

Земляные работы. Вертикальная планировка территории. Устройство грунтовых сооружений. Подготовка и устройство оснований. Бестраншейная прокладка коммуникаций. Возведение фундаментов, подземной части зданий и сооружений.

В состав земляных работ обычно входят: вертикальная планировка площадок, разработка котлованов и траншей, обратная засыпка грунта, специальные работы - предварительное разрыхление грунта, водоотлив, водоотвод и водопонижение, закрепление грунтов

Объем и характер земляных работ определяется объемно-планировочными и конструктивными особенностями возводимых зданий и сооружений. К основным землеройным машинам относятся одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, к землеройно-транспортным: бульдозеры и скреперы, экскаваторы погрузчики, грейдеры.

Для возведения подземной части зданий производят разработку котлованов и траншей под фундаменты и подвалы здания, инженерные коммуникациями, засыпку непросадочными, непучинистыми грунтами, пазух, образующихся между откосами, стенками котлована и фундаментами, траншей и их уплотнение.

Грунты, в зависимости от трудности и способов разработки для земляных работ классифицируются в порядке возрастания трудоемкости по 4-м группам, а для горно-вскрышных работ (добыча ископаемых) по 5-ти группам. Грунты, залегающие в естественном состоянии, занимают меньший объем, чем разработанные на 24-30% ,а и уложенные в насыпи и уплотненные 3-7%.

Основные механизмы для разработки грунта.

Бульдозер (от англ. bulldoze – разрабатывать горную породу)- самоходная землеройно-транспортная машина с навесным рабочим органом - отвалом (щитом), Служит для послойной срезки, перемещения и планировки грунтов. Отвал может перемещаться по вертикали, а у некоторых моделей поворачиваться.

Скрепер (англ. scraper, -скребок), землеройно-транспортная машина, которая рабочим органом -ковшом (емкость3-25 м3) послойно срезает грунт, транспортирует его и разгружает в отвал или разравнивает. Грунт разгружается на ходу слоем до 0,5 м. Используется преимущественно при планировочных работах.

. Грейдер (англ. grader - сортировщик), землеройно-планировочная машина. Рабочий органа - отвал смонтированный на раме , который можно перемещать по вертикали и свободно поворачивать в определенных пределах. Грейдер применяется при строительстве транспортных и других линейных сооружений для точной срезки, перемещения и разравнивания грунта.

Экскаватор (от лат. exsavo - выдалбливать), землеройная машина, оборудованная навесным рабочим органом- ковшом, осуществляющим резание грунта одновременно с его наполнением. Емкость ковша 0,25...20 м3.

Благодаря высокой производительности при разработке грунтов различных категорий наибольшее распространение получили одноковшовые экскаваторы. В зависимости от производственных условий в качестве сменного оборудования

экскаваторов применяют прямые и обратные лопаты, драглайны, грейферы и струги. Одноковшовые экскаваторы могут быть также оборудованы: трамбовкой для уплотнения грунта, клином, гидромолотом для рыхления мерзлого или скального грунта, дизель-молотом для забивки свай, крановым оборудованием. Рабочее место называется забоем, а разрабатываемые по мере передвижения экскаватора участки грунта – проходка.. Работы осуществляются продольными – лобовыми проходками и поперечными –боковыми Земляные работы с помощью экскаватора могут осуществляться с выгрузкой грунта в отвал, непосредственно. в насыпь, или в транспортные средства - автосамосвалы.

Экскаваторы, оборудуемые прямой лопатой используют для разработки грунтов расположенных выше уровня стоянки экскаватора. В этом случае предусмотрен заезд экскаватора на уровень дна котлована. Экскаваторы, оборудованные обратной лопатой, используют для разработки ,грунтов ниже уровня стоянки экскаватора и при разработке траншей и неглубоких котлованов.

Экскаваторы-драглайны используют для разработки грунтов мягких и средних пород расположенных ниже уровня стоянки экскаватора. Драглайн по схеме работы напоминает скрепер навешенный на стрелу экскаватора. Экскаваторы-драглайны обладают .большим радиусам действия и глубиной копания.

Экскаваторы, оборудованные грейферами, используют при разработке мягких и сыпучих грунтов при вертикальных укрепленных стенках глубоких котлованов.

Многоковшовые экскаваторы используются преимущественно для устройства протяженных траншей.

Буровые машины.

Простейшая самоходная буровая установка - ямобур, предназначенный для вертикального и наклонного бурения в грунтах ям для установки столбов воздушных линий связи и других аналогичных работ. Монтируется на тракторе или автомобильном шасси. Глубина бурения до 3 м, диаметр до 1,25м. Рабочий орган при выполнении работ не меняет свою длину.

Самоходная буровая установка, предназначенная для вертикального и наклонного бурения для геологических изысканий, устройства водозаборных и других скважин, устройства различных буровых свай, представляет собой подъемный буровой блок, состоящий из мачты лебедки и бурового ротора, смонтированных на самоходном шасси. После прохождения глубины равной длине секции бурильной трубы (штанги) производится подъем ротора с вертлюгом и наращивание очередной секции. Непосредственно бурение производится буровой коронкой, шнеком (архимедов винт), ковшебуром (контейнер, снабженный зубьями) и т.п. Для разработки твердых грунтов используются долота, пластичных - желонки. Для обеспечения устойчивости стенок скважины возможна установка металлических обсадных труб.

Механизмы для бестраншейной прокладки коммуникаций и горизонтального бурения описаны в ниже в соответствующем разделе.

Вертикальная планировка

Вертикальную макро-планировку выполняют для выравнивания и организации

естественного рельефа территорий, отведенных под строительство. Вертикальная микро-планировка выполняется на уже спланированных территориях при устройстве благоустройства, озеленения, сети дорог и площадок.

Работы по вертикальной планировке включают в себя выемку (срезку) грунта на одних участках площадки и отсыпку и уплотнение его на других участках. На больших территориях предпочтительно проектирование вертикальной планировки с нулевым балансом земляных работ, т.е. равенство объема насыпи и выемки с учетом грунта вытесняемого фундаментами, подвалами, инженерными сооружениями и коммуникациями.

Вертикальная макро-планировка – работа полностью механизированная. Выбор механизмов зависит от вида грунта, рельефа местности, объема и глубины земляных выработок, способа и дальности перемещения грунтов. Срезка и насыпь грунтов при больших расстояниях перемещения, но небольших толщинах срезаемого грунта осуществляется скреперами самоходными и прицепными, при небольших расстояниях бульдозерами. Разработка ведется послойно или поярусно-траншейным способом. При большой толщине срезаемых грунтов целесообразно выполнять срезку одноковшовыми экскаваторами с погрузкой в автосамосвалы. Разработка в этом случае ведется забоями.

Возведение насыпей осуществляется послойно на высоту 0,2...1 м с последующим уплотнением. Уплотнение грунтов выполняют самоходными и прицепными катками или при неотчетственных насыпях (например под озеленение) непосредственно укаткой базовыми строительными машинами (трактора, пневмоколесные шасси).

Пылевато-глинистые и песчаные грунты могут разрабатываться и укладываться в насыпь гидромеханизированным способом (намывом) без уплотнения. В этом случае грунт в забое размывается направленной струей воды подаваемой гидромонитором. Образовавшаяся взвесь грунта (пульпа) собирается в лотки и подается грунонасосом к месту укладки, ограниченному земляными валами, через пульповод.

При определении объемов работ по вертикальной планировке можно использовать метод четырехгранных призм (см. методические указания к курсовому проекту)

Устройство грунтовых сооружений

Земляные сооружения, представляющие собой главным образом выемки в грунтовом массиве или грунтовые насыпи на поверхности земли, бывают постоянные и временные. К постоянным относятся сооружения, предназначенные для долгосрочной эксплуатации: полотно рельсовых и безрельсовых дорог, земляные плотины и дамбы, каналы, канавы, пруды. К возводимым постоянным земляным сооружениям предъявляется ряд требований соблюдения и сохранение проектных размеров, прочность основания, устойчивость откосов, сопротивляемость атмосферных осадков, перепадам температур наружного воздуха, размывающему действию вод. Кроме того, дорожные насыпи должны обладать несущей способностью, соответствующей эксплуатационным нагрузкам, и быть безосадочными; насыпи плотин не должны допускать фильтрации воды ни через свое тело, ни через основание.

Временные сооружения возводятся лишь в период строительства, например котлованы под фундаменты, траншеи для трубопроводов, ямы под точечные опоры, скважины..

Земляные сооружения, длина которых значительно превышает размеры поперечных сечений называют линейными.

К временным выемкам и насыпям предъявляют менее высокие требования, например, откосы выемки должны быть устойчивы на период производства работ, выемка не должна заполняться грунтовыми и поверхностными водами, атмосферными осадками.

Разработка выемок и насыпей выполняется как в сухих грунтах, так и в грунтах с грунтовыми водами, и в грунтах под водой. Последнее имеет место в гидротехническом строительстве, в строительстве мостов, набережных и портовых сооружений.

Для возведения фундаментов зданий и сооружений, а так же подземной прокладки коммуникаций необходимо устройство временных земляных сооружений – выемок (котлованов, траншей, ям, шахт, скважин).

Устройство котлованов осуществляется преимущественно экскаваторами оборудованным обратной и прямой лопатами. При использовании прямой лопаты обязательно оборудуется съезд в котлован. Основными задачами при устройстве котлованами являются: обеспечение устойчивости стенок (откосов) котлована, защита от грунтовых, поверхностных и атмосферных вод, защита основания от промерзания.

Закрепление стенок (откосов) котлована осуществляется несколькими способами: соблюдение требований к уклону откосов, зависящих от глубины и свойств грунта, искусственное крепление вертикальных стенок распорными, консольными и анкерными системами и др. Подробнее требования к котлованам см. методические указания к курсовому проекту.

Защита от воздействия вод осуществляется удалением их из котлована и понижением их уровня в грунте.

Открытый водоотлив предусматривает сбор и откачку грунтовых и поверхностных вод непосредственно из выемки. Для этого на дне котлована выполняют систему водосборных канавок и приемков-зумпфов, откуда вода откачивается грязевыми насосами. Открытый водоотлив устраивают в случае когда уровень грунтовых вод находится на уровне дна котлована или ниже. При нахождении УГВ выше дна котлована применяют противofильтрационные завесы в виде сплошного шпунта или «стены в грунте» по всему контуру котлована в сочетании с открытым водоотливом.

Искусственное понижение уровня грунтовых вод осуществляют при уровне грунтовых вод, находящемся на 4...5 м выше дна котлована, непрерывной откачкой воды из скважин помещенными в них иглофильтровыми установками, которые подразделяют на легкие, вакуумные и эжекторные. Способ осушения выбирают в зависимости от фильтрационной способности грунта, расчетного притока воды и требуемого понижения УГВ. При необходимости большего понижения (до 6...8 м) применяют двухъярусные установки.

Легкие иглофильтр овалыные установки (ЛИУ) применяют для осушения песчаных грунтов с коэффициентами фильтрации 2...5 м/сутки.

ЛИУ включает комплект трубчатых иглофильтров, погружаемых в грунт ниже дна осушаемой траншеи или котлована, водосборный трубчатый коллектор, соединяемый

гибкими патрубками (шлангами) с иглофильтрами; центробежный самовсасывающий, диафрагмовый или вакуумнасос.

Иглофильтр представляет собой трубу диаметром 45...50 мм и длиной 7...8,5 м с водоприемным фильтровым звеном внизу. Фильтровое звено состоит из внутренней трубы с открытым торцом и наружной трубы с боковыми отверстиями (перфорацией), обернутой мелкой металлической сеткой - фильтром. Кольцевое пространство между внутренней и наружной трубами внизу перекрыто плавающим кольцевым клапаном. К наружной трубе ниже торца внутренней трубы прикреплено седло шарового клапана, который под собственной тяжестью опускается вниз до ограничителя.

Иглофильтры погружают в грунт на глубину 7...8 м через буровые скважины или гидравлическим способом нагнетанием в иглофильтр воды под давлением 0,3...0,5 МПа.

Расстояния между иглофильтрами принимают по расчету от 0,75 до 3 м.

При осушении грунтов с коэффициентами фильтрации 0,01...2 м/сутки применяют установки вакуумного водопонижения (УВВ). В отличие от ЛИУ, где центробежный насос создает в грунте положительное избыточное давление, в фильтровом звене вакуумного иглофильтра и в окружающем грунте создается и непрерывно поддерживается разрежение, способствующее интенсивному понижению УГВ.

Эжекторные иглофильтровые установки (ЭИУ) откачивают воду из скважин при помощи водоструйных насосов-эжекторов, работающих по принципу передачи энергии одним потоком воды другому. Эти установки используются для понижения УГВ одним ярусом на глубину до 20 м в грунтах с коэффициентами фильтрации 1...40 м/сутки. Иглофильтры с эжекторными водоподъемниками. Рабочая вода поступает в кольцевой зазор между внутренней и наружной колоннами труб иглофильтра и далее к входному окну эжектора, состоящего из насадки, камеры смешения, горловины и диффузора. Рабочая вода, выходя из насадки с большой скоростью и вследствие внезапного расширения струи, создает в иглофильтре разрежение, подсасывает из внутренней трубы грунтовую воду, смешиваясь с ней, и подает ее вверх.

Подготовка и устройство оснований

Подготовка естественного основания на дне котлована заключается в планировке его на заданных отметках, организации отвода поверхностных вод и устройства защиты от механических и атмосферных воздействий слоем щебня (втрамбованного в грунт) или бетона толщиной 8-10 см непосредственно под подошвой фундаментов. Такой слой называется подготовкой и выполняется размерами в плане больше подошвы фундамента на 5-10 см с каждой стороны. При прокладке коммуникаций, в первую очередь каналов и труб под последними устраивается жесткая (бетон, железобетон) или податливая подготовка (щебень, гравий, песок, песчано-гравийная смесь) в зависимости от свойств грунтов.

При наличии больших нагрузок от здания, насыпных или слабых грунтах появляется потребность в увеличении несущей способности грунта. Самый простой способ механическое уплотнение. Уплотнение грунта выполняется укаткой транспортными средствами, самоходными и прицепными катками на глубину –10-60 см в зависимости от числа проходов и массы катка, грунтоуплотняющими машинами со свободно падающими плитами на глубину –30-40 см, трамбуемыми плитами – до 200 см, пневмо-, электро- и дизельными трамбовками вибрационного и ударного действия. Не каждый грунт можно

уплотнить, уплотняемый грунт должен иметь влажность близкую к оптимальной, например пылевато-глинистые грунты около 30%. В этих случаях возможна замена грунта грунтовой подушкой, устройством утолщенной бетонной подготовки (слоя «тощего» бетона большего размерами подошвы фундамента в плане на 2 его толщины), устройством других искусственных оснований.

Для устройства искусственного основания широко применяются различные способы закрепления грунтов, выполняющиеся путем закачивания через сеть трубчатых иньекторов в пористую структуру грунта различных закрепляющих растворов. Так выполняется цементация, битумизация, смолизация (карбомидная смола с отвердителем), силикатизация (жидкое стекло) грунтов. Силикатизация может совмещаться с электрозакреплением грунтов- самоуплотнения грунта за счет миграции влаги, возбуждаемой электрическим током. Такой способ называется электрохимическим.

Закрепление грунтов искусственным замораживанием применяют для закрепления выемки, разрабатываемой в обводненных мелкозернистых грунтах (плывунах). По периметру выемки в грунт забивают замораживающие колонки, состоящие из двух труб (одна в другой). По внутренней трубе от холодильной машины подают охлаждающий раствор хлористого кальция, который затем, циркулируя между трубами колонки, замораживает грунт в ее зоне.

Отдельный и очень древний вид искусственных оснований – сваи. Деревянные сваи издавна применялись для строительства на заболоченных территориях, как для туземных хижин, так и для целых городов, например Венеция. Большой театр в г.Москве в пойме р.Неглинки был построен на деревянных сваях. Массивная, балочная или плитная конструкция объединяющая верхние концы свай и служащая для оперения выше лежащих конструкций называется ростверком. По схеме работы и расчета выделяются два типа свай: висячие сваи-сваи в основном работающие за счет сил трения между боковой поверхностью сваи и грунтом и сваи –стойки, несущая способность которых определяется сопротивлением грунта под нижним концом сваи.

Готовые полнотелые сваи изготавливаются из круглого леса, обычных и специальных прокатных профилей и железобетона. Сваи-оболочки из стали и железобетона. Сваи могут забиваться копровыми установками с дизель-молотами, задавливаться, погружаться вибрацией. В твердых грунтах перед погружением сваи выбуриваются пионерные скважины меньшего диаметра чем свая.

Копровые установки на базе трактора, автомобиля или самоходного шасси предназначены для следующих работ: подъема, передвижения и удержания сваепогружателя (трубчатый или штанговый дизель-молот) на мачте, подачи, подъема и установки сваи под сваепогружатель на точку забивки и в необходимое положение (наклонное или вертикальное), выдвижение мачты со сваепогружателем и поднятой свайей, навешивание устройств для срезки головных частей забитых свай, передвижение как для забивки свай, так и перемещения на другую площадку. Дизель-молот использует тот же принцип, что и дизельный двигатель. В результате сжатия в рабочей камере происходит детонация топлива, сила взрыва подбрасывает рабочий орган, который при падении передает энергию свае и сжимает следующую порцию топлива. Величина погружения сваи от одного удара молотом называется «отказом». Он используется для контроля за забивкой сваи и косвенного определения несущей способности.

Задавливание свай производится либо рабочим органом строительных машин, либо (при статических испытаниях) домкратами с передачей усилия направленного вверх на систему свай, работающих на выдергивание.

Вибропогружатель представляет собой массивный оголовок, снабженный возбудителем колебаний- электродвигателем вращающим эксцентрично закрепленные массы. Такое оборудование навешивается на самоходный монтажный кран или экскаватор с канатной оснасткой.

Буронабивные и буроинъекционные сваи изготавливаются непосредственно в грунте. Производится бурение скважины с выемкой грунта (шнек, грейфер и т.п.) и заполнением скважины бентонитовым глинистым раствором. Глинистый раствор обеспечивает устойчивость стенок скважины и вытесняется при заполнении ее бетонной смесью. Одновременно с бетоном в скважину подаются пространственные арматурные каркасы. Буронабивные и буроинъекционные сваи изготавливаются диаметром от 0,15 до 1,5 м на глубину, как правило от 3 до 60 м. Увеличение размера нижнего конца сваи позволяет значительно увеличить ее несущую способность. Уширение выполняется или буром с раскладывающимися ножами или локальным взрывом (камуфлетное).

Из буронабивных свай можно выполнять конструкцию типа «стена в грунте». Сначала выполняются неармированные сваи с шагом менее 2х диаметров скважины, а затем между ними устраиваются армированные сваи.

Бестраншейная прокладка коммуникаций

В условиях плотной застройки городов, а так же пересечении подземных линейных сооружений и трасс все чаще применяется метод бестраншейной прокладки, позволяющий избежать земляных работ по трассе прокладки, исключение составляют рабочий (стартовый) и приемный котлованы (шахты) с обоих концов трассы.

Прокол применяют для бестраншейной прокладки труб диаметром 0,05...0,6 м в глинистых и суглинистых) и песчаных грунтах при максимальной длине прокола до 80 м. Для выполнения работ применяют нажимные насосно-домкратные установки, состоящие из ух гидравлических домкратов, смонтированных на общей раме, устанавливаемой на дно стартового рабочего котлована. Штоки домкратов должны обладать большим свободным ходом (до 1,15...1,3 м). Давление домкратов на трубу передают через наголовник сменными нажимными патрубками, шомполами или зажимными хомутами. С применением нажимных патрубков длиной 1, 2, 3 и 4 м после вдавливания труб в грунт на длину хода штока домкрата шток возвращают в первоначальное положение и в образовавшееся пространство вставляют другой патрубок (удвоенной длины) и так продолжают до тех пор, пока не закончат прокол первой трубы. Далее к ней приваривают вторую, третью и т. д., пока не будет завершен прокол всего трубопровода. Тип и конструкция вдавливающего механизма, способного развить требуемое усилие, выбирают в соответствии с необходимым нажимным усилием. Для уменьшения сопротивления грунта конец трубы снабжают конусным наконечником. В настоящее время используются установки управляемого прокола, снабженные системой беспроводной локализации, позволяющие увеличить длину прокладки до 150м. Образование скважины требуемого конечного диаметра при этом способе выполняется в два или несколько приёмов. Вначале внедряется пилотный став, затем - конический расширитель. К установкам поставляются расширители семи типоразмеров от 89 мм до 324 мм.

Продавливание отличается от прокола тем, что прокладываемую трубу вдавливают открытым концом в массив, а грунт, поступающий в трубу, разрабатывают и удаляют из нее. Этим методом прокладывают трубы диаметром 0,4...2 м на длину до 100 м.

Горизонтальное бурение предусматривает опережающую разработку грунта в забое с устройством скважины в грунте большого диаметра, чем прокладываемая труба.

Минимальная глубина заложения трубопровода при проколе и продавливании принимается из условия невыпучивания поверхности, равной пяти диаметрам прокладываемой трубы..

Способом горизонтального бурения можно проходить выработки для бестраншейной прокладки трубопроводов диаметром 0,325-1,72 м протяженностью 40-60 м без необходимости создания больших горизонтальных вдавливающих усилий. Этот способ нельзя применять в обводненных и сыпучих грунтах. Для горизонтального бурения применяют оборудование с механическим приводом, бурение скважины осуществляется фрезерной головкой, а удаление разрыхленного грунта шнеком. Прокладку трубопроводов большого диаметра горизонтальным бурением осуществляют еще путем расширения пионерной скважины. Звенья трубопровода при горизонтальном бурении могут заводиться в скважину как во время бурения так и после извлечения бурового инструмента. трубу.

Одним из перспективных видов бестраншейной прокладки сетей является горизонтальное направленное бурение (ГНБ) - способ образования скважины с запроектированными характеристиками, непрерывным мониторингом процесса бурения и корректировки трассы в процессе ее строительства.

Установка горизонтального направленного бурения (ГНБ) применяется для бестраншейной, бесканальной прокладки коммуникаций и футляров в грунтах без устройства стартовых котлованов непосредственно с поверхности земли. В зависимости от конструкции бурового инструмента технология ГНБ может применяться в различных грунтовых условиях от водонасыщенных песков, суглинков и глин различной консистенции до скальных горных пород. Горизонтальное направленное бурение возможно в очень сложных условиях: под водоемами, оврагами лесными массивами, в охранных зонах магистральных инженерных сетей, под зданиями и дорогами. Пока в России такие машины не изготавливаются.

Установки ГНБ представляют собой самоходную буровую установку, включающую шасси на гусеничном ходу на котором смонтированы гидравлический силовой блок продавливающего устройства, наклонная направляющая рама с подвижной кареткой и буровой колонкой, касета с буровыми штангам, система подачи штанг, системы якорения, локационная система и смесительная установка для приготовления и подачи бентонитовой суспензии. Буровая головка комплектуется амортизатором и ножом, а так же и расширителями для разных типов грунтов. Современные установки ГНБ в зависимости от установленной мощности двигателя, крутящего момента и силы обратной протяжки позволяют бурить скважины с последующим их расширением в диапазоне от 0,114 до 1,2 м при длине бурения от 50 до 1400 м. Секции рабочей трубы присоединяются за расширителем через вертлюг, чтобы вращение расширителя не передавалось на протягиваемую трубу. Расширенная скважина должна быть больше на 20% диаметра протягиваемой трубы в скальных породах и устойчивых глинах и до 50% в неустойчивых грунтах. Трасса проектируемого участка может быть криволинейного очертания и в плане и в профиле в пределах допустимого радиуса изгиба буровых штанг, при этом радиус изгиба буровой колонны может изменяться от 21 до 70 м. Система приготовления и подачи в скважину бентонитовой суспензии обеспечивает временного крепления скважины и транспортировку разработанного грунта из скважины. При

технологии ГНБ возможна прокладка не только стальных но полиэтиленовых труб, кабели прокладываются в связке полиэтиленовых труб без устройства общего защитного футляра.. Рабочая труба монтируется на поверхности и протаскивается в скважину при завершающем бурении (расширении). Локационные системы состоят из локатора и зонда, располагаемого вблизи рабочего органа. В стартовой и приёмной камерах устраиваются приямки (зумпфы) для аккумуляции отработанной буровой суспензии, которая затем транспортируется на регенерацию. Работы выполняются в следующем порядке. Выполняется забуривание и пилотное бурение с выходом буровой головки в заданной точке. После проходки пилотной скважины в зависимости от геологических условий и диаметра прокладываемой трубопровода выбирается тип расширителя, и скважина расширяется за один или несколько проходов в зависимости от величины конечного диаметра. При завершающем бурении секции рабочей трубы присоединяются за расширителем через вертлюг, чтобы вращение расширителя не передавалось на протягиваемую трубу. При расширении скважины необходимо контролировать скорость расширения, которая должна соответствовать подаче буровой суспензии, и поддержание постоянного уровня суспензии в шахтах.

При необходимости устройства переходов трубопроводов, коллекторов и тоннелей значительных диаметров и длины применяется проходка с помощью проходческого щита, изготовленного в виде металлической оболочки, диаметр которой равен наружному диаметру сооружаемого тоннеля. Разработка грунта производится вручную или механическим способом под прикрытием щита. Закрепление стенок осуществляется в хвосте щита сборными чугунными, железобетонными тубингами или монолитным бетоном, а также керамическими блоками. Проходческий щит представляет из себя металлическую оболочку, диаметр которой равен наружному диаметру сооружаемого тоннеля, вдавливаемой гидравлическими домкратами, расположенными в средней опорной части оболочки. В щитах с открытой головной частью для срезания грунта и внедрения щита режущая часть оснащена козырьком с клиновидным ножом. Механизированные щиты оборудуются роторными и экскаваторными рабочими органами. Роторный рабочий орган вращается, разрушая резцами грунт, который подхватывается спиральными лопатками и через приемное окно поступает на ленточный конвейер. Щит с экскаваторным рабочим органом разрабатывает грунт по принципу обратной лопаты с погрузкой на ленточный конвейер. Наружный диаметр щитов 1,2 ... 4 м.

В водонасыщенных и слабых грунтах щитопроходческие работы ведут с перекрытием лба забоя шандорами (стальными щитами), с внутренней стороны ножевого кольца, способом искусственного осушения забоя легкими или эжекторными иглофильтрами или погружными насосами в скважинах, кессонным способом (под защитой сжатого воздуха), замораживания грунта.

Последнее время получила распространение бестраншейная технология с применением микротоннеле проходческих комплексов (МТПК), осуществляемая в породах различной крепости, в том числе при смешанном забое и появлении в грунтовом массиве по трассе, проходки крупнообломочных включений, а также валунов, гальки и щебня, песчаных, в том числе водонасыщенных, грунтах (глинах, суглинках и супесях) предназначенный для строительства подземных сооружений с использованием управляемой в автоматическом режиме (без присутствия в забое человека) проходческой машины. МТПК – представляет собой комплект оборудования, В состав МТПК входят: управляемая проходческая микромашина (УПММ - аналогична классическому проходческому щиту) с рабочим органом роторного типа, комплект оборудования для пригрузки в зоне забоя и удаления грунта из него, силовая продавливающая установка, оборудование для приготовления, подачи, очистки бентонитового раствора, периодически

монтируемых и демонтируемых гибких трубопроводов и кабелей, наращиваемых во время проходки продавливающей домкратной станции и системы управления. автоматизированная система контроля и управления перемещением МТПК в пространстве. Рабочий диаметр МТПК 0,25...2 м. Учитывая, что прокладываемые трубы при одном внутреннем диаметре могут иметь различную толщину стенок УПММ комплектуется съёмным кожухом, позволяющий увеличивать её наружный диаметр на 100-200 мм. В качестве системы удаления грунта в МТПК используют гидротранспорт, пневмотранспорт и шнековый транспорт.

Работы по строительству подземных выработок методом МТПК ведутся с устройством монтажных (стартовых) и демонтажных (приемных) шахт и котлованов. Стартовые и приёмные шахты размещают в местах, свободных от застройки, зелёных насаждений и подземных коммуникаций. Глубина стартовой шахты назначается с учётом необходимого зазора от лотка трубопровода до днища шахты, в зависимости от типа МТПК и конструкции стыковых соединений. Стартовая шахта оборудуется грузоподъёмными кранами для монтажа элементов МТПК и доставки секций трубопровода к домкратной станции. Конструкция крепи шахты рассчитывается на восприятие горного и гидростатического давления, а также усилий, возникающих при продавливании секций трубопровода.

Для бестраншейной прокладки трубопровода с применением МТПК используются железобетонные, полимербетонные, асбоцементные, керамические, стеклопластиковые, стальные трубы .

В плане трасса участков проходит только по прямой линии между соседними шахтами. Расстояния между стартовой и приёмной шахтами может назначаться до 150 м, а при проектировании трубопроводов диаметром более 1м и применении промежуточных домкратных станций до 1000 м. В продольном профиле положение участка бестраншейной прокладки по величине и направлению уклона не лимитируется. Глубина заложения ограничивается минимальным расстоянием от поверхности до лотка трубопровода: в устойчивых грунтах - не менее двух диаметров, в неустойчивых грунтах - не менее трёх диаметров.

Возведение фундаментов, подземной части зданий и сооружений.

Фундаменты – основная конструкция здания или сооружения, являющаяся залогом ее прочности и устойчивости. Глубина заложения фундаментов бесподвальных зданий определяется из условия оперения их на грунтовое основание достаточной несущей способности или искусственное основание, а так же глубины промерзания грунтов из условия ликвидации воздействия морозного пучения грунтов. Глубина заложения подземных сооружений и зданий с подвалами определяется геометрическими размерами образуемого, ограждающими конструкциями подземного пространства. В этом случае подземные конструкции должны воспринимать не только нагрузки от здания или грунта и транспорта, но и горизонтальное давление мало связного грунта и гидростатическое давление грунтовых вод.

Фундаменты, в зависимости от передаваемых нагрузок и конструктивной системы здания, выполняются столбчатыми (точечными), ленточными, из перекрестных лент и плитными. При недостаточной жесткости плитного фундамента в работу включается и выше лежащие перекрытие, соединяемое с фундаментной плитой внутренними и наружными стенами. Такие фундаменты называются коробчатыми.

Фундаменты выполняются из каменной бутовой кладки, сборных ж/б конструкций, монолитного бетона и железобетона. Помимо прочности к материалу фундаментов предъявляются требования по морозостойкости, водонепроницаемости и

коррозионной стойкости. Геометрическая точность возведения фундаментов определяет правильность их работы и работы выше лежащих конструкций.

Фундаменты, кроме свайных, выполняются непосредственно по основанию или подготовке. Выполнению свайных ростверков предшествует операция обрубki оголовков свай. В случае свободного оперения на свайное основание арматура свай срезается, а при необходимости заделки свай в ростверк запускается в его толщу.

При устройстве фундаментов выполняются мероприятия по защите конструкций здания от поднятия капиллярной влаги, подтопления подземных помещений. Для этого предусматриваются различные виды гидроизоляции, в том числе горизонтальной противокapиллярной на границе фундамента и стен надземной части здания.

В соответствии с современными требованиями по энергосбережению подвальные помещения подлежат утеплению со стороны наружных стен. Утепление выполняется плитными теплоизоляционными материалами стойкими к воздействию механических нагрузок и воздействию влаги.

При устройстве фундаментов выполняются и различные виды дренажей, отводящих подземные воды от конструкций здания. Широко используются пластиковые дренажи под подошвой фундаментных плит при стенах подвалов, выполняемые из насыпных или плитных дренирующих материалов. Для сбора грунтовых вод из дренажа в нижней части его укладываются перфорированные дренажные трубы, обертываемые сетчатыми фильтрами.

Подземная часть здания это место ввода подземных коммуникаций. Если сети вводятся ниже подошвы здания, они защищаются металлическими трубчатыми футлярами или монолитными бетонными обоймами. Если сети вводятся в стены подвала то для этого поперек толщi стены и устанавливаются металлические гильзы, снабженные сальниками для водонепроницаемого и податливого прохода через конструкции.

Тема 4. Устройство монолитных железобетонных конструкций.

Виды опалубок и опалубочные работы. Арматура и арматурные работы. Бетонные работы. Приготовление, доставка и укладка бетонной смеси. Уход за бетоном и сроки распалубливания.

Монолитные железобетонные конструкции возводят непосредственно на том месте, где, они будут эксплуатироваться. В состав работ по устройству монолитных конструкций входят заготовительные, транспортные и монтажно-укладочные процессы. К заготовительным процессам относят изготовление опалубки и арматурных изделий, приготовление бетонной смеси. К монтажно-укладочным: установку опалубки и распалубливание, монтаж арматуры укладка и уплотнение смеси, выдерживание бетона и уход за ним.

Виды опалубок и опалубочные работы

Опалубка (от палуба - настил из досок.), временная конструктивная системы для создания требуемой формы монолитным бетонным или железобетонным конструкциям. Опалубочными работами называются операции по изготовлению, установке и разборке опалубки. На стадии возведения монолитных конструкций опалубка должна воспринимать нагрузку от собственной массы настила, массы свежеложенного бетона и монтажной нагрузки, включающей массу оборудования и людей в процессе возведения перекрытия, а боковые стенки опалубки подвергаются гидростатическому давлению от не затвердевшей бетонной смеси.

При устройстве фундаментов в качестве опалубки могут служить вертикальные стенки грунта и горизонтальная поверхность подготовки или грунта. Для плитных фундаментов для ограничения боковых поверхностей может служить мелкая металлическая сетка, закрепляемая на арматуре плиты. Опалубкой для боковой поверхности при бутобетонных фундаментах может служить каменная кладка.

В течении нескольких столетий для возведения монолитных конструкций используется так называемая стационарная деревянная опалубка. Основными ее элементами являются деревянные щиты различных размеров и формы, сколачиваемые из досок. Соединительные элементы и элементы жесткости выполняются из деревянного бруса. При сборке опалубки на горизонтальной опорной поверхности элементы опалубке закрепляются при помощи проволочных скруток, деревянных стяжек, рамок, подкосов. При устройстве опалубки балок, плит перекрытия, сводов выполняется стоечно-балочная поддерживающая система из деревянного бруса или круглого леса-«леся». Главным недостатком стационарной опалубки является невозможность дальнейшего использования большинства деревянных элементов.

Поэтому наиболее широкое распространение получила, индустриально изготавливаемая, инвентарная разборно-переставная, много раз оборачиваемая опалубка .

К разборно-переставным относится щитовая инвентарную опалубка, применяемая в строительстве зданий, имеющих любое очертание. Опалубочные щиты изготавливают из прокатных профилей и листов из высокопрочных алюминиевых сплавов, стальных профилей, а также водостойкой бакелизированной фанеры, ДСП, МДФ и стеклопластика. Щит представляет собой несущий решетчатый каркас с листовой обшивкой. Выделяют мелкощитовую опалубку из щитов массой до 50 кг и крупнощитовую опалубку из щитов массой более 50 кг. Щиты комплектуются быстроразъемными соединительными элементами и системой инвентарных стоек, подкосов, ходовых мостиков и ограждений.

Отдельную группу представляет собой система опалубки перекрытий. Она представляет собой комплект из телескопических металлических стоек или рам, связей, инвентарных балок (кледеревянных или металлических). Палуба(настил) в этом случае может выполняться из листовых материалов без каркаса. Шаг несущих стоек примерно 1х1м. При необходимости выполнения монолитных перекрытий в многоэтажных зданиях, стойки опираются на ниже лежащее перекрытие. Поскольку перекрытия не всегда рассчитаны на достаточные монтажные нагрузки, они распределяются на следующее нижележащее перекрытия, путем оставления под ним ранее смонтированной опалубочной конструкции.

При постоянном плане здания и сечении стен, из щитовой опалубки могут собираться объемные блоки, переставляемые по высоте по мере выполнения ярусов бетонирования(подъемно-переставная опалубка). Если и такие блоки снабдить винтовыми домкратами и перемещать с помощью них по вертикали ,то такая опалубка называется скользящей. Вертикальные поверхности опалубки в этом случае не должны быть параллельны, а слегка сходить кверху.

Однотипные конструкции типа столбчатых фундаментов, колонн с капителями могут бетонироваться в жесткой стальной разъемной блок-форме, которая уже включает в себя все элементы опалубки и не требует поддерживающих или стяжных конструкций. Блок-форма устанавливается и демонтируется монтажным краном. При возможности трансформации (раздвижка, вставка секций, вкладышей), количество типоразмеров выполняемых в ней конструкций увеличивается.

Объемно-переставная опалубка представляет собой пространственные П-образные секции, или Г- образные полусекции состоящие из шарнирно сочлененных панелей: двух боковых и верхних. Такую опалубку применяют для устройства многоэтажных зданий с поперечными несущими стенами и протяженные линейные сооружения коробчатого сечения. Такая опалубка, снабженная колесами, а иногда рельсовыми направляющими называется катучей.

Иногда, для возведения монолитных конструкций сложной криволинейной формы используют воздухоопорные оболочки из виниловой тентовой ткани. Такая пневматическая (надувная) опалубка является разновидностью разборно-переставной опалубки. По оболочке натягивают редкую джутовую ткань или стеклоткань, на которую наносят тонкий слой цементно-песчаного раствора. После затвердевания раствора по нему ней уста вливают арматуру и наносят бетонную смесь проектной толщины.

Внешний вид разных инвентарных опалубочных систем можно посмотреть в [ГОСТ](#).

Опалубка, сохраняемая как элемент конструкции в процессе ее эксплуатации, называется несъемной. Она может являться как формообразующей так и быть включена в работу конструкций. В качестве несъемной опалубки широко применяются дырчатые блоки и тонкостенные панели из разных материалов для стен, профилированный стальной лист для перекрытий и железобетонные элементы в форме тонкостенного канала для перемычек и балок.

Для создания фактуры поверхности так и образования проемов и пустот в монолитном железобетоне используются различные вкладыши в опалубку из материалов не обладающих адгезией к бетону. Для обеспечения арматуре защитного слоя бетона

используют пластмассовые фиксаторы. Гладкие поверхности опалубки, которые могут схватиться бетоном обрабатываются смазками на основе минерального масла.

Арматура (от лат. *armature* - снаряжение) элемент железобетонной (стеклопластбетонной, фибробетонной) конструкции, предназначенный для восприятия растягивающих, изгибающих и сдвигающих усилий. Для монолитных конструкций используется стальная стержневая арматура классов гладкая А-I (А240), периодического профиля А-III (А400), иногда А-II (А300), арматурная проволока периодического профиля обыкновенная класса Вр-I и высокопрочная класса Вр-II.

Армирование может осуществляться отдельными круглыми арматурными стержнями. При этом продольная арматура, работающая на растяжение, связывается поперечной распределительной арматурой, хомутами и шпильками (гнутыми стержнями) воспринимающей сдвигающие усилия. Кроме того может устанавливаться конструктивная стержневая арматура, обеспечивающая принятую схему работы конструкции, неизменяемость положения рабочей арматуры, препятствующая образованию усадочных трещин в бетоне. Арматура выполняемая из прокатных профилей называется жесткой арматурой. Армирование может выполняться и заранее изготовленными сварными элементами сетками и каркасами. Для соединения стальной арматуры на монтаже применяют нахлест (напуск) стержней, реже различные виды сварки. Электродуговая сварка, основанная на принципе образования электрической дуги между свариваемыми стержнями и электродом, применяется при изготовлении арматурных каркасов из стержней диаметром 8-80 мм (внахлест и с накладками). Ванная и ванношовная сварка являются разновидностью электродуговой, которую применяют для соединения стержней больших диаметров непосредственно на месте установки арматуры. Стержни с зазором укладывают в металлическую желобчатую форму, а в зазор вставляют гребенку электродов. При прохождении тока между формой и электродами возникает дуга и образуется ванна расплавленного металла, который плавит торцы стержней и сваривает их. Контактная, контактно-точечная, контактно-стыковая сварки основаны на электрическом сопротивлении границы двух арматурных стальных стержней, в месте которой выделяется большое количество тепла, плавящее металл. Применяется так же полуавтоматическая сварка под слоем флюса и полуавтоматическая сварка открытой дугой.

Кроме того, последнее время получило распространение армирование стержнями выполняемыми из стеклопластика и стеклосетки. Теплопроводность такой конструкции резко снижается.

Отдельное направление это армирование бетона мелко нарезанной стальной проволокой, асбестовыми, стеклянными, древесными и целлюлозными волокнами – фиброй. В этом случае фибра входит в состав бетонной смеси, а полученная конструкция называется фибробетонной.

У граней железобетонных конструкций для соединения между собой, крепления к ним других элементов устанавливаются закладные изделия. Общее у закладных изделий анкерущая часть, обеспечивающая сцепление изделия с бетоном, а выступающая часть может быть любой-петля, пластина, стержень с резьбой.

Бетонные работы.

Бетон (от лат. *bitumen*- ил, песок, асфальт) с древности известный композитный материал состоящий из вяжущего (цемента, гипса, извести, битума, смолы и т.п.)

инертных заполнителей (песка, щебня и др.), и затворителя (растворителя, отвердителя-воды, керосина, кислоты и т.д.). Бетонные работы подразумевают использование составов на основе портландцемента, затворяемого водой. Цемент (от лат. caementum - толченый камень). Портландцемент, получается в результате обжига до спекания смеси известняка и глины, с последующим помолом.

Для устройства монолитных фундаментов используются бетоны класса по прочности В15-В20, для возведения монолитных надземных конструкций. В20-В25, а для высотного строительства В30-В35. В целях снижения массы высотного здания за счет уменьшения расчетных сечений несущих железобетонных конструкций планируется переходить на бетоны более высоких классов, В60-В80.

Фундаментные плиты толщиной 300...900 мм, монолитные несущие стены и пилоны выполняются толщиной от 180 до 350, лифтовые шахты с толщиной стен от 160 до 200 мм колонны сечением: от 300х300 мм до 650х650 мм. Железобетонные плиты перекрытий толщиной 160...300мм монолитно связана со стенами лестнично-лифтовых узлов, колоннами и пилонами. Лифтовые шахты - монолитные железобетонные.

Технологический процесс бетонирования конструкций включает приготовление бетонной смеси и транспортирования ее на строящийся объект, подачу, распределение, укладку и уплотнение ее в конструкции, уход за бетоном в процессе твердения.

К бетонной смеси предъявляются два основных требования: при транспортировании, перегрузке и укладке в опалубку она должна сохранять однородность, а так же обладать удобоукладываемостью. Однородность смеси обеспечивается связностью (нерасслаиваемостью) и водоудерживающей способностью, которые достигаются правильным подбором состава смеси, точностью дозировки составляющих и тщательным их перемешиванием. Удобоукладываемость смеси зависит от ее зернового состава и количества воды, которые назначаются в зависимости от характера и размеров бетонизируемых конструкций, степени армирования, способов транспортирования и уплотнения смеси. Удобоукладываемость бетонной смеси оценивают показателями подвижности или жесткости. Подвижность определяется по осадке или оплыву стандартного (для бетонов с заполнителем более 40 мм увеличенного) конуса. Если осадка конуса до 2 см, то смесь считается жесткой, если 4-6 см - смесь малоподвижная, если 8-12 - подвижная, если 14-18 - высоко подвижная и, наконец, если осадка конуса превышает 18 см - смесь литая. Жесткость бетонной смеси характеризуют временем вибрации в секундах, необходимым для уплотнения бетонной смеси. Жесткость смеси определяется на техническом вискозиметре и составляет: для особо жестких более 200 сек, для жестких 30-200 сек; для малоподвижных смесей 15-30 сек.

Приготовление, доставка и укладка бетонной смеси.

Бетонную смесь готовят на бетоно-растворосмесительных узлах (БРУ), где она загружается с раздаточного бункера в транспортные средства. Допустимая продолжительность перевозки бетонной смеси автосамосвалами и автобетоновозами при положительной температуре наружного воздуха зависит от температуры смеси при выходе из смесителя: она не должна превышать 1 ч при температуре 20-30°C; 1,5 ч - 19-10°C; 2 ч - 9-5°C. Увеличить допустимое время транспортировки позволяют автобетоносмесители емкостью 3-10 м³, которые загружаются сухими компонентами и в пути готовят бетонную смесь. перемешивание их с водой начинается за 30-40 мин до прибытия на объект. Бетонная смесь может готовиться и на строительной площадке для

этого используются передвижные ручные бетоно-растворосмесители емкостью по загрузке/готовому замесу до 100/65 литров, и с дизельным или электроприводом до 500/300 литров. По принципу действия смесители изготавливаются гравитационного (вращающийся барабан) и принудительного (неподвижный барабан) типа.

Доставленную на объект смесь подают в бетонируемые конструкции кранами в неповоротных (бункер раздаточный) или поворотных (туфелька) бадьях, ленточными конвейерами (транспортёрами), бетононасосами. Поворотные бадьи вместимостью 0,5—8 м³ загружают непосредственно из самосвалов или бетоновозов, а бадьи-бункера только из автобетоновозов. В конструкции, расположенные ниже точки стояния автотранспортного средства бетон удобно подавать виброжелобами в сочетании с вибропитателем.

Бетонную смесь можно укладывать из транспортных средств и бадей непосредственно в конструкцию. Смесь укладывают горизонтальными слоями толщиной не более 30-50 см по всей площади бетонируемой горизонтальной части сооружения. Перекрывать предыдущий слой последующим необходимо до начала схватывания цемента в предыдущем слое.

В стесненных условиях для подачи смеси применяют бетононасосы. Промышленностью выпускаются бетононасосы с механическим приводом с подачей 10 м³/ч и с гидравлическим приводом на 20-30 м³/ч при подаче ими смеси по стальному разъемному трубопроводу (бетоноводу) на расстояние по горизонтали до 300 м и по вертикали до 50 м. Бетононасосы могут исполняться на автомобильном шасси, прицепные и стационарные

Бетонирование осуществляется циклически с перерывами, и то место, где после перерыва укладывают свежую бетонную смесь, называют рабочим швом бетонирования. В бетонируемых изгибаемых конструкциях рабочие швы располагают в местах наименьших значений перерезывающей силы, в колоннах их устраивают на уровне верха фундамента, у низа прогонов, балок или подкрановых консолей. Возобновлять бетонирование в месте шва можно после достижения бетоном у шва прочности не менее 0,15 МПа, что определяет продолжительность перерывов до 18-24 ч при температуре воздуха + 15°С. Поверхность рабочего шва должна быть перпендикулярной продольной оси элемента, а в стенах и плитах - их поверхности. При подготовке к бетонированию следующего участка швы обрабатывают водовоздушной форсункой или пневмоскребком. Затем наносят слой цементного раствора состава 1 : 3, на который укладывают бетонную смесь.

Уплотнение бетонной смеси, необходимое для улучшения качества и прочности бетонных конструкций, осуществляют вибрированием или вакуумированием.

При вибрировании смеси передают колебания, разрушающие силы внутреннего трения и сцепления между ее частицами. В результате смесь приобретает свойства структурной жидкости, обладающей текучестью, которая хорошо заполняет опалубочную форму. При этом из смеси удаляется воздух, что также способствует улучшению структуры и повышению прочности бетона.

Для уплотнения смеси вибрированием применяют вибраторы различных типов:

Глубинные вибраторы (булавы) используют для уплотнения бетона в вертикальных тонкостенных и массивных конструкциях путем погружения в толщу конструкции. Поверхностные вибраторы, устанавливаемые на уложенную бетонную смесь, передают ей

колебания через рабочую площадку(плиту или рейку) Их применяют при уплотнении плоских конструкций толщиной не более 250 мм.

Вакуумирование бетона в целях его уплотнения осуществляется за счет отсоса из смеси свободной, химически не связанной воды и воздуха. Процесс вакуумирования заключается в следующем: на поверхность свежеуложенного бетона укладывают вакуум-щиты, укомплектованные вакуум-насосами или компрессорами. При включении его в полости щита образуется вакуум и из бетона отсасывается воздух и свободная вода.

Уход за бетоном и сроки распалубливания.

Для создания нормальных условий твердения бетона необходимо: сохранить влажностную среду при укрытием его различными покрытиями, а также систематической поливкой, предохранять бетон от сотрясений, повреждений и ударов, резких изменений температуры, особенно в первые дни после его укладки. Распалубливать конструкции (снимать опалубку) можно только после приобретения бетоном прочности, установленной проектом, как правило 60-70% 28-дневной прочности. При нормальном твердении бетона при температуре $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ с относительной влажностью воздуха не менее 90 %. бетон набирает такую прочность через 7-14. Преждевременная распалубка может привести к повреждению забетонированных конструкций.

При бетонировании монолитных конструкций должны производиться статистический контроль и приемка бетона по прочности с учетом однородности. Прочность бетона в партии определяют в соответствии на основе результатов лабораторного испытаний образцов (кубиков) бетона согласно либо неразрушающими методами (ультразвуковой метод со сквозным прозвучиванием, метод отрыва со скалыванием).

При зимнем бетонировании необходимо создание такого режима укладки и твердения бетона, при котором он к моменту замерзания приобретает необходимую прочность, называемую критической, которая нормируется СНиП и увеличивается с увеличением класса бетона по прочности. На практике применяют как безобогревные способы выдерживания (способ термоса и термоса с добавками - ускорителями твердения, противоморозными добавками), так и способы искусственного подогрева или прогрева бетона.

Выдерживание бетона способом термоса применяется для массивных конструкций. Способ основан на использовании: утепленной опалубки, тепла подогретых составляющих смеси и тепла, выделяемого в процессе схватывания и твердения цемента вследствие экзотермии. Хорошо теплоизолированный бетон остывает настолько медленно, что успевает набрать критическую прочность до замерзания. Применение противоморозных добавок (хлорида натрия в сочетании с хлоридом кальция, нитрата натрия, поташа и др.) в количестве 3- 16 % от массы цемента, так же обеспечивает твердение бетона при отрицательных температурах.

Простейший способ искусственного подогрева это производство работ и твердение бетона в о временных укрытиях – тепляках

Электродный прогрев бетона обеспечивается через электроды, располагаемые внутри или на поверхности бетона. Соседние или противоположные электроды подсоединяют к проводам разных фаз, в результате чего между электродами в бетоне возникает электрическое поле, прогревая его. Ток в армированных конструкциях пропускают напряжением 50-120 В, а в неармированных - 127-380 В. При прохождении тока бетон нагревается и в течение 1,5-2 сут. приобретает распалубочную прочность

Электрообогрев бетона можно осуществлять индукционным нагревом (создание электромагнитного поля), инфракрасными лучами, передающими теплоту в виде лучистой энергии, используя в качестве источников таких лучей трубчатые электронагреватели (ТЭНы) и стержневые карборундовые излучатели. или путем непосредственной передачи теплоты от нагревающих поверхностей к прогреваемому бетону(греющая опалубка). Греющую (термоактивную) опалубку с греющим проводом или ТЭНами. применяют для обогрева тонкостенных и среднемаассивных конструкций .

В условиях жаркого сухого климата бетон подлежит поливу водой, укрытию паронепроницаемыми рулонными материалами и теплоизоляции опалубки.