



**Н.И. ЕВДОКИМОВ
А.Ф. МАЦКЕВИЧ
В.С. СЫТНИК**

**ТЕХНОЛОГИЯ
МОНОЛИТНОГО
БЕТОНА И
ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

Н. И. ЕВДОКИМОВ,
А. Ф. МАЦКЕВИЧ,
В. С. СЫТНИК

ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов
строительных специальностей
высших учебных заведений



Москва «Высшая школа» 1980

ББК 38.53
Е15
УДК 691.3(075)

Рецензенты:

кафедра «Технология строительного производства» Московско-
го инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева;
кафедра «Технология строительного производства» Ростовского
инженерно-строительного института.

Евдокимов Н. И., Мацкевич А. Ф., Сытник В. С.

Е15 **Технология монолитного бетона и железобетона:**
Учеб. пособие для строительных вузов. — М.: Высш.
школа, 1980. — 335 с., ил.

В пер.: 95 к.

В книге рассмотрен комплекс технологических процессов по возведению конструкций гражданских зданий и сооружений из монолитного и сборно-монолитного железобетона и дан краткий анализ экономических показателей этого вида строительства. Издание предназначено в качестве учебного пособия к курсу «Технология строительного производства» для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство», его могут использовать также студенты других строительных специальностей.

Е **30207—093**
001(01)—80 108—80 3203000000

6С3
ББК 38.53

© Издательство «Высшая школа», 1980

ПРЕДИСЛОВИЕ

В этой книге сделана попытка обобщить опыт строительства зданий и сооружений из монолитного и сборно-монолитного железобетона, накопленный в последнее десятилетие в СССР и зарубежных странах.

В первом разделе книги описаны современные виды эффективных опалубок, применяемых для бетонирования монолитных конструкций в нашей стране и за рубежом. Рассмотрены способы расчета опалубки, принципы конструирования, методика технико-экономической оценки вариантов опалубки и рациональные условия применения ее видов, а также технология опалубочных работ.

Во втором разделе рассмотрены способы изготовления и монтажа арматуры, технология бетонирования различных конструкций. В третьем — пятом разделах подробно изложены вопросы технологии строительства зданий и сооружений из монолитного бетона и железобетона, а также особенности производства работ зимой и в условиях сухого и жаркого климата. Приведены сведения по комплексной механизации и автоматизации бетонных работ, рассмотрены основные пути снижения трудоемкости и повышения качества монолитного железобетона.

Основная цель книги — подробно ознакомить будущих инженеров-строителей с особенностями возведения зданий и сооружений из монолитных и сборно-монолитных конструкций, а также помочь им выбрать рациональные условия применения этого вида строительства.

Учебное пособие написано в соответствии с программой курса «Технология строительного производства», утвержденной Учебно-методическим управлением по вузам МВ и ССО СССР 24 октября 1966 г.

Главы 1, 2, 4, 5, 10, 11, 17 и 18 написаны канд. техн. наук Н. И. Евдокимовым; введение, § 5 гл. 1, главы 3, 6, 7, 8, 9, 12—16 и 19, 20 — доц., канд. техн. наук А. Ф. Мацкевичем; глава 21 — канд. техн. наук В. С. Сытником.

Авторы выражают искреннюю благодарность преподавателям кафедры «Технология строительного производства» Московского инженерно-строительного института (зав. кафедрой — проф., д-р техн. наук Т. М. Штоль) и кафедры «Технология строительного производства» Ростовского инженерно-строительного института (зав. кафедрой — доц., канд. техн. наук Ю. П. Кузнецов) за советы, высказанные ими при рецензировании рукописи.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений технического прогресса в строительстве является широкое внедрение конструкций из монолитного и сборно-монолитного бетона и железобетона. В постановлении Совета Министров СССР «О некоторых мерах по повышению технического уровня производства железобетонных конструкций и более эффективному использованию их в строительстве», принятом в январе 1977 г., было указано, что в ряде случаев допускалась необоснованная замена монолитных железобетонных конструкций сборными, что влекло за собой увеличение сметной стоимости строительства.

К 1980 г. выпуск сборных железобетонных конструкций предполагается довести до 135 млн. м³, объем же монолитного железобетона возрастет до 120—125 млн. м³. Столь значительные объемы монолитного бетона объясняются существенными преимуществами этого строительного материала.

Широкое применение бетона в строительстве началось во второй половине XIX в. в связи с появлением принципиально нового строительного материала — железобетона. Значительным этапом применения железобетона в России можно считать организацию в Москве Акционерного общества бетонных работ в 1891 г. В тот период в России и за рубежом были сделаны первые попытки механизировать приготовление бетонных смесей и усовершенствовать способы бетонирования.

Большой вклад в изучение свойств цементов в конце прошлого века внесли русские ученые А. А. Байков, Р. А. Шуляченко, Н. А. Белелюбский, В. И. Чарномский и др. В 1881 г. в России были опубликованы первые нормы на цемент (Н. А. Белелюбский, И. Г. Малюга), тогда как первый английский стандарт на цемент был издан на четверть века позже.

Проф. И. Г. Малюга занимался подбором оптимальных составов бетонных смесей, а также изучал влияние различных способов укладки на прочность и долговечность бетонных сооружений. Совместно с французским ученым Фере в 1890-х годах он открыл зависимость прочности бетона от водоцементного отношения.

В 1912 г. проф. Н. А. Житкевич выпустил фундаментальный труд «Бетон и бетонные работы», в котором большое внимание уделено вопросам технологии бетона и железобетона (выбор заполнителей, подбор составов, приготовление бетонных смесей, способы бетонирования, расчет опалубки и др.).

Широкое распространение в нашей стране получило строительство из железобетона после Великой Октябрьской социалистической революции. Уже первые крупные стройки, намеченные Ленинским планом ГОЭЛРО,— Шатурская, Каширская и Волховская электростанции — возводились с применением монолитного железобетона.

В годы первых пятилеток в СССР были созданы мощные строительные организации, специализирующиеся на возведении объектов из монолитного железобетона (тресты «Бетонстрой», «Теплобетон», «Промзернострой» и др.). За предвоенные годы была создана мощная цементная промышленность, начат выпуск машин и механизмов для приготовления и уплотнения бетона; впервые в мире начали применяться у нас методы зимнего бетонирования и эффективная многократно оборачиваемая опалубка.

В 1930—1940 гг. успешно развивалась теория бетона. Академиком А. А. Байковым проводились фундаментальные исследования по вопросам твердения и гидратации цементов. Науку о цементах обогатили работы П. П. Будникова, В. Н. Юнга и др. Методы расчетов оптимальных составов бетонов разрабатывались Н. Е. Беляевым, Б. Г. Скрамтаевым, К. С. Завриевым и др. Значительные теоретические исследования в области зимнего бетонирования были выполнены И. А. Кириенко, В. Н. Сизовым, С. А. Мироновым и др.

Советские ученые много работают над созданием опалубки для бетонирования монолитных конструкций и сооружений. Так, в 1924 г. по инициативе проф. М. В. Вавилова было начато внедрение скользящих опалубок на строительстве элеваторов. Позже такую опалубку стали применять при возведении мостовых устоев, дымовых труб и т. п. Раньше, чем в других странах, железобетонная опалубка-облицовка была внедрена в СССР на строительстве первенцев отечественной гидроэнергетики.

В первые послевоенные годы на строительстве крупных гидротехнических сооружений ежегодно укладывались миллионы кубометров монолитного железобетона. С 1955 г. началось широкое внедрение в нашей стране сборного железобетона, вследствие чего уменьшилось внимание к проблемам монолитного. Сентябрьский Пленум ЦК КПСС (1965 г.) поставил перед строителями задачу выбирать те или иные решения, исходя из точных технико-экономических расчетов, подтвержденных практикой. Это относится прежде всего к рациональному, научно обоснованному соотношению между сборным и монолитным железобетоном, возведению сборно-монолитных конструкций зданий и сооружений наряду с полностью сборными.

На восьмой Всесоюзной конференции по бетону и железобетону в 1977 г. были намечены новые задачи по совершенствованию железобетонных конструкций и их технологии. Вопросы совершенствования технологии монолитного железобетона и обобщения передового опыта занимают многие ученые НИИЖБа, ЦНИИОМТП, ЦНИИЭП жилища, десятков вузов, а также инженеры строительных и проектных организаций.

Значительные успехи в строительстве монолитных зданий и сооружений достигнуты в послевоенные годы в США, Англии, Франции, Японии, ФРГ и других зарубежных странах.

Из монолитного железобетона экономически выгодно возводить фундаменты под здания и технологическое оборудование, массивные стены гидротехнических и промышленных сооружений, тоннели и каналы, ростверки, полы, покрытия автомобильных дорог. Новой областью становится монолитное домостроение.

По данным ЦНИИЭП жилища, объем монолитного домостроения в десятой пятилетке достигнет 1,5—2,5 млн. м² полезной площади в год. Возведение монолитных зданий и сооружений ведется с применением скользящей, объемно-переставной, крупнощитовой и других эффективных опалубок.

Монолитные жилые и общественные здания придают большую выразительность районам массового строительства в специфичных условиях их возведения (в особенности на стесненных участках, в условиях горной местности, при отсутствии мощной базы сборного домостроения и т. п.), позволяют снизить стоимость строительства на 10—15%, а капитальные вложения уменьшить на 20—25% при одинаковых суммарных затратах труда на заводе и строительных площадках. Вследствие повышенной жесткости и трещиностойкости монолитные здания целесообразно возводить на просадочных грунтах и подрабатываемых территориях, а также в сейсмичных районах.

Ввиду всех этих преимуществ зданий из монолитного и сборно-монолитного железобетона конструкции и современные способы их возведения заслуживают самого пристального изучения будущими инженерами-строителями.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Термином «опалубка» обозначают несущие, поддерживающие и формообразующие элементы из различных материалов и разной конструкции, которые после установки в рабочее положение образуют форму для укладки бетонной смеси, соответствующую конфигурации и размерам конструкций. Эти конструкции изготовляют непосредственно на месте их размещения в зданиях и сооружениях, на строительной площадке в отличие от форм, применяемых для изготовления сборных железобетонных изделий на заводах и полигонах.

Основное назначение опалубки — придать нужную форму бетонной смеси до ее затвердения и достижения бетоном требуемой прочности после распалубки. Опалубка должна быть достаточно жесткой и неизменяемой в рабочем положении, способной без сверхдопустимых деформаций воспринимать технологические нагрузки и давление бетонной смеси при ее укладке и уплотнении. Кроме того, опалубка в ряде случаев может нести арматуру, закладные и другие детали. Опалубка во многом определяет также качество поверхности бетона, его прочность и другие свойства. Можно применять опалубку и для ускорения твердения бетона. В этом случае используют утепленную и термоактивную опалубку. С помощью некоторых видов опалубок бетонным конструкциям можно придать специальные свойства. С этой целью применяют, например, несъемные опалубки — гидроизоляцию и облицовку, утеплитель и др.

§ 1. Классификация опалубок

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.

Опалубку для бетонирования стен изготовляют 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.

По материалам, применяемым для изготовления опалубки, ее подразделяют на металлическую, дощатую, фанерную, пластмассовую, комбинированную, со специальными поверхностями. По способам выполнения работ опалубку классифицируют на переставную, скользящую и горизонтально перемещаемую. Для прогрева бетона при выполнении работ в зимних условиях применяют термоактивную опалубку.

Кроме того, в связи со специфичностью жилищно-гражданского строительства и особенностями тонкостенных монолитных 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.

Мелко- и крупнощитовая опалубка. Мелкие щиты большей частью применяют в случае необходимости бетонировать различные по размерам конструкции. При повторяющихся же размерах небольшие элементы мелкощитовой опалубки целесообразно объединять в крупные панели. По такому принципу можно комплектовать крупные блоки опалубки, целиком или частично монтируемые краном. К собственно крупнощитовой и блочной опалубке можно отнести опалубку индивидуального изготовления с изменяемыми размерами или вставками для бетонирования одинаковых модульных конструкций, а также набор унифицированных несущих элементов, из которых можно составить опалубочные поверхности различного размера и назначения.

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 разборно-переставной опалубки тоже можно собирать крупные панели и блоки, монтируемые и демонтируемые краном без разборки на элементы.

Опалубку универсального назначения применяют для возведения самых различных монолитных конструкций с переменными, небольшими или повторяющимися размерами. Такую опалубку осо-

бенно целесообразно использовать при бетонировании неунифицированных конструкций небольшого объема для промышленных сооружений.

Крупнощитовая опалубка состоит из крупноразмерных щитов, элементов соединения и крепления. Щиты опалубки воспринимают все 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, туннелей, перекрытий (например, в каркасных сооружениях, откуда можно извлекать опалубку после бетонирования).

Подъемно-переставная опалубка монтируется из щитов, специальных креплений и приспособлений для подъема. Перед подъемом специальными устройствами опалубку предварительно разбирают на элементы или разъединяют. 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 возводимых сооружений. Применяется для бетонирования протяженных конструкций прямо- или криволинейного, в том числе замкнутого очертания, типа подпорных стен, туннелей, 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 туннели. Система туннелей, 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.

Блочную опалубку монтируют 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.

Скользкая 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 и 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 цемент, стеклоцемент, железобетон.

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.

Туннельная опалубка, применяемая для бетонирования монолитной обделки туннелей, 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 незатвердевшего бетона выполняют обычно податливыми и соединяют их с жесткой формирующей секцией.

Тип опалубки выбирают с учетом вида бетонируемых конструкций, а также способа выполнения работ. Для выбора ее необходим всесторонний экономический анализ с учетом сроков строительства, темпа оборачиваемости опалубки, повторяемости конструкций, наличия механизмов и др. Трудовые затраты особенно снижаются при использовании индивидуальных крупноразмерных опалубочных систем, применять которые, однако, можно при достаточном объеме бетона и наличии однотипных конструкций.

Для бетонирования разнотипных конструкций в большинстве случаев целесообразна унифицированная разборно-переставная опалубка универсального назначения. Для изготовления отдельных характерных и массовых конструкций целесообразно использовать специализированные опалубки, раздвижные или перемонтируемые на разные размеры.

§ 2. Требования к опалубке

Опалубка кроме прочностных показателей должна иметь достаточно высокую жесткость.

В связи с тем что при возведении монолитных конструкций жилых и гражданских зданий требуется повышенное качество поверхности, к опалубке предъявляют ряд дополнительных требований.

От деформативности опалубки зависят не только прочность и качество выполнения монолитных конструкций, но 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.

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 глубинные 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 быстро-разъемными; они должны быть достаточно плотными и непроницаемыми. Сварные швы, а также острые углы и кромки опалубки должны быть обработаны.

Точность изготовления опалубки должна быть на один-два класса выше точности выполнения монолитных конструкций. 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 получают 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 об-

лицовки 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).

§ 3. Материалы для опалубки

Наиболее часто для изготовления опалубки применяют сталь, древесину и фанеру, а в последние годы — пластмассы. Рациональными являются комбинированные конструкции, в которых несущим и поддерживающим элементами служит металл, а в качестве палубы, соприкасающейся с бетоном, — пиломатериалы, водостойкая фанера, пластик. Достаточно часто применяют полностью металлическую опалубку. Однако металлическую опалубку в зимнее время нужно утеплять. Металлическую палубу целесообразно использовать для переоборудования опалубки в термоактивную.

Полностью деревянные или фанерные опалубки, хотя и применяют (особенно широко первую), имеют ряд недостатков: большую материалоемкость и невысокую оборачиваемость. По этим же причинам нецелесообразно использование деревянных стоек в качестве поддерживающих элементов опалубки горизонтальных и наклонных поверхностей.

Сталь для опалубки следует применять не ниже марки Ст3. Для уменьшения металлоемкости опалубки желательно использовать стали повышенных марок, а также гнутые и штампованные профили. Для всякого рода соединений, замков, пружинных скоб используют специальные типы сталей, в том числе пружинную марок 65Г, 55ГС и др.

Из пиломатериалов для опалубки используют древесину хвойных и лиственных пород. Материалы, соприкасающиеся с бетоном, выполняют из пиломатериалов не ниже III сорта. В основном же для опалубки применяют лесоматериалы хвойных пород: сосну, ель и лиственницу, а из лиственных пород — березу и ольху. Из-за растрескивания березы не рекомендуется использовать ее для изготовления палубы. Поддерживающие элементы изготавливают из пиломатериалов II сорта; для прогонов используют древесину только хвойных пород. Из хвойных же пород изготавливают элементы инвентарной опалубки, стойки высотой более 3 м и другие ответственные конструкции.

Для изготовления несущих каркасов применяют древесину хвойных пород влажностью не более 15%, для остальных элементов — не более 25%.

Доски, примыкающие к бетону, должны быть остроганы и иметь ширину не более 150 мм. Толщину досок назначают не менее 19 мм. Рекомендуется применять шпунтовые доски. Для скользящей опалубки применяют доски (клепки) шириной не более 120 мм, устанавливаемые с зазором, исключающим их коробление.

Наиболее целесообразно изготавливать палубы щитов, соприкасающихся с бетоном, из фанеры. Для этого применяют водостойкую бакелизированную фанеру марок ФБС и ФБСВ толщиной 10 мм и более. Синтетическое покрытие фанеры значительно увеличивает срок службы палубы, снижает адгезию к ней бетона и позволяет получить высококачественные бетонные поверхности.

Для покрытия фанерных поверхностей используют пленки на основе бумаги или стеклоткани, пропитанные фенолформальдегидом или другими полимерами. Пленки наносят на прессе с подогревом плит. Применяют также полиэтиленовые пленки, стеклотекстолиты, стеклопластики, слоистые пластики типа «гетинакс», винилпласты. Пластики и пленки можно наносить прессованием, наклейкой или закреплением твердых листов. Наносятся также пленочные покрытия лаками и красками. Большинство синтетических покрытий можно использовать для защиты не только фанеры опалубки, но и древесностружечных и волокнистых плит, а также пиломатериалов. Ряд покрытий, наносимых напылением, используются также для защиты металлических поверхностей, которые перед покрытием протравливают и обрабатываются механическим путем.

Полностью пластмассовые опалубки применяют редко из-за высокой стоимости и недостаточной эффективности. Для изготовления такой опалубки широко используют стеклопластик листовой и специально отформованный для опалубочных щитов и других элементов. Листовые стеклопластики применяют также для изготовления несъемной опалубки-облицовки и изоляции, для этих целей используют также железобетон, стекло- и армоцемент и другие материалы.

§ 4. Данные для расчета опалубки

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

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, $P = \rho h$, кгс/м², где ρ — объемная масса смеси, принимаемая для обычных тяжелых бетонов равной 2500 кг/м³;

то же, для $v \geq 0,5$ 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 $O_k = 4 \div 6$ см; 1,2 для $O_k = 8 \div 12$ 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;

при уплотнении наружными вибраторами при $v < 4,5$ и $h \leq 2R$
 $P = \rho h$;

то же, при $v \geq 4,5$ и $h > 2$ м

$$P = \rho (0,27v + 0,78) K_1 K_2.$$

Кроме того, учитывают горизонтальные нагрузки. Ветровые нагрузки принимают в соответствии со СНиП II-6—74.

Нагрузки от сотрясений при выгрузке бетонной смеси учитывают по данным табл. 1-1, а нагрузки от вибрирования смеси принимают равными 400 кгс/м² поверхности.

Таблица 1-1

**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
То же, емкостью более 0,8 м ³	600

Таблица 1-2

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

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, арматуру.

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. 1-2.

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.

§ 5. Меры по снижению сцепления бетона с опалубкой

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. 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. 1-3 приведены значения нормального сцепления бетонов с некоторыми опалубочными материалами.

Усилие отрыва опалубки, кгс, определяют по формуле

$$P_{от} = K_c \sigma_n F_{щ},$$

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 шлифованной стали больше, чем у необработанной. Однако сцепление бетона с шлифованной сталью снижается незначительно. Объясняется это тем, что на границе

Таблица 1-3

Сцепление бетонов с различными опалубочными материалами

Материалы	Нормальное сцепление бетонов в возрасте 1 сут, кгс/см ²			
	тяжелый бетон		керамзитобетон	
	М150	М100	М150	М200
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 строганая	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

бетона и хорошо обработанных поверхностей сплошность контакта более высокая.

При нанесении на поверхность пленки масла она гидрофобизуется (рис. 1-1, б), что резко уменьшает адгезию.

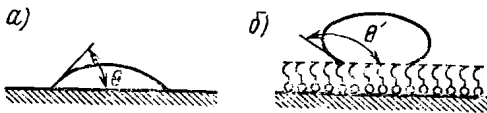


Рис. 1-1. Краевой угол смачивания различных поверхностей:

а — гидрофильная поверхность; б — то же, гидрофобная (со смазкой)

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

Под когезией в контактной паре опалубка — бетон следует понимать прочность на растяжение стыковых 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.