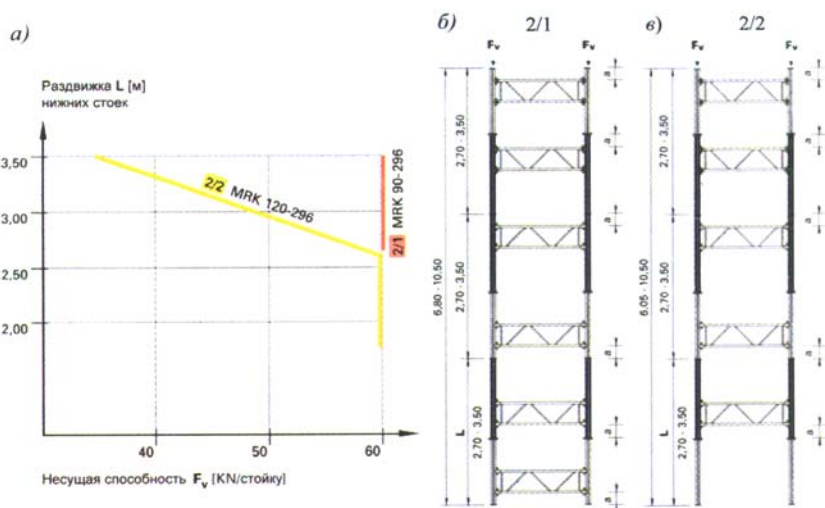


Рис. 3.60. Башни MULTIPROP на базе MP 350 высотой 6,05...10,50 м:
 а - несущая способность стоек без учета ветровой нагрузки, опалубка, опертая по контуру; б - стойки с рамами MK 90-296; в - стойки с рамами MK 120-296

Пример № 3:

- высота стоек 4,80 м, открытое пространство (боковой ветер):
- несущая способность (см. рис. 3.58) – 44,1 кН;
- стойка с подставкой МР 50 как отдельно стоящая – 34,8 кН (наружная труба внизу $L = 4,30$ м);
- по табл. 3.13 для отдельных стоек значение несущей способности ниже, чем по рис. 3.58. Принимаем большее значение – 44,1 кН;
- несущая способность у башни на 27% выше.

Б) Башни из стоек МР 350 с горизонтально неподвижной опалубкой без учета ветра.

На рис. 3.59, 3.60 представлены данные, позволяющие определить несущую способность башенных систем.

В случае использования других вариантов башен MULTIPROP необходимо консультироваться в техническом бюро фирмы PERI.

3.5.2. Монтаж башен

Порядок монтажа (применение наращенных стоек без рам MRK запрещено):

- стойки раздвигаются на требуемую длину;
- стойки в башнях с двумя и более ярусами соединяют между собой. В двухъярусных башнях стыковка происходит по наружным трубам муфтами МРV, либо двумя болтами М12 по диагонали;
- раскладываются, лежа на горизонтальном основании, стойки и рамы одной из сторон башни (рис. 3.61);
- рамы MRK закрепляются от низа башни, от шарнира и соответственно зеркально от верха башни на расстоянии, показанном на рис.3.62 (размеры в сантиметрах). Размерные ленты показывают вовнутрь;
- рамы MRK раскладываются одинаково (желтые зажимы под желтыми, серебристые под серебристыми). Для облегчения на стойках имеются заглабления, которые помогают устанавливать размер в 0,4 м. Клинья должны быть направлены вниз, это предотвращает произвольное ослабление клинового замка (рис. 3.63);
- к первой плоской раме вертикально крепятся боковые рамы (рис. 3.64);
- при отсутствии крана верхние стойки, а затем рамы монтируются вручную (рис. 3.65). Альтернативный вариант: плоская верхняя рама монтируется рядом и одевается краном;

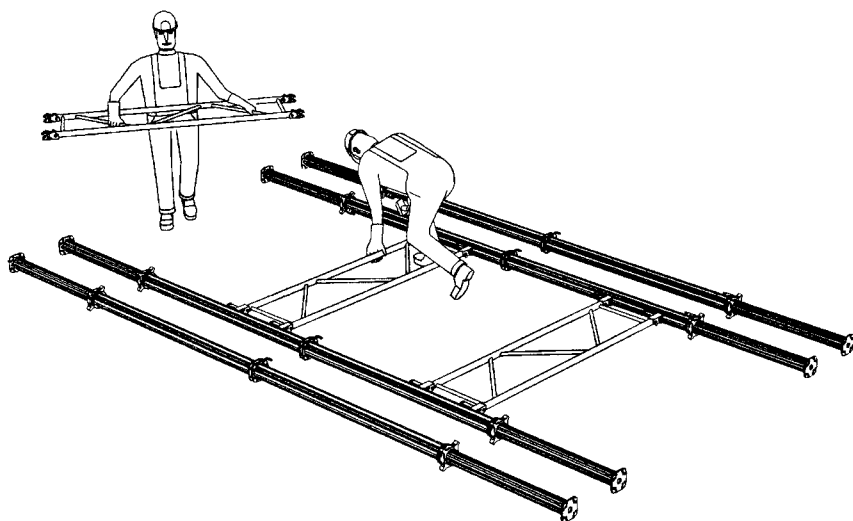


Рис. 3.61. Сборка плоской рамы башни

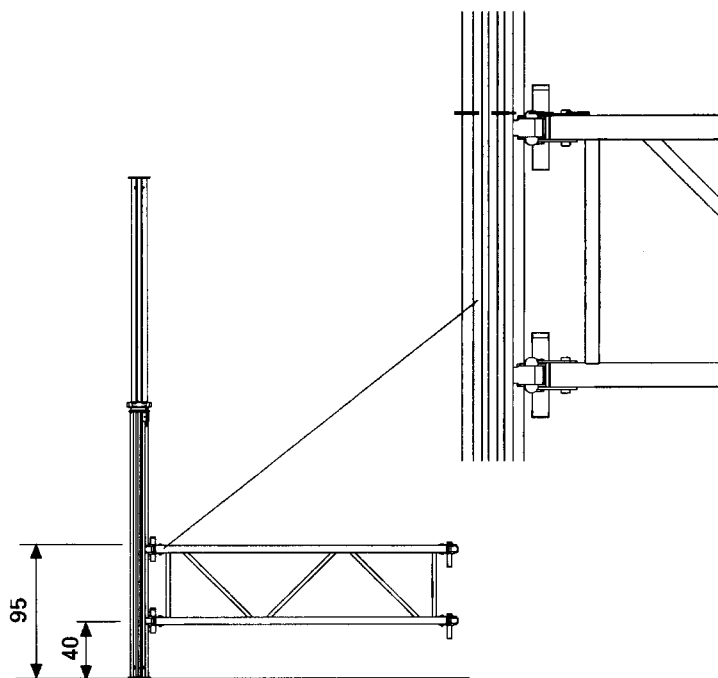


Рис. 3.62. Места крепления рамы MRK к стойкам

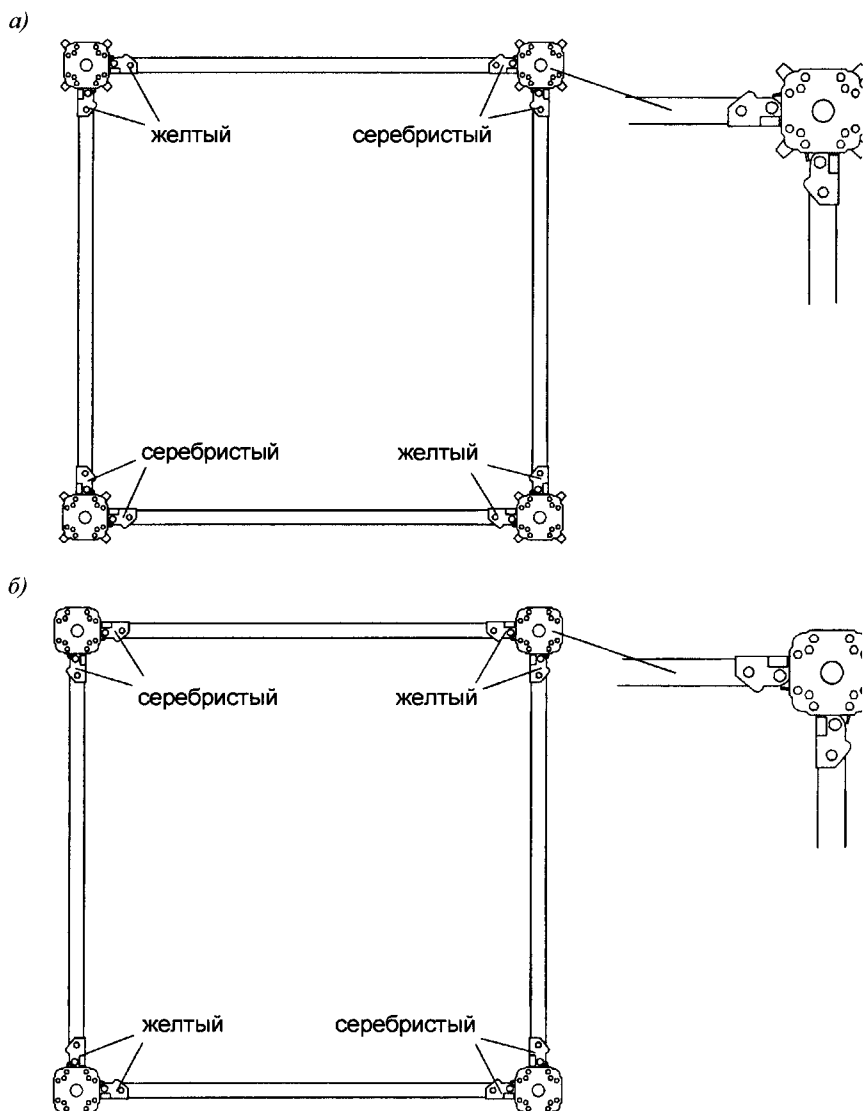


Рис. 3.63. Раскладка рам MRK с учетом цветовых меток: а - внешняя труба; б - внутренняя труба

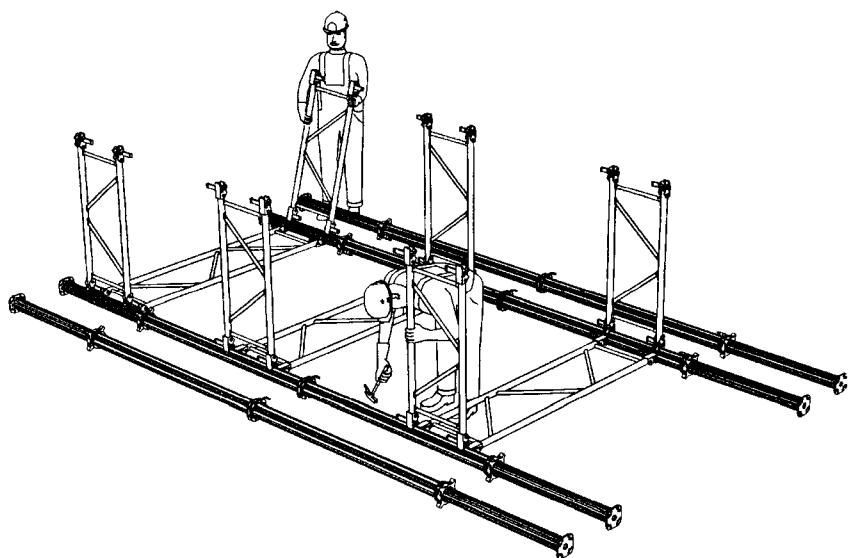


Рис. 3.64. Крепление боковых рам MRK

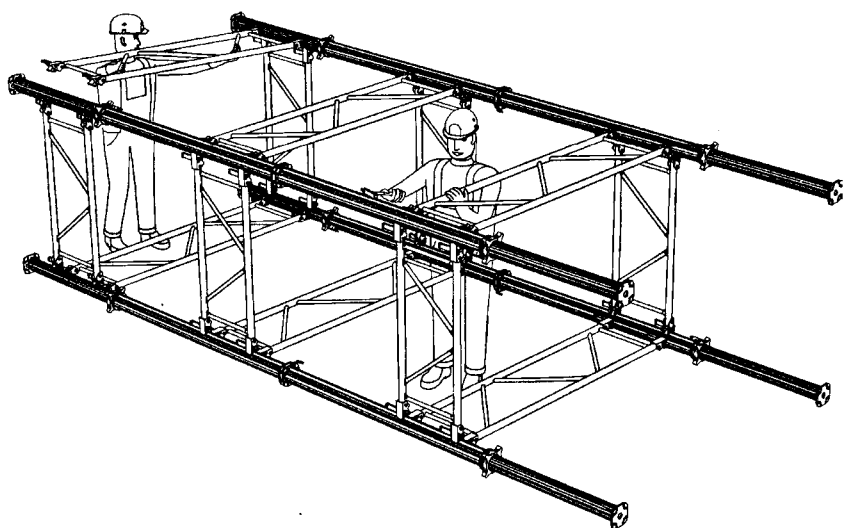


Рис. 3.65. Завершающий этап сборки башни

– если используются длинные рамы или длины сторон башни значительно отличаются друг от друга, рекомендуется встраивать диагональные связи из труб диаметром 48 мм (рис. 3.66);

– подъем башни 4-ветевыми стропами за верхние рамы (рис. 3.67).

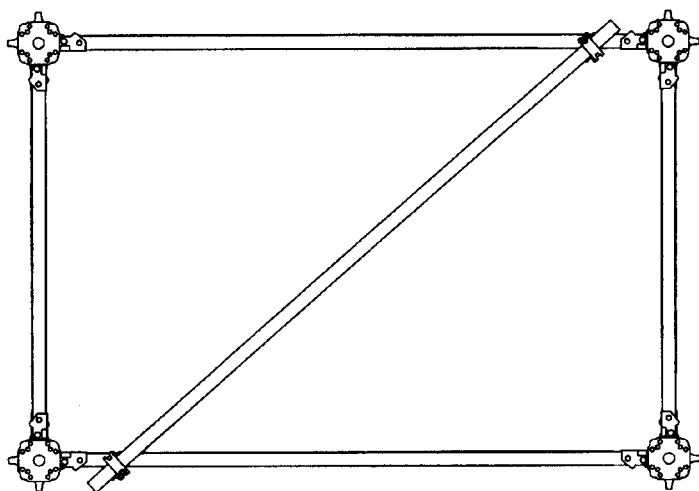


Рис. 3.66. Обеспечение устойчивости башни

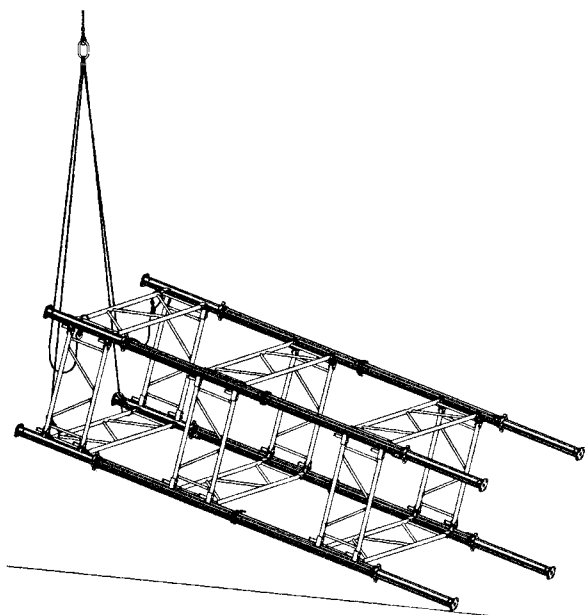


Рис. 3.67. Установка башни в проектное положение

Сборка башен может производиться «стоя» на рамах MRK (рис. 3.68). Для этого на рамы укладывают настил. Нагрузки не должны превышать значений, указанных в табл. 3.24.

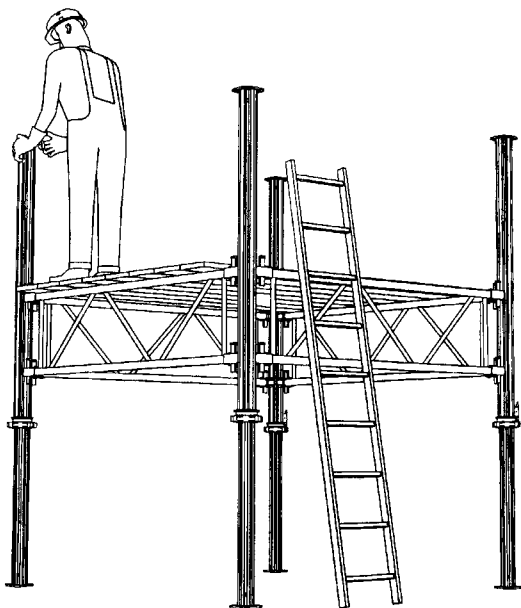


Рис. 3.68. Сборка башни

3.6. VARIO – опалубка колонн

3.6.1. Общие сведения

Опалубка PERI VARIO GT 24 предназначена для опалубливания колонн квадратного, прямоугольного, восьмиугольного или других сечений (рис. 3.69).

Опалубка состоит из двух расположенных по диагонали прямоугольных элементов, выполненных из балок опалубки стен и стальных прямоугольных струбцин (рис. 3.70).

Балка-ферма GT 24 и ригели для колонн SSRZ или SGRZ подходят под любую форму. Обе половины опалубки соединяют стяжками, установленными под углом. Поэтому палубу необходимо каждый раз менять в соответствии с новыми размерами опор; балки и струбцины используются без изменения. Стягивание угловых половин опалубки производится с помощью стандартных элементов сортамента VARIO (клина KZ и подвески тяжей SKZ) (рис. 3.72).

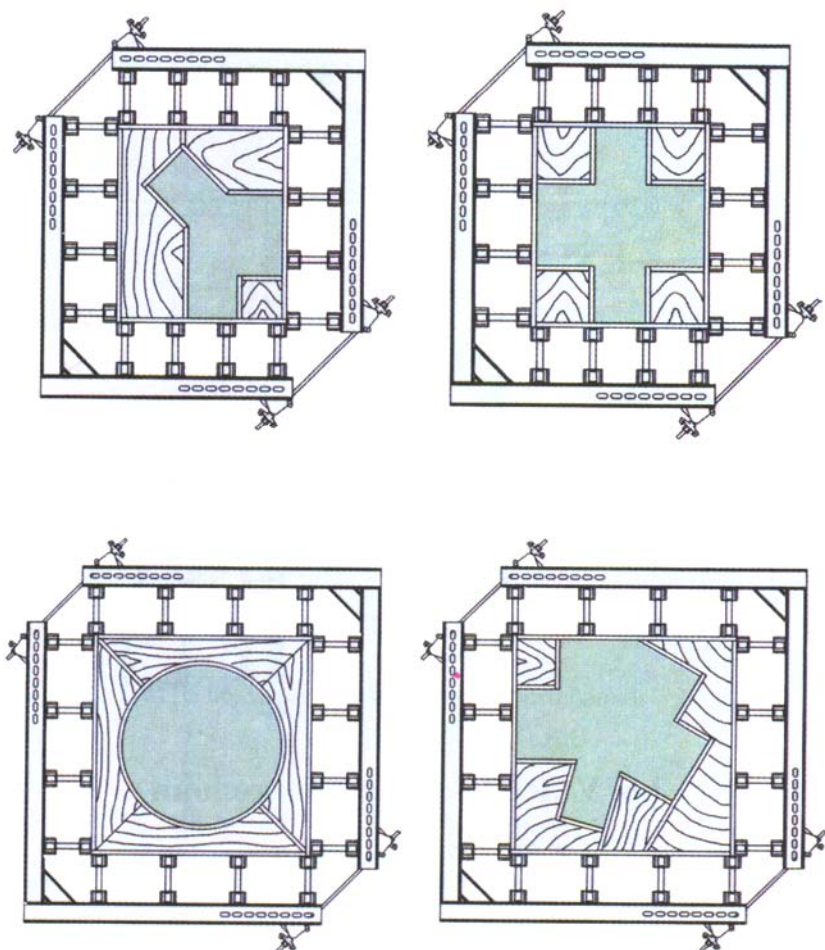


Рис. 3.69. Опалубка PERI VARIO GT 24 для колонн сложного сечения

3.6.2. Несущая способность

Расчет несущей способности опалубки производится с помощью табл. 3.6.1, 3.6.2.. Стандартное исполнение колонн рассчитано на давление свежего бетона 100 кН/м^2 .

Для предотвращения утечки цементного молока в углах колонн не рекомендуется сильно натягивать тяжи гайками, лучше регулировать натяжение забивкой клиньев KZ в подвески тяжей SKZ.

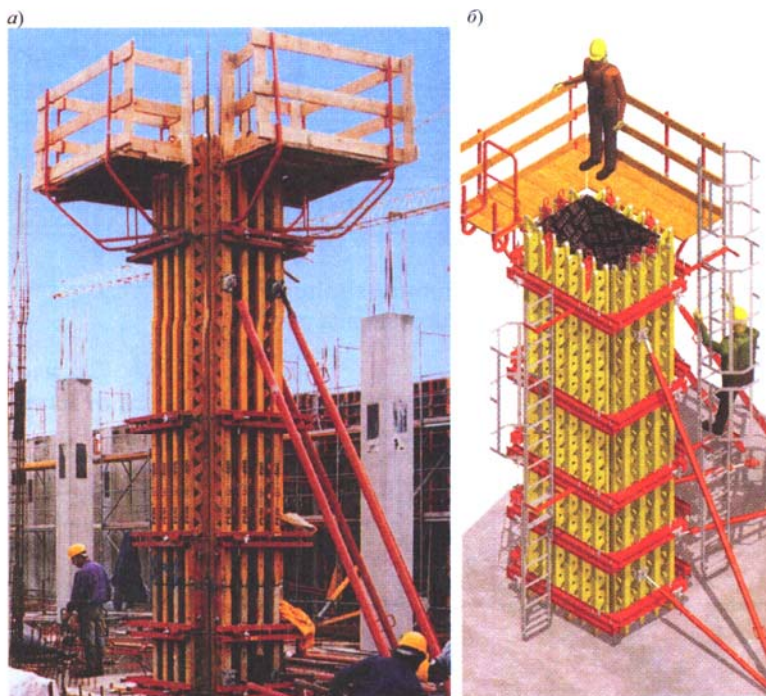


Рис. 3.70. Опалубка колонн:

а - общий вид; *б* - в комплекте с лестницами и платформами для безопасной работы на высоте

Таблица 3.25

Допустимый шаг ригелей (рис. 3.71) в зависимости от высоты опалубки h

Высота опалубки, h (м)	A (м)	B (м)	C (м)	D (м)	E (м)
2,70	0,46	1,48			
3,00	0,46	1,48			
3,30	0,46	1,18	1,18		
3,60	0,46	1,18	1,48		
3,90	0,46	1,18	1,48		
4,20	0,46	1,18	1,78		
4,50	0,46	1,18	1,78		
4,80	0,31	0,89	1,18	1,48	
5,10	0,31	0,89	1,18	1,78	
5,40	0,31	0,89	0,89	1,18	1,48
5,70	0,31	0,89	0,89	1,18	1,48
6,00	0,31	0,89	0,89	1,18	1,78

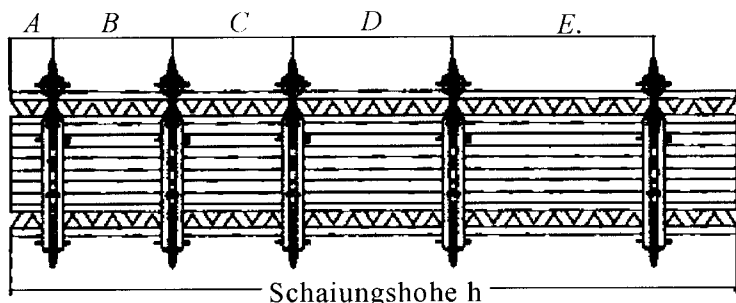


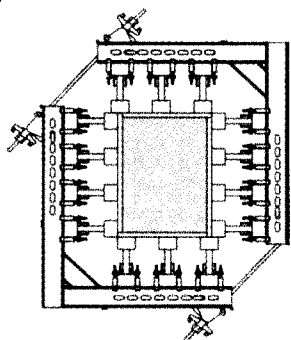
Рис. 3.71. Расстановка ригелей

Таблица 3.26

Требуемое количество балок-ферм GT 24 в зависимости от длины (ширины) колонны

Длина (ширина) колонны (м)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,76	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Количество балок-ферм GT 24 на стороне	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6

а)



б)

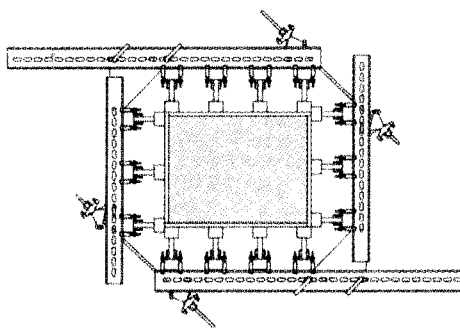


Рис. 3.72. Стальные ригели для колонн: а - SSRZ 24-97/85 сечением от 0,24×0,24 м до 0,48×0,60 м (Арт.№ 012150) и SSRZ 24-113/101 сечением от 0,40×0,40 м до 0,64×0,76 м (Арт.№ 012160); б - SGRZ 181 (Арт.№ 012060) и SVRZ 120 (Арт.№ 012050) сечением до 1,20×0,80 м

3.7. Самоподъемные леса ACS

3.7.1. Общие сведения

Подъемно-переставные опалубки разработаны для сооружения высоких вертикальных конструкций (рис. 3.73, а, б, в). Самоподъем-

ные леса ACS поднимаются при помощи гидравлического привода на направляющих подъема (рис. 3.73, г). Опалубка и подмости крепятся не к сооружению, а к специальной раме, состоящей из двух передвигающихся по вертикали относительно друг друга элементов. Рама соединяется с бетоном ранее забетонированного яруса. Процесс подъема осуществляется по переменной анкеровке и подъемом внутреннего и наружного элемента рамы.

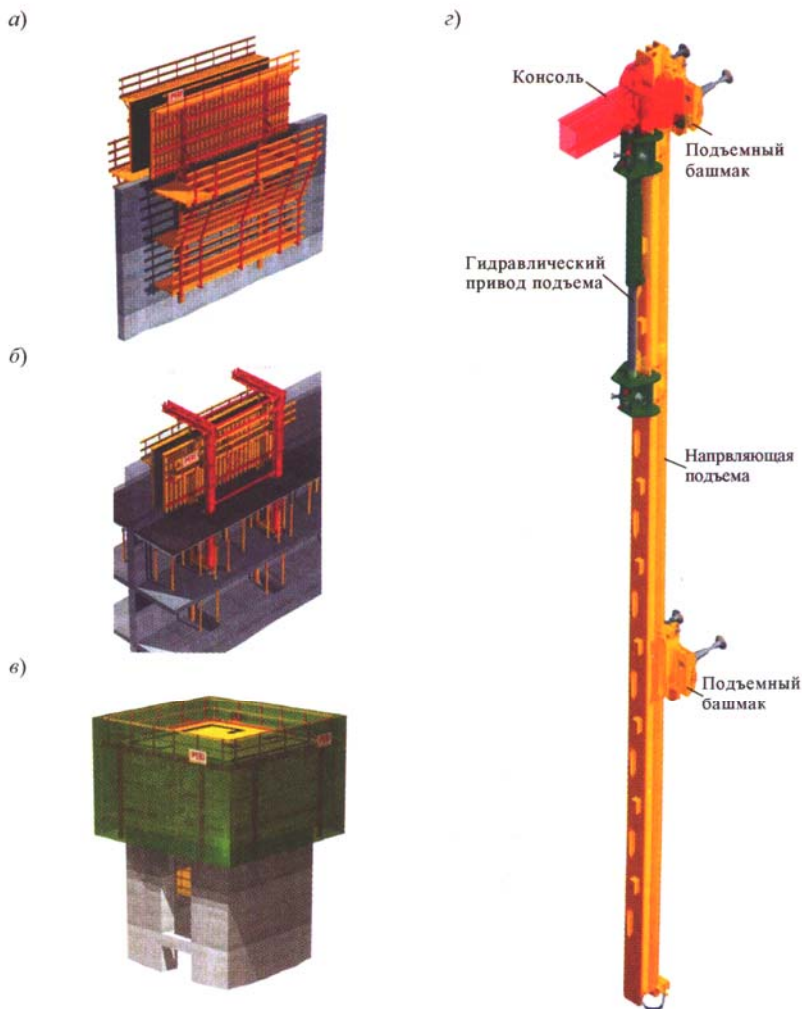


Рис. 3.73. Подъемно-переставная опалубка: а - ACS-R для стен; б - ACS-G для круглых сооружений и бетонирования перекрытий и стен; в - ACS-P для сооружений сложного сечения; г - консольно-переставной блок

Технологический цикл работы опалубки состоит из четырех основных операций.

Первая технологическая операция (рис. 3.74, а) : установка односторонней опалубки; установка закладных деталей; монтаж арматуры.

Вторая технологическая операция (рис. 3.74, б): установка второй части опалубки; бетонирование; распалубливание.

Третья технологическая операция (рис. 3.74, в): монтаж подъемных башмаков; перемещение направляющей подъема и консольно-переставных лесов.

Четвертая технологическая операция (рис. 3.74, г): установка односторонней опалубки; установка закладных деталей; установка второй части опалубки.

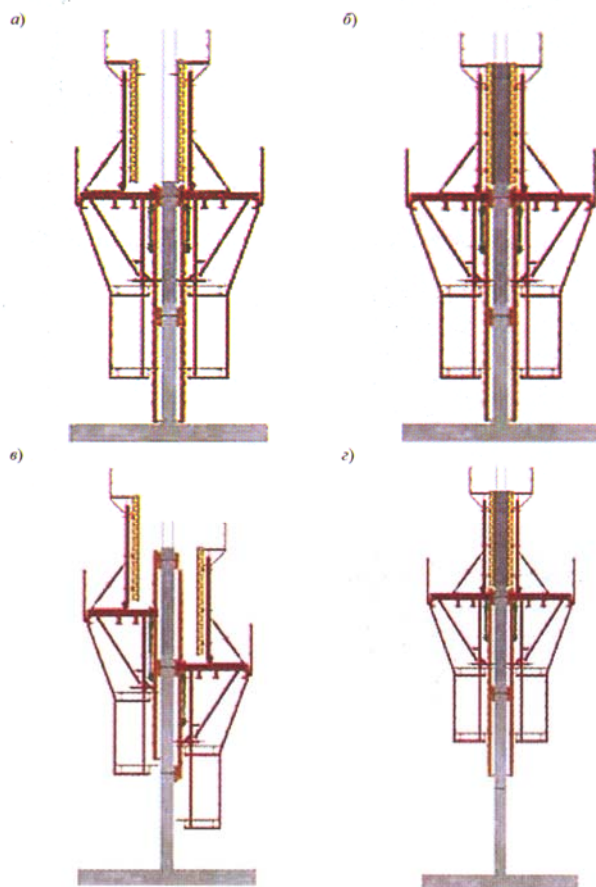


Рис. 3.74. Технологический цикл работы подъемно-переставной опалубки

3.7.2. Несущая способность

Расчетные нагрузки:

– собственный вес:

• подмостей равен $0,65 \text{ кН/м}^2$ (деревянный настил, брус, ригели подмостей);

• опалубки равен $0,6 \text{ кН/м}^2$;

– временная нагрузка равна $1,0 \text{ кН/м}^2$;

– нагрузка на опору должна быть меньше 25 кН (для откидной консоли 25 и гравитационной защелки);

– в данном примере нагрузка на опору равна 140 кН , что больше 25 кН , поэтому необходимо использовать гравитационную защелку PERI, а также необходимо учитывать минимальную прочность бетона, см. табл. 3.27.

Таблица 3.27

Требуемая высота ригелей шахтных подмостей с откидной консолью 25 или гравитационной защелкой

Расчетный шаг ригелей, (м)	Высота опалубки, H_s (м)	Пролет, L_s (м)							
		2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
1,0	3,0	100	100	100	100	120	120	140	140
	4,0	100	100	100	100	120	140	140	160
	5,0	100	100	100	120	120	140	140	160
	6,0	100	100	100	120	120	140	160	160
1,50	3,0	100	100	100	100	120	140	140	160
	4,0	100	100	100	120	120	140	160	160
	5,0	100	100	100	120	140	140	160	160
	6,0	100	100	100	120	140	140	160	180
2,00	3,0	100	100	100	120	120	140	160	160
	4,0	100	100	100	120	140	140	160	180
	5,0	100	100	100	120	140	140	160	180
	6,0	100	100	120	120	140	160	160	180
2,50	3,0	100	100	100	120	140	140	160	180
	4,0	100	100	120	120	140	160	160	180
	5,0	100	100	120	120	140	160	160	180
	6,0	100	100	120	140	140	160	160	180
3,00	3,0	100	100	120	120	140	160	160	180
	4,0	100	100	120	120	140	160	160	180
	5,0	100	100	120	140	140	160	180	
	6,0	100	100	120	140	160	160	180	
3,50	3,0	100	100	120	120	140	160	160	180
	4,0	100	100	120	140	140	160	180	180
	5,0	100	100	120	140	160	160	180	
	6,0	100	120	120	140	160	160	180	

Таблица 3.28

Определение допустимой нагрузки A на опору при использовании гравитационной защелки

Прочность бетона, Н/мм^2	Допустимая нагрузка, A (кН)
10	27,7
15	41,6
25	69,3

Таблица 3.29

Расчетные данные ригелей защелки

Высота ригелей, (мм)	I_{x2} (см^4)	w_{x2} (см^3)
100	412	82,4
120	728	121,4
140	1210	172,8
160	1850	232,0
180	2700	300,0

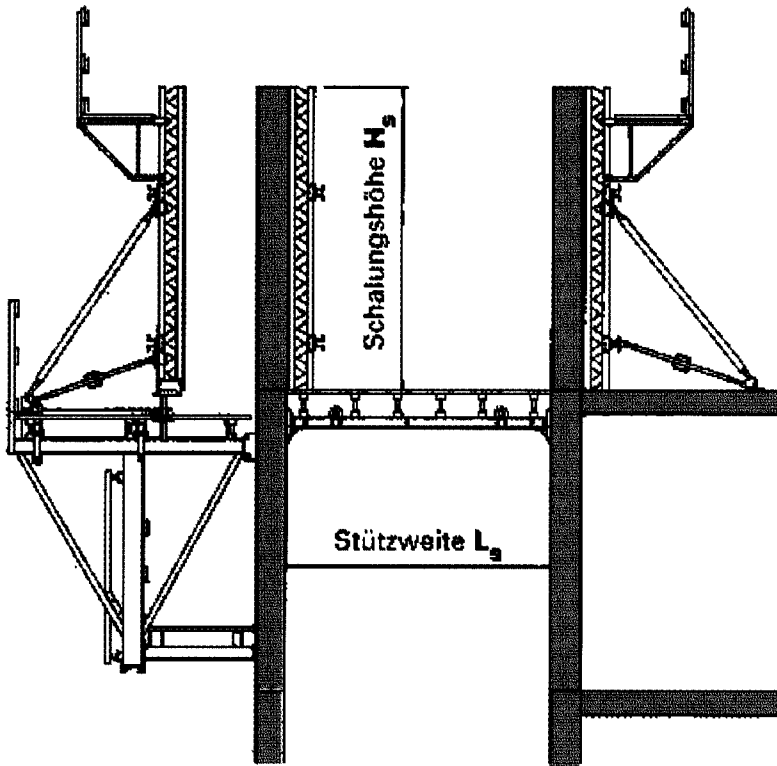


Рис. 3.75. Ригели шахтных подмостей с откидной консолью 25 и гравитационной защелкой

3.8. Трудозатраты по устройству опалубок

Данные см. табл. 3.30, включают в себя основные работы по инвентарным опалубкам фирмы PERI. Рассматривается весь цикл одного оборота (установка, выравнивание/ нивелирование, демонтаж, поперечный транспорт до следующей захватки, очистка). Работы по устройству проеомообразователей, армированию и т.п. не учтены.

Таблица 3.30

Трудозатраты на разные виды опалубки

Вид конструкции	Сложность	Система опалубки	Установка * чел.-ч / м ²	Демонтаж ** чел.-ч / м ²	Численность звена ***
Стены	Простая (прямые стены без наращивания)	PERI TRIO	0,3	0,2	4
	Средняя (прямые с наращиванием в один ярус, лестничные клетки без наращивания)		0,4	0,25	4 / 6
	Сложная (лестничные клетки с наращиванием, лифтовые шахты)		0,5	0,25	4 / 6
Стены	Предварительная сборка элементов	PERI VARIO GT 24	0,6	-	2
	Простая (прямые стены без наращивания)		0,2	0,2	4
	Средняя (прямые с наращиванием в один ярус, лестничные клетки без наращивания)		0,3	0,2	4 / 6
	Сложная (лестничные клетки с наращиванием, лифтовые шахты)		0,5	0,25	4 / 6
Колонны	Предварительная сборка элементов	PERI VARIO GT 24	0,6	-	2
	Установка и перестановка	VARIO, RAPID, TRIO	0,2	0,2	2...3

Вид конструкции	Сложность	Система опалубки	Установка * чел.-ч / м ²	Демонтаж ** чел.-ч / м ²	Численность звена ***
Перекрытие высотой в свету до 3 м, толщина 16...20 см	Безригельный каркас	Столы PERI	0,12...0,15		4
	Безригельный каркас	PERI MULTIFL EX GT 24	0,2	0,25	4 / 6 / 8
	Между стенами, пролеты больше 3 м		0,2	0,3	4 / 6 / 8
	Тамбуры, лестничные площадки и т.д.		0,25	0,3	4 / 6 / 8
	Ригели высотой и шириной до 40 см	PERI UZ	1,0 / пог. м	0,2 / пог. м	2...3

* – В установку опалубки включена смазка и ее выравнивание (для стен и колонн) или нивелирование (для перекрытия).

** – В демонтаж включена транспортировка на следующую захватку и очистка опалубки.

*** – В большинстве случаев рекомендуется назначать четное количество рабочих в звене, исключения указаны. Увеличение количества рабочих на работах, связанных с краном (работа со стеновой опалубкой, с опалубкой для колонн и со столами) не влияет на сокращение продолжительности работ.

ГЛАВА 4. НОВОЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ОПАЛУБОЧНЫХ СИСТЕМ

К одному из недостатков, снижающему надежность работы сооружения и нарушающего его сплошность, является проявление в монолитном перекрытии усадочных деформаций [86,110,111].

Для монолитных перекрытий применяется подвижная бетонная смесь, и значение усадочных деформаций достигает предельных деформаций бетона на растяжение. Следовательно, если задержать развитие усадочных деформаций, то в конструкции неизбежно появятся сквозные трещины. Сквозные трещины принципиально меняют расчетную схему работы конструкции, превращая ее на начальном этапе работы из изгибаемой конструкции в висячую.

Наиболее эффективным с технической точки зрения приемом, обеспечивающим устранение усадочных деформаций, является применение безусадочного цемента. Однако, из-за высокой стоимости безусадочного цемента и побочных эффектов, этот способ применяется в исключительных случаях.

Эффективным способом уменьшения или компенсации усадочных деформаций является также способ создания в плите перекрытия предварительных напряжений. Однако, из-за трудоемкости и технологических и конструктивных сложностей, предварительное напряжение оказывается дорогостоящим мероприятием и применяется в настоящее время в сооружениях уникальных, имеющих большие пролеты и сложные ячейки.

В строительной практике, применяя для перекрытия обычный тяжелый бетон, стараются снизить влияние усадки путем бетонирования по захваткам, устройством специальных швов, более дисперсным расположением арматуры и т.д. Однако, и освобождение перекрытия от стен по контуру и бетонирование по отдельным захваткам не позволяет полностью исключить влияние усадки бетона на работу перекрытия. Растягивающие напряжения в бетоне, в этом случае, появляются в результате сдерживания усадки арматурой самого перекрытия и жесткого соединения перекрытия с колоннами, перегородками и т.д. [86].

При проявлении усадки бетона в железобетонном элементе возникают деформации сжатия арматуры растяжения бетона. С увеличением коэффициента армирования напряжения в арматуре от усадочных деформаций падают, а в бетоне возрастают.

К напряжениям в бетоне от усадочных деформаций, сдерживаемых арматурой, добавляются напряжения, образующиеся в результа-

те статической неопределимости и температурных условий. В результате нередко в плите перекрытия образуются трещины, как при распалубке, так и через некоторое время после нее.

Вышеописанные опалубочные системы для монолитного строительства, как правило, выполняются для плит перекрытий плоскими. При этом не учитывается то, что под собственным весом и полезной нагрузкой, а также в результате проявления усадочных деформаций железобетонное перекрытие получает прогибы. Величина прогибов нормируется, но нередко их величина по тем или иным причинам превосходит допускаемые.

Учитывая подтверждение того, что усадка бетона может привести к раннему образованию трещин в плите перекрытия и приводит к повышенным прогибам, было решено разработать радикальный вариант снижения негативного влияния усадки бетона.

Таким вариантом оказался проект плиты перекрытия с предварительным строительным подъемом в виде купола [121].

Для снижения влияния усадочных деформаций и уменьшения прогибов конструкции разработана специальная конструкция опалубки с небольшим выгибом (куполом) из плоскости [Патенты и статьи автора].

Проведенные испытания опытного фрагмента железобетонного перекрытия показали эффективность применения такой опалубки, особенно когда речь идет о перекрытиях с сеткой колонн более 6×6 м.

Переделка «плоской» опалубки в «купольную», с небольшой стрелой подъема, не представляет большой сложности как для металлической поверхности, так и деревянной.

4.1. Разработка конструктивного решения и технологии возведения плиты перекрытия с предварительным подъемом

Творческим коллективом при непосредственном участии автора данной работы предложено новое оригинальное решение конструкции перекрытия, позволяющее снизить или вовсе исключить влияние усадочных деформаций на работу конструкции.

Существо предложения заключается в том, что участки монолитного перекрытия между колоннами выполняются в виде купола с малой стрелой подъема. После распалубки такой конструкции перемещения перекрытия равны или близки к стреле подъема купола и купольное перекрытие превращается в плоское.

Как известно, при деформации купола с малой стрелой подъема при неподвижных опорах в нем возникает распор. Эти деформации от распора купола могут компенсировать деформации усадки. Если бы усадочных деформаций не было, то такая конструкция перекрытия работала бы на внецентренное сжатие. При компенсации усадочных деформаций деформациями распора плита перекрытия испытывает лишь изгибные деформации.

Данное предложение было осуществлено при строительстве офисного многоэтажного здания в г. Тольятти. Величина стрелы подъема опалубки в центре купола была по расчету принята равной 40 мм.

Демонтаж опалубки был осуществлен через 3 дня после бетонирования, когда бетон набрал прочность более 70% от проектного значения. Под собственным весом контрольные точки плиты перекрытия переместились, но небольшой строительный подъем в 6-8мм еще сохранялся. Через S года перекрытие стало еще более плоским, но запас строительного подъема продолжал оставаться.

В тех пролетах здания, где опалубка выполнялась в виде плоскости, плита получила при распалубке прогибы в середине от 15 до 26 мм, и в некоторых пролетах только от собственного веса перекрытия появились трещины на растянутой грани. Там же, где был строительный подъем, трещин обнаружено не было.

Эксперимент показал, что конструкция перекрытия, выполненная со строительным подъемом, позволяет избежать не только влияния усадочных деформаций, но снизить опасность образования сверхнормативных прогибов. Последний вывод особенно важен при проектировании сооружения с пролетами более 6 метров.

Для определения необходимого значения стрелы подъема купольной опалубки сферической формы вырежем полосу, проходящую над колоннами A и B , которые будем считать неподвижными опорами — рис.4.1.

S - длину дуги купола определим из условия полной компенсации усадоч-

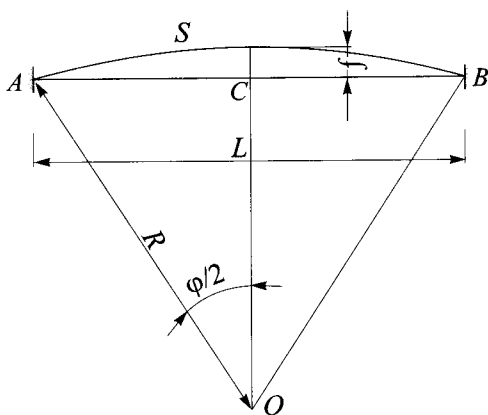


Рис. 4.1. Схема «купольного» перекрытия

ных деформаций - e_{sh} в случае, когда дуга примет вид прямой линии и станет равной длине L , т.е.

$$L = S - S \times e_{sh} \text{ или } L = S \times (1 - e_{sh})$$

откуда:

$$S = L / (1 - e_{sh}) \quad (4.1.1).$$

Из рис. 4.1. имеем: $R^2 = (R - f)^2 + (L/2)^2$. И тогда зависимость стрелы подъема f от радиуса дуги и расстояния между колоннами L :

$$f = R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}} \quad (4.1.2).$$

Из рис. 4.1. также получаем, что длина дуги $S_R = \varphi \times R$, а $L/2 \times R = \sin(\varphi/2)$.

Откуда следует:

$$S_R = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{L}{2 \cdot R}\right) \quad (4.1.3.)$$

В результате получаем три уравнения, связывающие между собой три неизвестных - S , R , f и величину усадки бетона e_{sh} .

Совместное решение этих уравнений с применением вычислительной техники не представляет сложности.

В стандартном пакете Mathcad программа для связи f с j и L имеет вид, разработанный в [111]:

$$f_{j,L} := \left[\begin{array}{l} \phi \leftarrow 1 \\ \left[a \leftarrow \text{root} \left[\left[\left(\frac{1}{2} \cdot L \cdot \frac{\phi}{\sin\left(\frac{\phi}{2}\right)} \right) - \frac{L}{1 - j \cdot 10^{-4}} \right], \phi \right] \right] \\ \phi \leftarrow a \\ R \leftarrow \frac{L}{2 \cdot \sin\left(\frac{\phi}{2}\right)} \\ f \leftarrow R - \sqrt{R^2 - \frac{L^2}{4}} \end{array} \right] \quad (4.1.4)$$

Здесь для удобства индексирования принято, что $e_{sh} = j \times 10^{-4}$, где j – целочисленный аргумент. Программа –2.14 позволяет получить

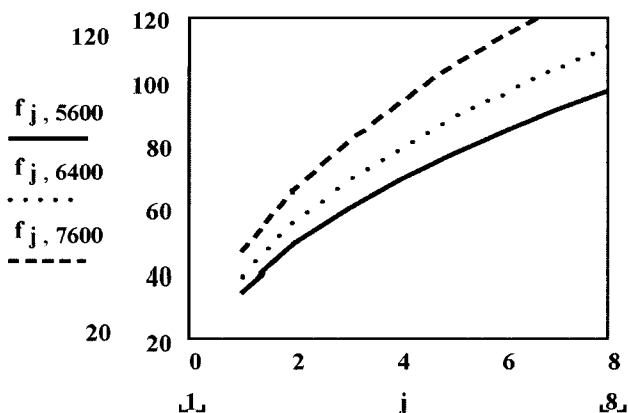


Рис. 4.2. Зависимость между стрелой подъема купола и пролетом

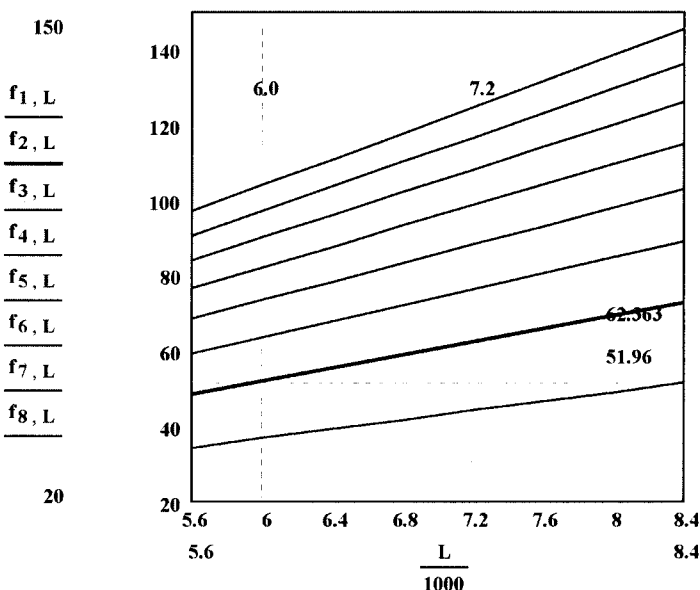


Рис. 4.3. Вариант номограммы для определения стрелы подъема купола опалубки в зависимости от пролета и величины усадки бетона

по заданным значениям усадки и пролета искомое решение задачи как в единичном значении или в матричной форме, так и в виде номограммы.

Для получения единичного решения с использованием номограммы достаточно указать индексы f в виде j и L . Например, для $\epsilon_{sh} = 4 \times 10^{-4}$ и $L = 6000$ мм получим $f_{4,6000} = 73.51$ мм. Для $\epsilon_{sh} = 2 \times 10^{-4}$ и $L = 5400$ мм получим $f_{2,5400} = 46.77$ мм.

4.2. Опалубка и технология возведения плиты перекрытия с предварительным подъемом

Изменение конструктивного решения плиты перекрытия требует не только изменения конструкции опалубки, но и изменения технологии сборки опалубки и изменения всего комплекса бетонных и арматурных работ. Очевидно, что при большом внедрении «купольных» перекрытий окажется необходимым применять специальную опалубку. Однако, для проведения опытного строительства имеется возможность использовать уже существующие варианты опалубки.

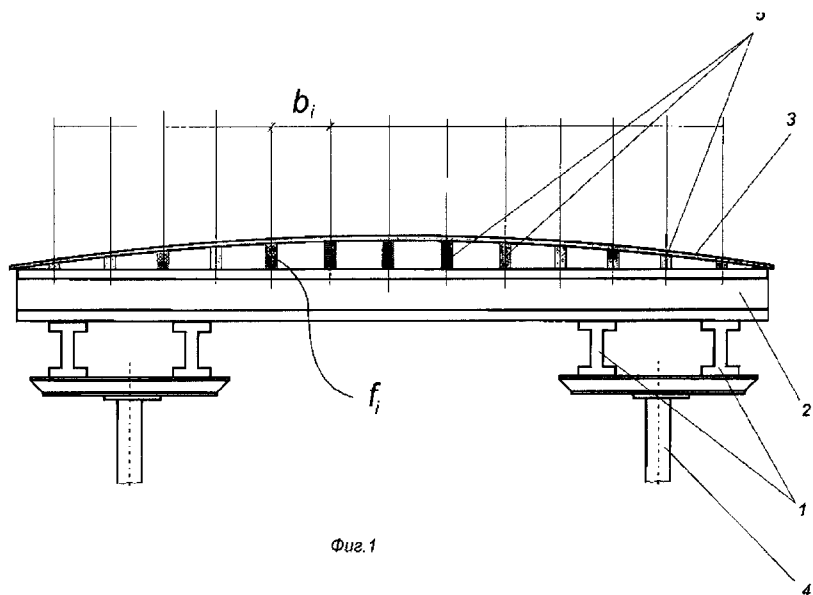
Так как предварительный подъем перекрытия (стрела купола) составляет относительно пролета небольшую величину – $1/150 - 1/100 L$, то оказалось возможным использовать плоские щиты опалубки PERI, изменив их конфигурацию с помощью специальных вставок – дистанцеров, устанавливаемых между опорными балками (фермами) опалубки и плоскими щитами. Такая конструкция опалубки была разработана автором и осуществлена при строительстве офисного здания в г. Тольятти. Представляет интерес то, что переделка плоской опалубки в купольную (сферическую) не представила каких-либо технических сложностей и она, как оказалось, может применяться до разработки серийных вариантов в промышленном масштабе. Это конструктивное решение было защищено патентом РФ [136,137].

Элементы предлагаемой опалубки изображены на рис. 4.4.

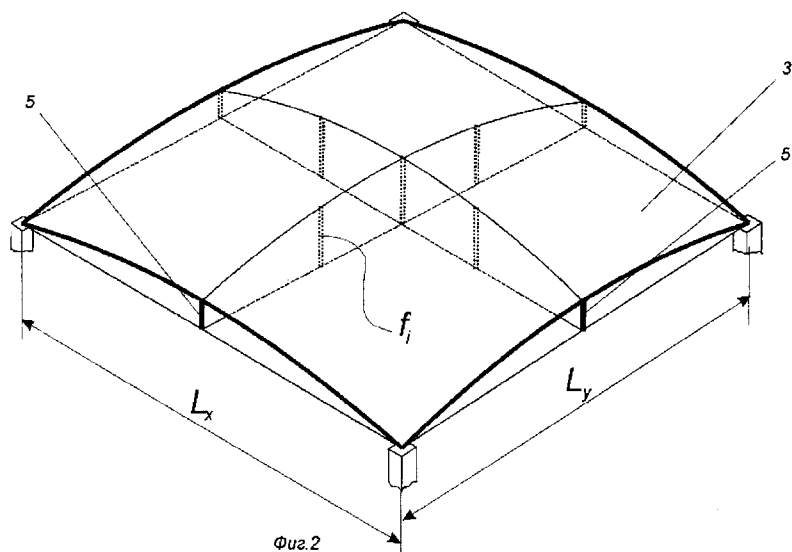
Опалубка содержит продольные балки 1, закреплённые на них поперечные балки 2, рабочую палубу 3 и регулируемые по высоте стойки 4. Опалубка снабжена дистанцерами 5, которые установлены на несущей балке 2 с равномерным шагом, а рабочая палуба 3 может быть выполнена в виде поверхности с различной кривизной и установлена на дистанцерах 5, которые в пространстве образовали ту или иную поверхность. Высота каждого дистанцера 5 выбрана из зависимости, соответствующей бетонируемой поверхности.

В случае бетонирования монолитного перекрытия с цилиндрической поверхностью:

AB – отрезок, через который проходит плоскость стола опалубки, параллельная оси Oy цилиндра, и пересекает ось Oz в точке с координатами $x = 0, y = 0, z = R - f$; Oy – ось цилиндра, направлена горизонтально поверхности стола опалубки перпендикулярно осям Oz и Ox ; L – ширина стола; $DC = f$ – высота строительного подъёма в середине стола; R – радиус основания цилиндрической поверхности; h_i – высота дистанцера опалубки/

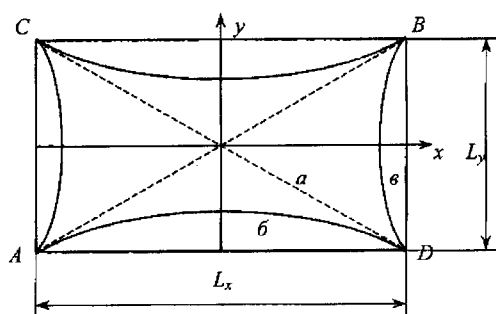


Фиг. 1

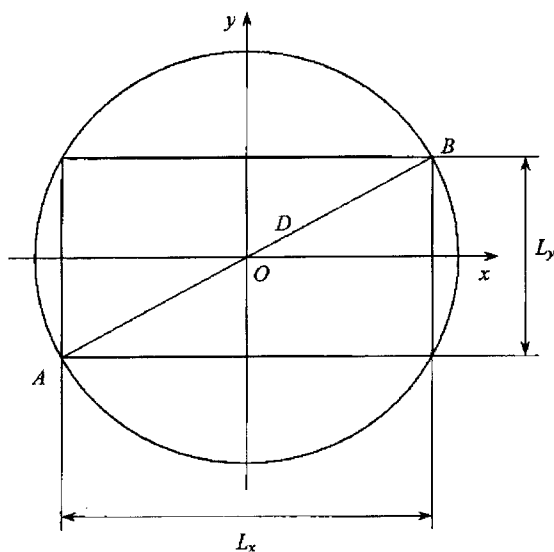


Фиг. 2

Рис. 4.4. Опалубка для бетонирования монолитного перекрытия со строительным подъемом (фиг. 1., 2)

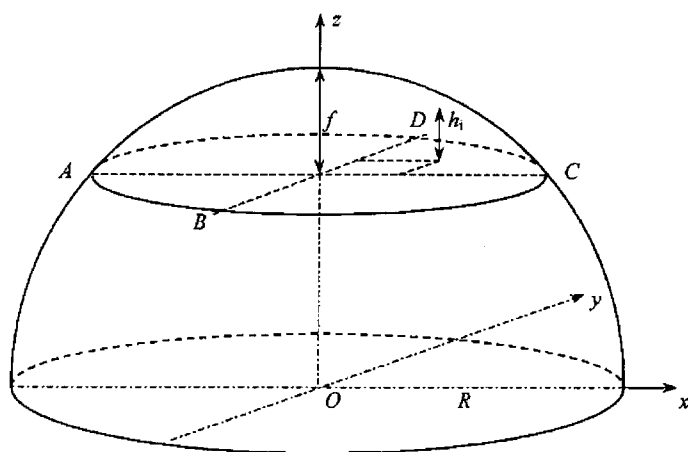


Фиг. 3

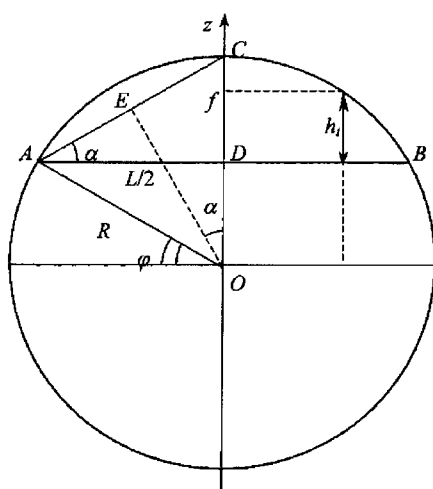


Фиг. 4

Рис. 4.4. Опалубка для бетонирования монолитного перекрытия со строительным подъемом (фиг. 3., 4)

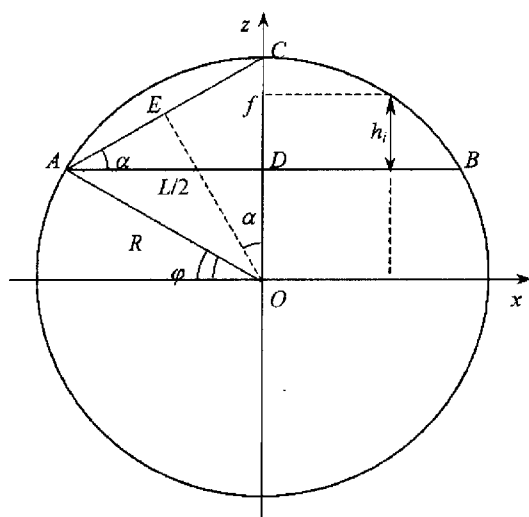


Фиг. 5

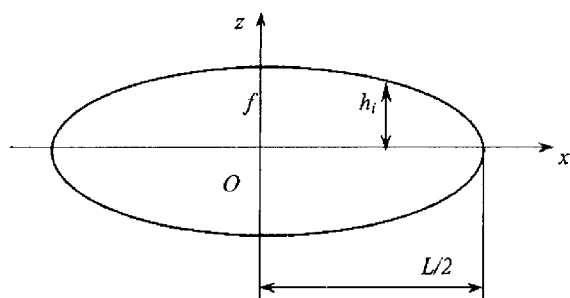


Фиг. 6

Рис. 4.4. Опалубка для бетонирования монолитного перекрытия со строительным подъемом (фиг. 5., 6)



Фиг. 7



Фиг. 8

Рис. 4.4. Опалубка для бетонирования монолитного перекрытия со строительным подъемом (фиг. 7., 8)

Начало координат находится в центре основания цилиндра, ось Oy направлена параллельно его образующим. Искомой высотой дистантера будет являться отрезок h_i , параллельный оси Oz , т. е. расстояние от точки на боковой поверхности цилиндра до плоскости, проходящей через отрезок AB параллельно оси Oy цилиндра. Поскольку основание цилиндрической поверхности есть окружность, то длина отрезка h_i будет равна

$$h_i = z - (R - f).$$

Зная радиус R , длину отрезка f и зависимость координаты z от расстояния по оси x , можно определить h_i .

Найдём радиус R . (4.2.1.)

Рассмотрим прямоугольный треугольник CAD . Угол ADC этого треугольника является прямым. Обозначим угол CAD как α .

Для него

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f}{L/2},$$

отсюда

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{f}{L/2}.$$

Из рисунка видно, что

$$R \cos \varphi = L/2,$$

Рассмотрим треугольник CAO . Он равнобедренный, поскольку две его стороны AO и OC равны радиусу R . Биссектриса OE делит угол AOC пополам, образуя с радиусом сферы CO угол φ . А также отрезок OE делит основание AC треугольника CAO пополам, значит

$$\varphi = 90^\circ - 2\alpha,$$

$$\cos(90^\circ - 2\alpha) = \sin 2\alpha,$$

$$R = \frac{L}{2 \sin 2\alpha}.$$

Подставляем в это выражение формулу для угла :

$$R = \frac{L}{2 \sin(2 \operatorname{arctg} \frac{f}{L/2})} \quad (4.2.2)$$

Поскольку f зависит от L по следующему закону:

$$f \geq \frac{1,3}{200} L, \quad (4.2.3)$$

то формула (4.2.2) будет выглядеть следующим образом:

$$R = k_2 L, \quad (4.2.4)$$

где $k_2 = R/L = 19,23402 = \text{const.}$

Определим зависимость координаты z от расстояния по оси Ox .

Для этого воспользуемся каноническим уравнением окружности

$$\frac{x^2}{R^2} + \frac{z^2}{R^2} = 1$$

Выражая z , получаем искомую зависимость:

$$z = \sqrt{R^2 - x^2} \quad (4.2.5)$$

Подставляем зависимость (4.2.5) в формулу (4.2.1).

Получаем:

$$h_i = \sqrt{R^2 - x^2} - (R - f),$$

где радиус основания цилиндрической поверхности рассчитывается по формуле (1.4), а величина $(R - f)$ на основании зависимостей (4.2.3) и (4.2.4) равна

$$(19,23402 - 1,3/200) L = k_3 L,$$

где $k_3 = 19,22752 = \text{const.}$

Получаем

$$h_i = \sqrt{(k_2 L)^2 - x^2} - k_3 L,$$

где $k_2 = 19,23402$, а $k_3 = 19,22752$.

Таким образом, подставляя в формулу (4.2.6.) ширину стола и координату на оси Ox находим искомую высоту дистанцера опалубки цилиндрической формы.

Пример. Ширина стола $L=5400$

Строительный подъём в центре $f=35,1$

Радиус цилиндра $R=103863,7$

Шаг по оси x : 500

$$h_i = 35,1 \quad 33,9 \quad 30,3 \quad 24,3 \quad 15,8 \quad 5,0$$

В случае бетонирования перекрытия в форме эллиптического цилиндра. Опускаем плоскость AB на фиг. 7 на плоскость xOy . Получаем эллипс. На фиг. 8 изображено основание такого цилиндра.

Рассмотрим эллипс, полуоси которого соответственно равны $L/2$ и f . Уравнение эллипса имеет вид:

$$\frac{x^2}{(L/2)^2} + \frac{z^2}{f^2} = 1.$$

Отрезок h_i равен координате z . Из уравнения эллипса:

$$h_i = z = f \sqrt{1 - \frac{x^2}{(L/2)^2}}. \quad (4.2.7)$$

Используя соотношение (4.2.3), получаем

$$h_i = z = \frac{1,3}{200} \sqrt{L^2 - 4x^2}. \quad (4.2.8)$$

Для случаев круглого и эллиптического оснований цилиндра:

при $x = 0$ $h_i = f$;

при $x = L/2$ $h_i = 0$;

При $x = -L/2$ $h_i = 0$.

Высота дистанцера опалубки для любого цилиндра от координаты y не зависит.

Таким образом, подставляя в формулу (4.2.8) ширину стола и координату на оси Ox , находим искомую высоту дистанцера опалубки формы эллиптического цилиндра.

В случае, когда бетонируемая поверхность является сферической, высоты дистанцеров опалубки рассчитываются в зависимости от двух горизонтальных координат x и y . На фиг. 5 изображена сферическая поверхность с координатными осями Ox , Oy , Oz . Начало координат совпадает с центром сферы.

$ABCD$ – плоскость, совпадающая с плоскостью стола опалубки, параллельная плоскости xOy , пересекает ось Oz в точке с координатами $x = 0$, $y = 0$, $z = R - f$;

f – высота строительного подъема в середине стола, лежит на оси Oz ;

R – радиус сферы;

h_i – высота дистанцера опалубки;

Искомой высотой дистанцера опалубки будет являться отрезок h_i , параллельный оси Oz , т. е. расстояние от точки на поверхности сферы до плоскости $ABCD$. Длина отрезка h_i равна

$$h_i = z - (R - f).$$

Зная радиус R , длину отрезка f и зависимость координаты z от горизонтальных координат x и y , можно определить h_i .

Определим радиус сферы.

Рассмотрим сечение плоскостью $ABCD$ фиг.5

Сечение плоскостью $ABCD$ есть циркульная кривая. Стол опалубки лежит в секущей плоскости $ABCD$. Угловые точки стола расположены на поверхности сферы, т. е. стол вписан в окружность секущей плоскости.

L_x – размер стола по оси Ox ;

L_y – размер стола по оси Oy ;

D – диагональ стола.

Диагональ D равна:

$$D = \sqrt{L_x^2 + L_y^2}.$$

На фиг. 6 изображено сечение сферы плоскостью, проходящей через диагональ стола и ось Oz .

Радиус сферы находится аналогично случаю с цилиндром:

$$R = \frac{D}{2 \sin(2 \arctg \frac{f}{D/2})}. \quad (4.2.9)$$

Поскольку величина f связана с диаметром стола соотношением

$$f \geq \frac{1,3}{200} D,$$

то формула (4.2.9) будет выглядеть следующим образом:

$$R = k_2 D = k_2 \sqrt{L_x^2 + L_y^2}, \quad (4.2.10)$$

где $k_2 = R/D = 19,23402 = const$

AB – диагональ стола.

Определим зависимость величины z от горизонтальных координат x и y . Каноническое уравнение сферы имеет вид:

$$\frac{x^2}{R^2} + \frac{y^2}{R^2} + \frac{z^2}{R^2} = 1,$$

где R – радиус сферы;

x, y – горизонтальные координаты точки на поверхности сферы;

z – вертикальная координата точки на поверхности сферы.

Выражая величину z из канонического уравнения сферы

$$z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$$

и подставляя её в выражение (4.2.1) для h_i , получаем формулу для определения высоты дистансера в зависимости от радиуса сферы R и горизонтальных координат x и y :

$$h_i = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2} - (R - f),$$

где радиус сферической поверхности рассчитывается по формуле (2.4), а величина $(R - f)$ на основании зависимостей (2.3) и (2.4) равна

$$(19,23402 - 1,3/200) D = k_3 D = k_3 \sqrt{L_x^2 + L_y^2},$$

где $k_3 = 19,22752 = \text{const.}$

Получаем

$$h_i = \sqrt{k_2^2 (L_x^2 + L_y^2) - x^2 - y^2} - k_3 \sqrt{L_x^2 + L_y^2} \quad (4.2.11)$$

где $k_2 = 19,23402$, а $k_3 = 19,22752$,

при $x = 0, y = 0$ $h_i = f$;

при $x = L_x/2, y = L_y/2$ $h_i = 0$;

при $x = -L_x/2, y = L_y/2$ $h_i = 0$;

при $x = L_x/2, y = -L_y/2$ $h_i = 0$;

при $x = -L_x/2, y = -L_y/2$ $h_i = 0$;

Таким образом, подставляя в формулу (4.2.11) размеры стола и координаты на осях Ox и Oy , находим искомую высоту дистанцера опалубки.

Пример. Сторона стола $L_x = 5400$
 Сторона стола $L_y = 6000$
 Строительный подъём $f = 52,5$
 Радиус сферы $R = 155260,4$
 Шаг по оси x : 500 Шаг по оси y : 500

h_i	52,5	51,7	49,3	45,2	39,6	32,3
	51,7	50,9	48,4	44,4	38,8	31,5
	49,3	48,4	46,0	42,0	36,4	29,1
	45,2	44,4	42,0	38,0	32,3	25,1
	39,6	38,8	36,4	32,3	26,7	19,5
	32,3	31,5	29,1	25,1	19,5	12,2
	23,5	22,7	20,3	16,2	10,6	3,4

В случае бетонирования монолитного перекрытия в форме составной поверхности, т. е. составленной из двух цилиндров и сферы.

Сферическая поверхность пересекает две цилиндрические поверхности. Центр сферы расположен в начале координат. Центральная ось одного цилиндра параллельна координатной оси Ox , центральная ось другого – координатной оси Oy . Поверхности расположены так, что оси цилиндров перпендикулярны друг другу и перпендикулярны оси Oz сферы. Плоскость, совпадающая с плоскостью стола опалубки, является общей секущей плоскостью для двух цилиндров и сферы.

На фиг. 3 изображен стол опалубки (вид сверху). Сплошными линиями показаны пересечения сферы с цилиндрами. Эти линии выходят из углов и проходят на некоторой высоте над столом.

Рассмотрим четверть стола, ограниченную проекциями координатных осей Ox и Oy и содержащую области а, б, и в (фиг. 3).

Когда горизонтальные координаты x и y принадлежат области б, высоты дистанцеров опалубки рассчитываются по формуле для цилиндра:

$$h_i = \sqrt{(k_2 L_x)^2 - x^2} - k_3 L_x. \quad (4.2.12)$$

Когда горизонтальные координаты x и y принадлежат области в, высоты дистанцеров опалубки рассчитываются по формуле для цилиндра:

$$h_i = \sqrt{(k_2 L_y)^2 - y^2} - k_3 L_y. \quad (4.2.13)$$

Когда горизонтальные координаты x и y принадлежат области а, высоты дистанцеров опалубки рассчитываются по формуле для сферы:

$$h_i = \sqrt{k_2^2 (L_x^2 + L_y^2) - x^2 - y^2} - k_3 \sqrt{L_x^2 + L_y^2}. \quad (4.2.14)$$

где $k_2 = 19,23402$, а $k_3 = 19,22752$.

В линиях пересечения сферы и цилиндров высоты дистанцеров равны и могут быть рассчитаны по формулам (4.2.12) или (4.2.13), в зависимости от того, с каким цилиндром пересекается сфера в рассматриваемой области.

Высоты дистанцеров опалубки рассчитываются следующим образом.

Вычисляется высота на координате $x = x_1$, $y = y_1$ для цилиндров по формулам (4.2.12) и (4.2.13) и для сферы по формуле (4.2.14). Высота дистанцера рабочей палубы опалубки на данной координате будет равна той высоте, которая будет больше.

Для составной поверхности

при $x = 0, y = 0 \quad h_i = f$;

при $x = L_x/2, y = L_y/2 \quad h_i = 0$;

при $x = -L_x/2, y = L_y/2 \quad h_i = 0$;

при $x = L_x/2, y = -L_y/2 \quad h_i = 0$;

при $x = -L_x/2, y = -L_y/2 \quad h_i = 0$.

Поскольку поверхности, принадлежащие другим четвертям, симметричны рассмотренной, то высоты для них будут рассчитываться аналогично.

Пример. Сторона стола $L_x = 6000$

Сторона стола $L_y = 5400$

Строительный подъём $f = 52,5$

Строительный подъём на координате $x = L_x/2, y = 0: f_x = 35,1$

Строительный подъём на координате $y = L_y/2, x = 0: f_y = 39,0$

Шаг по оси x : 500 Шаг по оси y : 500

$h_i =$	52,5	51,7	49,3	45,2	39,6	35,1	35,1
	51,7	50,9	48,4	44,4	38,8	33,9	33,9
	49,3	48,4	46,0	42,0	36,4	30,3	30,3
	45,2	44,4	42,0	38,0	32,3	25,1	24,3
	39,6	38,8	36,4	32,3	26,7	19,5	15,8
	39,0	37,9	34,7	29,3	21,7	12,2	5,0

Пример. Сторона стола $L_x = 5400$

Сторона стола $L_y = 7500$

Строительный подъём $f = 60,1$

Строительный подъём на координате $x = L_x/2, y = 0: f_x = 48,8$

Строительный подъём на координате $y = L_y/2, x = 0: f_y = 35,1$

Шаг по оси x : 500 Шаг по оси y : 500

$h_i =$	60,1	59,4	57,3	53,7	48,8	48,8
	59,4	58,7	56,6	53,0	48,1	47,9
	57,3	56,6	54,4	50,9	46,0	45,3
	53,7	53,0	50,9	47,4	42,5	41,0
	48,8	48,1	46,0	42,5	37,6	34,9
	42,5	41,8	39,7	36,2	31,2	27,1
	35,1	34,1	31,9	28,4	23,5	17,6
	35,1	33,9	30,3	24,3	15,8	8,0

Сборку опалубки осуществляют следующим образом.

На регулируемые по высоте стойки 4 укладывают спаренные продольные несущие балки 1 и закрепляют их. Затем на несущие балки 1 с расчётным шагом устанавливают поперечные несущие балки 2 и также закрепляют их на продольных несущих балках 1. После этого на несущих балках 2 также с расчётным шагом устанавливают дистанцеры 5, высота которых рассчитана по соответствующей бетонируемой поверхности зависимости. Дистанцеры 5 размещают на несущих балках 2 так, чтобы они в пространстве образовали определённую для бетонирования поверхность, на которую затем устанавливают рабочую палубу 3. Закрепляют рабочую палубу 3 на дистанцерах.

Для обеспечения точности расчетов высот дистанцеров и снижении затрат времени была разработана специальная программа для ЭВМ [Свидетельство 2001610762].

Особый интерес, по мнению автора данной работы, для обеспечения необходимой жесткости перекрытия и исключения влияния усадочных деформаций, представляет идея создания опалубки с регулируемыми параметрами по высоте. На один из вариантов такой опалубки был получен патент РФ [2227196]. Сущность изобретения заключается в том, что стрелу подъема выполняют посредством опалубки с рабочей палубой в виде герметичной подвижной камеры, основание которой делают жестким, а рабочую поверхность гибкой. Камеру заполняют жидкостью и, тем самым, придают рабочей поверхности форму оболочки с расчетной стрелой подъема. Оболочку выдерживают под постоянным давлением до набора бетоном соответствующей прочности, затем для снижения усадочных деформаций или закрытия усадочных трещин уменьшают стрелу подъема оболочки путем поэтапного откачивания жидкости. Этапы выбирают соотносясь с набором бетоном прочности – более 25%, 35%, 50% и т.д. Такой подход, в отличие от жесткого исполнения купольной опалубки позволяет компенсировать усадочные явления по мере их проявления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов Л.Д., Аммосов Н.Г., Бадьин Г.М. Технология строительного производства. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. - 606 с.
2. Атаев С.С., Данилов Н.Н., Прыкин Б.В. и др. Технология строительного производства: Учебник для вузов / М.: Стройиздат, 1984. - 599 с.
3. Афанасьев А.А. Интенсификация работ по возведению зданий и сооружений из монолитного бетона - М.: Стройиздат, 1990. - 384 с.
4. Афанасьев А.А. Бетонные работы: Учеб. для проф. обучения рабочих на пр-ве. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1991. - 288 с.
5. Бондаренко В.М., Бакиров Р.О., Назаренко В.Г., Римшин В.И. Железобетонные и каменные конструкции: Учебн. для строит. спец. вузов/ - 3-е изд., М.: Высшая школа, 2004 - 876 с.
6. Волков Ю., Звездов А. Бетон - основа для современных небоскребов. Всероссийский отраслевой журнал / Строительство. - 2004. - № 5.
7. ГОСТ 21779-82. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве.
8. ГОСТ 23477-79. Опалубка разборно-переставная мелкощитовая инвентарная для возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Переизд. Декабрь 1989 г.
9. ГОСТ 23478-79. Опалубка для возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Переизд. Июль 1993 г.
10. Данилов Н.Н., Чернов Т.П., Руффель Н.А. и др. Технология строительного производства. Учебн. для вузов. Под общ. ред. Данилова Н.Н. М.: Стройиздат, 1977. - 440 с.
11. Евдокимов Н.И., Мацкевич А.Ф., Сытник В.С. Технология монолитного бетона и железобетона: Учебн. пособие для строительных вузов. - М.: Высш. Школа, 1980. - 335 с.
12. Коршунова А.П., Муштаева Н.Е., Николаев В.А., Сенаторов Н.Я. Технология строительного производства: Учебник для вузов / Под ред. Сенаторова Н.Я. - М.: Стройиздат, 1982. - 288 с.
13. Патент на изобретение № 2179221 от 10 февраля 2002 г. - Опалубка. Автор: Анпилов С.М.
14. Политехнический словарь. Гл. ред. И.И. Артоболевский. М.: Советская Энциклопедия. 1977. - 608 с.

15. Прозоров В.В., Кунгурцев А.К., Лавров М.Ф. Железобетонные, монтажные, асфальтобетонные и изоляционные работы. ЛВВИ-СКУ, 1986. - 460 с.
16. Руководство по опалубочным системам PASCHAL. - Германия, 2001. - 289 с.
17. Руководство по опалубочным системам НОЕ ШАЛЬТЕХНИК. - Германия, 2000. - 272 с.
18. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. Минстрой России. - М.: ГП ЦПП, 1996.
19. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции / Госстрой СССР. М.: АПП ЦИТП, 1991. - 192 с.
20. СНиП 3.04.01-87. Изоляционные и отделочные покрытия.
21. СНиП III-15-76. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Правила производства и приемки работ.
22. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть I. Общие требования.
23. СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.
24. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения / Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2004. - 24 с.
25. Соколов Г.К. Технология и организация строительства: Учебник / - М.: Издательский центр "Академия", 2002. - 528 с.
26. Справочник PERI TRIO. - Германия, № 9 2002. - 81 с.
27. Справочник PERI. Опалубки и леса. - Германия, 2003. - 351 с.
28. Справочник PERI MULTIFLEX. - Германия, 1996. - 53 с.
29. Справочник VARIO. - Германия, 2000. - С. 318...319.
30. Теличенко В.И., Лapidус А.А., Терентьев О.М., Соколовский В.В. Технология возведения зданий и сооружений: Учебн. для строит. вузов / М.: Высш. шк., 2004. - 446 с.
31. Технология опалубки PERI. Базовый учебный материал. - Германия, 2004. - 39 с.
32. Шмит О.М. Опалубки для монолитного бетона. / Пер. с нем. Айнгорн Л.М.; под ред. Евдокимова Н.И. - М.: Стройиздат, 1987. - 160 с.
33. DIN 18 202 (промышленный стандарт). - Germany. 1998.
34. DIN 68 705 (промышленный стандарт). - Germany.
35. DIN EN 314-2 (Европейские нормы). - Germany.
36. DIN EN 1065 (Европейские нормы). - Germany. 1995.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	7
1.1. Классификация опалубок	8
1.2. Требования к опалубкам	12
1.3. Основные элементы опалубки	14
1.3.1. Палуба	14
1.3.1.1. Доски для опалубки	14
1.3.1.2. Деревянные щиты опалубки	16
1.3.1.3. Крупноразмерные щиты опалубки из клееной древесины	17
1.3.1.4. Древесностружечные плиты	20
1.3.1.5. Древесноволокнистые плиты	21
1.3.1.6. Стальные опалубки	22
1.3.1.7. Алюминиевые опалубки	23
1.3.1.8. Металлическая сетка	23
1.3.1.9. Пластмассы для опалубки	24
1.3.1.10. Матрицы	25
1.3.2. Элементы поддерживающих конструкций	25
1.3.2.1. Крепление вертикальных поверхностей опалубки ..	25
1.3.2.2. Опоры опалубки	35
1.3.2.3. Балки	39
1.4. Расчет давления бетонной смеси на конструкции опалубок	44
1.4.1. Расчет по методике СНиП III-15-76 (Россия)	45
1.4.2. Расчет по методике DIN 18218 (Германия)	46
1.4.3. Расчет по методике CIRIA-REPORT 108 (Великобритания)	49
1.4.4. Расчет по методике CIB-FIB-CEB (Франция)	50
1.4.5. Расчет по методике ACI 347R (США)	52
1.4.6. Примеры расчета	53
1.5. Меры по снижению сцепления бетона с опалубкой, очистка опалубки	58
ГЛАВА 2. КОНСТРУКЦИИ ОПАЛУБОК	67
2.1. Разборно-переставные опалубки	67
2.1.1. Опалубки стен и колонн	67
2.1.1.1. Мелкощитовая опалубка	67
2.1.1.2. Крупнощитовая опалубка	76
2.1.2. Опалубка перекрытий	94
2.2. Горизонтально перемещаемые опалубки	105
2.2.1. Катучая опалубка	105

2.1.1.1. Мелкощитовая опалубка	67
2.1.1.2. Крупнощитовая опалубка	76
2.1.2. Опалубка перекрытий	94
2.2. Горизонтально перемещаемые опалубки	105
2.2.1. Катучая опалубка	105
2.2.2. Объемно-переставная опалубка	108
2.2.3. Тоннельная опалубка	114
2.2.3.1. Многоцелевая объемная опалубка фирмы «НОЕ» ..	114
2.2.3.2. Тоннельная опалубка фирмы «Утинор»	116
2.3. Вертикально перемещаемые опалубки	121
2.3.1. Подъемно-переставная опалубка	121
2.3.2. Скользящая опалубка	124
2.3.3. Блок-формы	132
2.3.4. Блочная опалубка	134
2.3.5. Крупноблочная опалубка для шахт	137
2.4. Специальные опалубки	138
2.4.1. Пневматическая опалубка	138
2.4.2. Несъемная опалубка	141
2.4.3. Греющие опалубки	145
2.5. Охрана труда	147
ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЯ ОПАЛУБКИ PERI	149
3.1. Общие сведения	149
3.1.1. Нагрузки на опалубку	149
3.1.2. Подход к раскладке опалубки	151
3.1.3. Правила обращения с системными опалубками	152
3.2. PERI TRIO – рамная опалубка для стен и фундаментов	156
3.2.1. Общие положения	156
3.2.2. Правила раскладки	160
3.2.2.1. Прямые углы	160
3.2.2.2. Непрямые углы	164
3.2.2.3. Разветвление стен	164
3.2.2.4. Изменение толщины стены	165
3.2.2.5. Смещение стены	167
3.2.2.6. Колонны, бетонируемые вместе со стенами	168
3.2.2.7. Торцевые концевки	168
3.2.2.8. Опалубка прямых стен между углами и добор зазора	171
3.2.2.9. Опалубка лифтовых шахт	172
3.2.2.10. Особенности устройства опалубки фундаментов ..	173
3.2.3. Расстановка замков	175
3.2.4. Расстановка тяжей	176

3.2.5. Нарращивание элементов опалубки	177
3.2.6. Подкосы опалубки	178
3.2.7. Указания по технике безопасности.....	179
3.2.8. Отличие опалубочных систем TRIO и TRIO 330	179
3.3. PERI MULTIFLEX – балочная опалубка перекрытий	180
3.3.1. Элементы опалубки перекрытия	180
3.3.1.1. Рабочий слой палубы	180
3.3.1.2. Балки опалубки перекрытия и стен	182
3.3.1.3. Стойки	182
3.3.1.4. Вспомогательные и монтажные приспособления ...	183
3.3.2. Расчет опалубки MULTIFLEX	183
3.3.2.1. Методика расчета опалубки перекрытия	183
3.3.2.2. Расчет допустимых пролетов фанеры палубы опалубки	185
3.3.2.3. Определение пролета поперечных балок опалубки	193
3.3.2.4. Определение шага стоек	197
3.3.2.5. Проверка и выбор стоек	201
3.3.2.6. Сравнение вариантов	207
3.3.2.7. Торцевые опалубки	208
3.3.2.8. Опалубка ригелей	211
3.3.2.9. Опалубливание высоких помещений	218
3.3.3. Монтаж и демонтаж опалубки MULTIFLEX	218
3.3.4. Временная поддержка	223
3.3.5. Техника безопасности при опалубливании перекрытий	225
3.4. Столы для перекрытия	226
3.4.1. Общие сведения	226
3.4.2. Конструкции столов	228
3.4.2.1. Столы на поворотных головках	228
3.4.2.2. Столы UNIPORTAL	230
3.4.2.3. Стыковка столов и добор	233
3.4.3. Сборка, монтаж и перестановка столов	234
3.4.3.1. Сборка столов	234
3.4.3.2. Монтаж и перестановка столов	234
3.4.3.3. Техника безопасности при работе со столами UNIPORTAL	235
3.5. MULTIPROP – стойки, башни	236
3.5.1. Общие сведения и несущая способность	236
3.5.2. Монтаж башен	240
3.6. VARIO – опалубка колонн	245

3.6.1. Общие сведения.....	245
3.6.2. Несущая способность	246
3.7. Самоподъемные леса ACS.....	248
3.7.1. Общие сведения.....	248
3.7.2. Несущая способность	251
3.8. Трудозатраты по устройству опалубок.....	253
ГЛАВА 4. НОВОЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ	
ОПАЛУБОЧНЫХ СИСТЕМ.....	255
4.1. Разработка конструктивного решения и технологии возведения плиты перекрытия с предварительным подъемом ..	256
4.2. Опалубка и технология возведения плиты перекрытия с предварительным подъемом	260
ЛИТЕРАТУРА.....	273