

Раздел №1. Практическое занятие на тему:
«Нормативная документация, регламентирующая применение
аддитивных технологий в строительстве»

Цель практического занятия: рассмотреть нормативную документацию, регламентирующую применение аддитивных технологий в строительстве, а также познакомиться с примерами строительства зданий и сооружений с применением аддитивных технологий.

Нормативный документ - документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов (ГОСТ Р 1.0).

Термин "нормативный документ" является рядовым, охватывающим такие понятия, как стандарты и иные нормативные документы по стандартизации - правила, рекомендации, регламенты, общероссийские классификаторы.

Нормативная база строительства включает нормативно-правовые и нормативно-технические документы, регулирующие деятельность по строительству, реконструкции и капитальному ремонту.

Нормативно-правовые документы в строительстве представляют собой совокупность взаимосвязанных нормативных документов, объединенных общими целями и задачами по обеспечению безопасности, повышению эффективности и качества строительства и применяемых на обязательной и добровольной основе при проектировании, изыскании, строительстве, эксплуатации и ликвидации зданий и сооружений.

Нормативно-техническая документация – совокупность материалов и документов, обеспечивающих качество производимой продукции, а также ее соответствие всем утвержденным требованиям безопасности, условиям эксплуатации, хранения и транспортировки. Одним словом, нормативно-

техническая документация – это своего рода стандарт предприятия, в соответствии с которым осуществляется весь производственный процесс.

В наше время разработка нормативно-технической документации на производство позволяет предприятиям оптимизировать осуществляемые работы и привести их в соответствии со всеми требованиями законодательства Российской Федерации.

Нормативно-правовые документы, определяющие основные положения по организации и управлению в строительстве:

- Градостроительный кодекс РФ
- Технический регламент о безопасности зданий и сооружений
- Постановление Правительства РФ «О мерах по реализации Федерального закона «О техническом регулировании»).
- Закон «О саморегулируемых организациях».
- Закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

Постановления Правительства РФ:

- «О федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов и единой информационной системе по техническому регулированию».
- «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
- «О государственном строительном надзоре в РФ».
- «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства».
- «Положение о проведении государственной экспертизы и утверждении документации в РФ».

Нормативно-технические документы (федеральные):

Строительные нормы и правила (СНиП) – свод правил, применяемых на добровольной основе по усмотрению исполнителя, может быть обязательным

в случае, если в договоре предусмотрены соответствующие указания со ссылкой на них.

СНиП подразделяется на 6 частей:

Часть 1. «Организация, управление, экономика».

Часть 2. «Нормы проектирования».

Часть 3. «Организация, производство и приемка работ».

Часть 4. «Сметные нормы».

Часть 5. «Нормы затрат материальных и трудовых ресурсов».

Часть 6. «Эксплуатация и ремонт зданий, сооружений конструкций».

Свод правил (СП) – документ в области стандартизации, в котором содержатся технические правила и описание процессов проектирования, производства и т.д., применяется на добровольной основе в целях соблюдения требований технических регламентов.

Государственные стандарты РФ (ГОСТ Р) – устанавливают обязательные и рекомендуемые положения, определяющие конкретные параметры и характеристики частей зданий и сооружений, строительных изделий и материалов.

Руководящие документы в строительстве (РДС) устанавливают обязательные и рекомендуемые организационно-методические процедуры по разработке и последующему применению нормативных документов.

Нормативно-технические документы (субъектов федерации):

Территориальные строительные нормы (ТСН) устанавливают обязательные и рекомендуемые положения по проектированию и строительству в конкретном регионе.

Производственно-отраслевые документы:

Стандарты предприятий (СТП) и объединений (СТО) устанавливают положения по организации и технологии производства, в основном обязательные для конкретного предприятия или объединения.

И когда мы разобрали общие понятия о нормативной документации, перейдем к аддитивным технологиям.

Аддитивные технологии являются новым и перспективным направлением развития промышленности Российской Федерации. Сегодня аддитивные технологии внедряют в самые сложные и наукоемкие отрасли, такие как атомная промышленность, авиационно-космическая промышленность, медицина, строительство. Аддитивные технологии имеют огромный потенциал в деле снижения энергетических затрат на создание самых разнообразных видов продукции.

Наша страна является одним из признанных мировых лидеров по нормативно-техническому обеспечению данного направления - ведь многие из российских стандартов уникальны и не имеют международных аналогов. Программой национальной стандартизации в целях развития аддитивных технологий запланирована дальнейшая разработка новых стандартов в данной сфере.

Аддитивное производство, или 3D-печать, - это новый способ изготовления деталей, благодаря которому возможно получение сложно-профильных структур и композиций изделий без больших потерь при обработке материала. Внедрение новых стандартов будет способствовать установлению требований к целесообразности применения аддитивных технологий, к конструированию деталей, к обеспечению качества металлических изделий, изготавливаемых с применением аддитивных технологий, (!) к организации процессов селективного лазерного сплавления металлических порошков.

На сегодняшний день основные направления государственной политики в сфере развития отрасли аддитивных технологий в Российской Федерации определены в Стратегии развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 года

Стратегия направлена на создание конкурентоспособной отрасли аддитивных технологий на основе развития научно-технического и кадрового потенциала, оптимизации производственных мощностей, их модернизации и технического перевооружения, создания новых технологических направлений

и технологий, освоения приоритетных промышленных аддитивных технологий, а также совершенствования нормативно-правовой базы для удовлетворения потребностей государства и иных заказчиков в современной продукции аддитивного производства.

В части ключевого направления «Научно-техническое развитие» планируется разработать и промышленно освоить ключевые аддитивные технологии автоматизированного возведения жилых зданий и других объектов, а также изделий строительного назначения.

В части ключевого направления «Производство» планируется создать: серийное производство оборудования для неразрушающего контроля деталей и изделий, изготовленных на аддитивном оборудовании; серийное производство оборудования для строительной 3D-печати.

В области использования аддитивного производства в строительстве действует документация в виде различных ГОСТов, это:

- ГОСТ Р 57556-2017. Материалы для аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний.
- ГОСТ Р 57558-2017. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы – часть 1. Термины и определения.
- ГОСТ Р 57586-2017. Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Общие требования.
- ГОСТ Р 57587-2017. Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний.
- ГОСТ Р 57588-2017. Оборудование для аддитивных технологических процессов. Общие требования.
- ГОСТ Р 57589-2017. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы – часть 2. Материалы для аддитивных технологических процессов. Общие требования.
- ГОСТ Р 57590-2017. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы – часть 3. Общие требования.

- ГОСТ Р 57591-2017. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы – часть 4. Обработка данных.
- ГОСТ Р 57910-2017. Материалы для аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний металлических материалов сырья и продукции.
- ГОСТ Р 57911-2017. Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Термины и определения.
- ГОСТ Р 58419-2019. Аддитивные технологии. Изделия из титановых сплавов, изготовленные методом селективного электронно-лучевого сплавления. Общие технические условия.
- ГОСТ Р 58597-2019. Аддитивные технологии. Меры неразрушающего контроля, изготовленные методами аддитивных технологий.
- ГОСТ Р 58598-2019. Аддитивные технологии. Виды и методы неразрушающего контроля изделий.
- ГОСТ Р 58600-2019. Аддитивные технологии. Неразрушающий контроль металлических изделий, изготовленных методами аддитивных технологий. Основные положения.
- ГОСТ Р 59036-2020. Аддитивные технологии. Производство на основе селективного лазерного сплавления металлических порошков. Общие положения.
- ГОСТ Р 59037-2020. Аддитивные технологии. Конструирование металлических изделий. Руководящие принципы.
- ГОСТ Р 59038-2020. Аддитивные технологии. Подтверждение качества и свойств металлических изделий.
- ГОСТ Р 59130-2020. Аддитивные технологии. Подтверждение качества и свойств изделий для судостроения и морской техники.
- ГОСТ Р 59184-2020. Аддитивные технологии. Оборудование для селективного лазерного сплавления. Общие требования.
- ГОСТ Р 59096-2020. Материалы для аддитивного строительного производства. Методы испытаний.

- ГОСТ Р 59930-2021. Аддитивные технологии. Процесс синтеза изделий из металлических порошков на подложке для критических применений. Общие положения.

Перечисленные стандарты легализовали такие термины, как 3D-принтер, 3D-печать, 3D-сканирование, 3D-оцифровка, постобработка. Стоит отметить, что это первые ГОСТы на аддитивные технологии. Они представляют собой адаптированные переводы на русский язык принятых за рубежом документов. Например, ГОСТ Р 57558 – аналог американского ASTM 52900.

Новые стандарты разработаны отраслевым интегратором Государственной Корпорации "Росатом" ООО "Русатом. В 2015 году при Росстандарте создан технический комитет №182 «Аддитивные технологии». В его работе принимают участие 66 российских технологических компаний, представляющих науку, производителей и потребителей продукции, производителей оборудования. Сейчас комитет работает над проектами новых стандартов в сфере 3D-технологий. Взаимодействие организаций в рамках технического комитета укрепляет связи между научно-исследовательскими, проектно-конструкторскими и производственными организациями в данной сфере.

Росстандарт поддерживает особую процедуру создания ПНСТ – предварительных национальных стандартов (предстандартов). Она представляет собой ускоренную процедуру разработки ГОСТов. По инициативе разработчика новой технологии Росстандарт может провести необходимые для официального утверждения процедуры всего за несколько месяцев. Получившийся документ еще не будет ГОСТом – это временный переходный документ в статусе ПНСТ, который, однако, можно использовать. На сегодняшний день уже создан документ ПНСТ по аддитивным технологиям.

ПНСТ 495-2020 «Строительные работы и типовые технологические процессы. Аддитивные технологии. Применение трехмерной печати (3D-

печать) в строительстве. Общие требования» (предварительный национальный стандарт действует с 1 января 2021 года по 1 января 2024 года).

Ну и стоит сказать о стандартизации 3D-печати в мире.

Центром разработки стандартов на 3D-печать за рубежом является ASTM, опубликовавший свыше 10 документов. За эту работу отвечает технический комитет F42, включающий 600 экспертов из 25 стран. ASTM теснейшим образом сотрудничает с ИСО. Например, в настоящее время организации совместно разрабатывают стандарт на свойства пластика, который используется при аддитивном производстве – ИСО/ASTM CD 52903–2. В общей сложности в работе находится более 10 документов ИСО. Среди уже утвержденных – стандарты, устанавливающие правила калибровки, общие понятия и определения аддитивных технологий и т.д.

В феврале 2017 года Американская ассоциация специалистов по 3D-печати (AMSC) опубликовала дорожную карту по разработке стандартов в этой сфере. В документе собраны все аспекты проектирования, разработки, хранения и реализации аддитивных технологий, которые пока не обеспечены стандартами.

Одна из приоритетных областей аддитивного производства, нуждающаяся в выработке правил игры, – сборка. В данной сфере необходимы стандарты:

- на текучесть, растекаемость материалов и их структуру;
- на автоматизацию производственного процесса и автоматическую калибровку;
- на обращение с напечатанной на 3D-принтере деталью сразу после производственного процесса – чистовую отделку поверхностей.

Также требуются стандарты на неразрушающие методы контроля изделий, созданных на 3D-принтере. AMSC также констатирует необходимость разработки гармонизированных сертификационных требований, распределенных по отраслям. Есть потребность в новых

стандартах по квалификации сотрудников, которые обслуживают процесс 3D-печати. Таким образом нормативные документы нужны и в области:

- совместимости программного обеспечения, обслуживающего принтеры;
- циркуляции внутренней информации о техническом задании на изделие в процессе аддитивного производства.

В связи с отсутствием стандартов и технических требований к изделиям, изготовленным на 3D-принтерах, производители вынуждены подтверждать соответствие существующим стандартам на материалы и отдельные компоненты. Это же касается и отраслевых стандартов на системы менеджмента компаний-производителей аддитивных технологий. Они необходимы для повышения качества изделий и удешевления производства.

3D-печать сталкивается с гораздо большим числом вызовов в сфере качества, нежели традиционная промышленность, так как с помощью 3D-принтера можно изготавливать формы, по сложности близкие к органическим (негеометрические формы). Наличие четких требований к готовому изделию определяет удовлетворенность потребителя и, в конечном счете, успех производства.

В заключении хочется сказать, что ключевым фактором, останавливающим массовое распространение аддитивных технологий в строительстве, является отсутствие единой нормативной базы. В российской системе нормативно-технического регулирования в строительстве должны появиться документы, регламентирующие вопросы проектирования и строительства с применением аддитивного строительного производства, позволяющие применять эту технологию для объектов различного функционального назначения. Внедрение новых стандартов способствует установлению требований к целесообразности применения аддитивных технологий, к конструированию деталей, к обеспечению качества изготавливаемых изделий и безопасности их применения.

На сегодняшний день существует достаточное количество примеров, которые могут доказать не только эффективность и жизнеспособность, но и необходимость, аддитивных технологий производства в строительстве.

В 2014 году китайской компанией Winsun были построены 10 стандартных домов менее чем за день площадью 195 м² и стоимостью \$4800 каждый. Как утверждают создатели, каждая из конструкций была изготовлена из переработанных материалов. Компания использовала огромный порталный принтер размерами 150x10x6 м с технологией выдавливания материала (высокопрочного бетонного раствора, армированного специальным стеклопластиком) для предварительной печати основных отдельных элементов здания вне строительной площадки.

Далее конструкции были транспортированы и смонтированы как традиционные сборные конструкций непосредственно на строительной площадке на традиционных фундаментах с дополнительной конструкционной арматурой из стали. Таким образом дома были изготовлены быстро и дешево.

В 2015 году компания построила из бетона пятиэтажное жилое здание-особняк площадью 1100 м² вместе с внутренней отделкой, а также отдельно стоящую бетонную виллу стоимостью \$160 000. Компания напечатала стены и другие элементы конструкций вне строительной площадки за один день и потом смонтировала их между собой на строительной площадке за два дня с помощью трех рабочих.

После этого WinSun объявила о получении заказа на 10 таких же особняков от тайваньской компании по недвижимости Томсон Group. Компания добавила дома площадью 80 и 130 м² с двориком в китайском стиле к списку зданий, которые они напечатали с возможностью сборки для каждого дома за два дня. Более того компании WinSun реализовала такие проекты, как автобусные остановки и общественные туалеты.

В мае 2016 года правительство Дубая построило с помощью 3D-принтера офисное пространство площадью 250 м², расположенное в комплексе Дубай Эмиратс Тоуэрс. Портальный принтер компании WinSun

(6x36x12 м) и принтеры меньшего размера использовались для создания офисов, что заняло в общей сложности 17 дней. При строительстве был задействован всего один человек, который следил за процессом печати. Отдельные элементы были напечатаны в Шанхае, Китае, на фабрике WinSun, а после отправлены и смонтированы уже в Дубае, ОАЭ. Сообщалось, что стоимость строительства офисов составляет приблизительно \$140 000, а затраты на оплату труда — примерно вдвое меньше, чем требуется для зданий аналогичного размера. Площадь одноэтажного здания составила 242 м². После завершения строительства были выполнены внутренняя и внешняя отделки. По сравнению с традиционными методами строительства строительные отходы сократились на 30-60%, затраты на рабочую силу сократились на 50-80%, а затраты на строительство снизились на 80%. Незадолго до открытия офиса правительство Дубая объявило о своем стремлении к тому, чтобы к 2030 году 25% зданий Дубая были построены с использованием 3D-печати.

Конкурирующая китайская компания Huashang Tengda напечатала двухэтажную виллу площадью 400 м² и стоимостью \$4800 за 45 дней прямо на строительной площадке. Компания использовала уникальную технологию, позволяющую печатать «целое здание» непосредственно на строительной площадке «за раз». Несущие элементы здания, включая традиционное стальное армирование и водопроводные трубы, возводились заранее, а здание печаталось вокруг каркаса. Обычный бетон класса С30, содержащий крупный заполнитель, подавался в опалубочную форму и вокруг стержней с помощью использования новейшей конструкции раздвоенного сопла. Особенностью данного примера является возможность установки традиционного стального армирования.

В декабре 2016 компания Apis Core из Сан-Франциско напечатала первый дом прямо на строительной площадке в Ступино, Россия, за 24 часа общей площадью 38 м² и стоимостью \$10 134, которая не включала стоимость мебели или бытовой техники. Небольшой дом включает в себя ванную комнату, кухню и гостиную, которая превращается в спальню. Крыша,

изоляция и окна, а также предметы интерьера не были напечатаны, а добавлены после завершения печати. Принтер компании Apis Core при печати достигает максимальной высоты 3.1 м и ширины 5 м, а для работы принтера и размещения армирования между печатными слоями на месте требовалось всего два человека. Компания утверждает, что здание может эксплуатироваться до 175 лет. Данный принтер может быть легко транспортирован на любую площадку, а длительная подготовка перед началом строительных работ отсутствует благодаря встроенной системе автоматического выравнивания и стабилизации горизонта.

Другой конструктор, Андрей Руденко, на своем заднем дворе разработал и настроил принтер, печатающий на основе моделирования методом послойного наплавления. К августу 2014 года Руденко успешно напечатал замок из бетона, слои которого имели высоту 10 мм и ширину 30 мм. Через два года после начала работ они были закончены.

Руденко совместно с Гранд отелем Льюис на Филиппинах построил при отеле виллу размерами 12.5 x 10.5 x 4 м и площадью 130 м², которая была завершена в сентябре 2015 года. Вилла вместе с гидромассажной ванной были созданы с помощью технологии 3D-печати за 100 часов. В процессе печати использовались местные материалы (песок и вулканический пепел), что придавало печатаемым элементам оптимальные характеристики.

В августе 2016 года DUS Architects из Амстердама построили дом, используя только компоненты, изготовленные с использованием 3D-принтера. Они осуществили проект с помощью разработанного 3D-принтера, получившего название KamerMaker (Дом на канале). Здание изготовлено из экологически чистого пластика (полипропиленовых блоков), содержащего льняное масло, которое может быть измельчено и переработано после окончания срока службы здания.

Городской коттедж площадью 8 м² и общим объемом 25 м³, высотой 6 м, было собрано из блоков размерами 2.2 x 2.2 x 3.5 м и массой 180 кг каждый. В коттедже есть всего одна спальня, но имеется ванная комната снаружи

коттеджа, также напечатанная на 3D-принтере. По внешнему виду здание напоминает традиционный голландский домик с остроконечной крышей.

Такие конструкции, хотя и небольшие по своему размеру, могут быть напечатаны быстро и дешево для обеспечения аварийного укрытия, которое может быть легко демонтировано и утилизировать, когда в нем больше нет необходимости. В этом проекте архитекторы доказали, что при создании элементов на месте уменьшается количество строительных отходов и значительно сокращаются любые транспортные расходы, связанные со строительством модульных элементов за пределами строительной площадки.

Американские исследователи Али Каземян, Синчжун Юань, Ричард Майер и Бехрох Хошневис в своей научной статье описывают послойно напечатанный на 3D-принтере конструкцию одноэтажного здания площадью 102 м² с двумя спальнями и одной ванной комнатой. Пройденное расстояние соплом составило 67 м для каждого слоя. Линейная скорость печати 60 мм/с, а временной интервал между слоями 19 мин.

Еще одним примером эффективного применения 3D-принтера в строительной отрасли является деятельность строительной компании (Cazza). В июне 2017 года (Cazza) выпустила собственную линейку роботизированных 3D-принтеров, которые, как они надеются, повысят скорость строительства и безопасность, одновременно сократив при этом затраты и наносимый ущерб окружающей среде. Принтеры способны печатать жилые помещения площадью 100 м² в течение 24 часов, а для размещения стальной арматуры между слоями требуется один человек. Компания Cazza была вовлечена в одну из программ Дубая и с тех пор перенесла свою штаб-квартиру в ОАЭ. Говорят также о зданиях в Перте, Австралия, построенных из элементов, изготовленных с использованием этой технологии.

С помощью технологии D-Shape был построен дом с четырьмя спальнями общей площадью 220 м², вместе с бассейном, джакузи и навесом для машины. Данный проект был осуществлен с использованием процесса 3D-печати (3D Powder) в северной части штата Нью-Йорк. В проекте были

использовано местные материалы для построения конструкций, соединяемые с помощью цемента на основе магния.

Также данная технология печати D-Shape использовалась при строительстве ландшафтного дома в виде бесконечной ленты, который был вдохновлен полосой Мёбиуса.

Существует также немалое количество примеров, когда с помощью 3D-принтера создавались не целые здания сразу, а их отдельные элементы. Исследователи из Неаполитанского университета имени Фридриха II напечатали модульную армированную балку длиной 3 м с помощью принтера BIGDELTA WASP высотой 4 м. Исследователи разработали систему, позволяющую производить бетонные элементы, которые могут быть смонтированы со стальными стержнями или балками или содержать стержни самого армирования в себе.

Supermachine Studio совместно с The Siam Cement Group напечатали в Таиланде конструкцию свода павильона высотой 3 м с помощью принтера BIGDELTA WASP высотой 4 м, которая была названа The «Y-Box Pavilion», общая стоимость составила \$28 000. Элементы печатались вне строительной площадки, а потом все элементы монтировались между собой.

Архитектурные элементы высотой 1.6 м под названием «Radiolaria» были созданы посредством технологии D-Shape.

А с помощью технологии Emerging Objects была создана конструкция отдельно стоящей ротонды Bloom высотой 2.74 м с основанием приблизительно 3.66 м на 3.66 м, состоящая из 840 отдельно изготовленных блоков, которые печатались с помощью системы из 11 принтеров. Элементы удерживались с помощью стальных технических устройств и собирались из 16 больших и легких сборных панелей, которые могут быть смонтированы всего за несколько часов. Маленький прототип здания Shed, состоящий из модульных блоков размерами 0.3 x 0.3 x 0.3 м, которые были напечатаны с помощью технологии Emerging Objects на 3D-принтере из песка и собирались в стену.

WASP построили деревню Шамбала в Масса Ломбарда, Италия, используя глину. Конструкции были построены с использованием имеющейся в наличии грязи и глины, а также растительных волокон, что обеспечило экологически чистое строительство. Стоимость первого дома, построенного в 2016 году, составила €48. Они наращивали высоту сооружения примерно на 60 см в день. В жаркие дни это можно было увеличить до 1 м, так как смесь глины и соломы быстрее затвердевает в жару. При строительстве были использованы местные материалы (глина, солома, вода).

Международная инженерная фирма Arup представила стальные элементы, напечатанные с использованием селективного лазерного спекания порошкового металла. Использование мартенситной стали привело к созданию прототипа с низким содержанием углерода, малым весом и сверхвысокой прочностью.

Наглядным примером использования металлов в 3D-печати является компания MX3D, которая в настоящее время строит мост через канал длиной 8 (10) м и шириной 2.5 (4) м в Амстердаме, Нидерланды, с использованием роботов, оснащенных сварочным оборудованием. Изначально печать предполагалась непосредственно на строительной площадке, но была рассмотрена как слишком опасная. Проект был реализован компанией MX3D, Arup совместно с исследователями из Империял Imperial College London. Мост был напечатан методом прямого лазерного выращивания роботизированным 6-осевым сварочным роботом-манипулятором. Именно этот проект продемонстрировал возможности использования металла при крупномасштабном строительстве.

Кроме того, уже упомянутая компания Arup совместно с CLS Architects спроектировали еще один дом в Италии и представили на выставке «Салон мебели). Здание было напечатано с помощью роботизированного принтера.

Компания Skanska напечатала уникальную облицовку фасада здания Бевиса Маркса в Лондоне, Великобритании. С помощью другой технологии была напечатана опалубочная система из воска. Впоследствии она может

выступать в роли традиционной опалубки для формирования элемента и нанесения бетона с помощью традиционных технологий, а после завершения строительства нагрета и повторно использована в качестве материала для опалубки. Размеры печати элементов составляют 30 x 3.5 x 1.5 м, что позволяет печатать большие со сложной формой опалубочные конструкции. Изготовление с применением данной технологии занимает 3 часа вместо 8 дней с использованием дерева или полистирола.

Существует проект австрийского архитектора Вольфа Дитера Приса Музей современного искусства и в Шэньчжэне, Китае. С использованием BIM-технологий создаются гиперболические пластины из металла, которые являются частью изогнутого ядра музея. Со слов проектировщиков создание конструкций сложной формы значительно упрощается с использованием аддитивных технологий производства

Еще один проект the YRYS Concept House был разработан компанией "Комфортные дома во Франции" с помощью XtreeE. С помощью 3D-принтера были напечатаны четыре колонны и внешняя отдельно стоящая стена дома. Четыре колонны разделялись на 2 части каждая для простой транспортировки, что значительно сократило время печати. Восемь частей опалубочных форм были напечатаны последовательно друг за другом. Строительство стены было разбито на следующие этапы производства колонн: печать опалубки с помощью 3D-принтера, транспортировка частей на строительную площадку, укладка бетона, отделочные работы и наконец установка элементов на строительной площадке.

Раздел №2. Практическое занятие на тему: «Техническое задание на разработку изделия аддитивного производства»

Цель практического занятия: научиться составлять техническое задание на проектирование строительной конструкции и познакомиться с устройством и принципами работы 3D-принтера.

Проектирование — это процесс разработки проектной и рабочей документации, который обладает определённой структурой, то есть последовательностью и составом стадий и этапов, совокупностью процедур и привлекаемых технических средств, а также взаимодействием участников процесса.

В соответствии с Гражданским кодексом, проектирование — это один из видов подрядных работ, результатом которых является продукция (проект), то есть комплект проектной документации на объект проектирования. Проект предназначен для создания объекта, его эксплуатации, ремонта и последующей ликвидации, а также для проверки или воспроизведения промежуточных и конечных решений, на основе которых этот объект был разработан.

Участников проектных работ разделяют на потребителей (заказчиков) и поставщиков (исполнителей). Исполнителя-специалиста называют проектировщиком или разработчиком. Поставщиком, как и потребителем продукции, может быть организация (юридическое лицо) или конкретный человек (физическое лицо).

Решение любой задачи начинается с её осмысления и уточнения исходных данных. Те технические требования, которые выдаются заказчиком, формулируются на языке потребителя-неспециалиста и не всегда бывают технически четкими и исчерпывающими.

Перевести требования на язык предметной области, сформулировать задачу максимально полно и грамотно, обосновать необходимость её решения,

это и есть главная цель Технического задания, обязательный этап работы. Исполнитель выполняет его в тесном контакте с заказчиком. Фактически это означает, что работа исполнителя над проектом уже началась.

Техническое задание (ТЗ) или Задание на проектирование - это исходный документ на проектирование технического объекта или изделия. Техническое задание устанавливает основное назначение разрабатываемого объекта, его технические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, а также специальные требования.

Техническое задание является юридическим документом - как приложение оно включается в договор между заказчиком и исполнителем на проведение проектно-изыскательских работ и является его основой. ТЗ определяет порядок и условия работ, в том числе цель, задачи, принципы, ожидаемые результаты и сроки выполнения. В нем отражены объективные критерии, по которым можно определить, выполнен ли тот или иной пункт работ или нет.

Все изменения, дополнения и уточнения формулировок Технического задания обязательно согласуются с заказчиком и им утверждаются. Это необходимо для того, чтобы в случае обнаружения в процессе проектирования неточностей или ошибочности исходных данных можно было определить степень вины каждой из сторон-участниц разработки проектной документации и распределения понесенных, в связи с этим убытков.

Как правило, техническое задание составляют на основе анализа результатов предварительных исследований, расчётов и моделирования.

Техническое задание выдаётся заказчиком. Основными причинами, заставляющими обратиться к разработчику, являются отсутствие у него соответствующих специальных знаний либо ограниченность его ресурсов (нехватка времени на решение задачи, необходимого количества людей, оборудования).

Задание может быть чётко определено, например, когда всю работу ведет один человек, либо оно выдано авторитетным специалистом, либо не

может быть подвергнуто сомнению (госзаказ). Но чаще оно формулируется в общих чертах на языке потребителя-неспециалиста, далёкого от языка разработчика и терминов предметной области.

Неопределенные требования вызывают неуверенность у всех участников работ, так как допускают различное толкование требований и не позволяют объективно оценить качество разработанного проекта. Также разработчик должен понимать, что заказчик может не знать (или знать частично) специальных требований. Однако это не снимает с разработчика ответственности и обязательности выполнения требований надзорных органов независимо от их наличия в задании.

Таким образом, не только заказчик, но и разработчик является ответственным за постановку целей разработки проектной документации.

Содержание и форма задания на проектирование объекта

Содержание задания на проектирование зависит от специфики проекта и проектируемых объектов, но в общем виде оно состоит из следующих разделов:

Основание для строительства объекта. Грубо говоря, этот пункт определяет, на основании чьего решения производится разработка проекта сооружения объекта. Это может быть компания застройщика или государственный орган.

Основной вид планируемой работы: строительство либо реконструкция здания, его ремонт, модернизация, проектирование конструкции и т. д.

Порядок разработки проекта: это перечень основных стадий и этапов.

Главные источники финансирования строительства объекта: государственные средства или личные инвестиции

В случае проектирования промышленного или производственного здания, документ описывает технологические процессы на предприятии. Эти данные используются, чтобы при наличии необходимости, помещения проектировались, учитывая условия производства и в соответствии с требованиями компании, и при эксплуатации объекта и производстве работ не

возникало проблем, в том числе, например, с размещением и использованием технического оборудования.

Технические характеристики объекта: мощность и производительность (для промышленного сооружения), этажность, энергопотребление, вместимость, наличие специфических особенностей прокладки инженерных систем и т.д.

Документ должен описывать технологические (архитектурные, инженерные), технические (чертежи, схемы, расчеты) и строительные решения, которые определяют внешний вид и материалы, используемые при производстве работ по возведению объекта.

Решения по благоустройству территории и малых архитектурных форм, освещения здания и проч.

Организация систем безопасности: систем пожарной безопасности, охранных систем, систем видеонаблюдения и т. д.

Организация системы коммуникаций – канализации, систем водо- и электроснабжения.

Требования, в соответствии с которыми исполнитель должен подготовить разрешительные и прочие документы.

Главная задача, ради которой составляется этот документ – это возможность заказчика выстроить контакт и в рабочем порядке донести свои мысли, пожелания и условия исполнителю работ в максимально подробной форме. У обеих сторон появляется понимание целей и особенностей строительства. Также этот документ является важным условием для приемки работ, поскольку их согласование будет производиться на его основании. Также подробно разработанные технические задания позволяют существенно снизить количество ошибок и упростить решение задач при проектировании. Это обеспечивает надлежащее качество работ и соблюдение сроков их выполнения, а также повышает безопасность при дальнейшей эксплуатации объекта.

Требования к проектной документации.

В задании на проектирование должны быть определены все необходимые требования к проектной документации, включая состав и содержание. Это может включать, например,

- Описание общей концепции проекта;
- Технические чертежи и схемы;
- Технические условия;
- Технологические карты и инструкции;
- Сметные расчеты и документы по безопасности.

Характеристики объекта проектирования.

В задании на проектирование должны быть указаны характеристики объекта проектирования, такие как его площадь, габариты, местоположение и т. д.

Сведения о заказчике и организации, выполняющей проектирование.

В задании на проектирование также должны быть указаны сведения о заказчике и организации, которая будет выполнять проектирование. Это может включать, например, наименование организации, ее контакты (например, сайт организации) и/или контактные данные ответственных лиц, реквизиты договора и т. д.

Форма задания на проектирование может быть различной: это может быть приказ, договор, техническое задание или иной документ, утвержденный заказчиком.

Подготовка задания на проектирование является важным этапом в реализации проекта. Для того, чтобы задание на проектирование было эффективным, необходимо учитывать следующие требования:

Четкость и понятность задания на проектирование.

Задание на проектирование должно быть четким и понятным для всех участников проекта, включая заказчика, проектировщика и исполнителя работ.

Определение всех необходимых требований к проектной документации

В задании на проектирование должны быть определены все необходимые требования к проектной документации, включая состав и содержание.

Соответствие нормам и стандартам.

Задание на проектирование должно содержать информацию обо всех требованиях, предъявляемых к проекту, и соответствовать нормам и стандартам, которые применяются в данной области.

Разработка задания на проектирование.

Разработка задания на проектирование осуществляется заказчиком или организацией, которую он нанимает для выполнения проекта. В процессе разработки задания на проектирование важно учитывать требования заказчика и соблюдать все нормы и стандарты, которые применяются в данной области.

Утверждение и согласование задания на проектирование.

После разработки задания на проектирование его необходимо утвердить и согласовать с заказчиком и другими заинтересованными сторонами. Утверждение задания на проектирование позволяет убедиться в том, что все требования к проекту и проектной документации определены и согласованы. В случае несоблюдения условий задания на проектирование, например, наличии грубых ошибок или нарушения сроков сдачи работ, заказчик вправе не принять проект.

Составление ТЗ - сложная и ответственная задача: многие данные ещё не известны, но то, как задание будет сформулировано, способно облегчить или затруднить последующее проектирование.

Специалисты справедливо считают, что грамотно составленное ТЗ - это более 50 % успеха в решении задачи, а время, затраченное на подготовку ТЗ - одно из лучших вложений, которые фирма может сделать в период проектирования. Недаром составление ТЗ поручается ведущим специалистам - главным конструкторам, руководителям проектов и т. п.

Замечено, что если стоимость исправления проектной ошибки, допущенной на этапе технического проектирования принять за 1, то стоимость

её исправления возрастает на несколько порядков, если ошибка была допущена на этапе формирования ТЗ.

Как инструмент коммуникации в связке общения заказчик-исполнитель, Техническое задание позволяет:

Обеим сторонам:

- представить (вообразить) готовый продукт;
- выполнить попутную проверку готового продукта;
- уменьшить число ошибок, связанных с изменением требований в результате их неполноты или ошибочности.

Заказчику:

- осознать, что именно ему нужно, опираясь на существующие в данный момент свои технические возможности и ресурсы;
- требовать от исполнителя соответствия продукта всем условиям, оговорённым в ТЗ.

Исполнителю:

- понять суть задачи, показать заказчику "технический облик" будущего изделия;
- спланировать выполнение проекта и работать по намеченному плану;
- отказаться от выполнения работ, не указанных в ТЗ.

Задание на проектирование является важным этапом в реализации проекта, поскольку от него зависит качество проектной документации и, в конечном счете, успех всего проекта. Подготовка задания на проектирование должна осуществляться в срок, с соблюдением всех требований и норм, чтобы обеспечить эффективность проекта и его соответствие ожиданиям заказчика.

Строительный 3D-принтер – это инженерное устройство, создающее послойно элементы строительных конструкций, малые архитектурные формы или целые здания.

Основное конструктивное отличие строительного 3D-принтера от обычного – это отсутствие нагревающего элемента.

Особенности строительных 3d-принтеров:

1. Большие размеры, по сравнению с обычными 3D-принтерами.
2. Строительные растворы на основе цемента, применяемые для 3D-печати.
3. Рабочая поверхность для 3D-печати, которой является строительная площадка или цех при производстве сборных элементов.

Типы строительных 3d-принтеров:

1. Портальные 3D-принтеры
2. 3D-принтеры типа «дельта»
3. Роботизированные 3D-принтеры

Портальный 3D-принтер представляет собой конструкцию из рамы, трех порталов и печатающей головки. Он может печатать здание по частям или целиком, если оно умещается под аркой 3D-принтера.

Работа портального 3D-принтера состоит из следующих операций: печатающая головка принтера, двигаясь вдоль направлений X и Y, печатает рисунок сечения модели строительной смесью, например, бетоном, гипсом или каолиновыми смесями. При завершении слоя головка поднимается вдоль направления Z на толщину нового слоя, печатает новый слой, и так до завершения построения изделия.

Архитекторы и специалисты используют 3D-принтеры типа «дельта» для получения деталей сложной формы, таких как купола, лестницы и деревья, которые долго создавать вручную. Например, в Италии был напечатан дом (TECLA), куполообразной формы, полностью созданный из природных материалов пригодных для вторичной переработки.

Российская компания АМТ, входящая в группу компаний «АМТ-СПЕЦАВИА». 3D-принтеры АМТ относятся к типу порталных и применяются для изготовления малых архитектурных форм, изделий для ландшафтного дизайна и благоустройства территории, производства элементов и частей зданий и сооружений с последующей сборкой на стройплощадке, а также печати зданий непосредственно на фундаменте.

В 3D-принтере типа «дельта» печатающая головка подвешивается на рычагах, которые крепятся к вертикальным направляющим.

3D-принтеры типа «дельта» применяются для получения деталей сложной формы, таких как купола, лестницы и элементы ландшафта и т.п.

Роботизированный 3D-принтер представляют собой робот или группу роботов типа промышленного манипулятора, оснащенных экструдерами и управляемых компьютером.

Роботизированные 3D-принтеры могут быть установлены как рядом с печатаемым объектом, так и внутри него.

Конструктивные особенности и устройство строительного 3D-принтер зависят от его типа (портальный принтер, принтер типа «дельта», роботизированные манипуляторы).

Конструктивные особенности портального 3D-принтера:

- Стойки по углам и 2 суппортные балки для вертикального перемещения принтера во время печати
- Портальная балка для горизонтального перемещения принтера во время печати
- Каретки для перемещения портальной балки по суппортным балкам и каретка для перемещения печатающей головки по портальной балке
- Печатающая головка
- Пункт управления

Устройство экструдера портального 3D-принтера:

- Корпус печатающей головки (экструдера).
- Дозирующий шнек.
- Узел присоединения шланга насоса для подачи в принтер строительной смеси.
- Датчик уровня строительной смеси в экструдере.
- Сменное сопло для экструзии строительной смеси заданной ширины.

Конструктивные особенности 3D-принтера «ДЕЛЬТА»:

- Вертикальные стойки, расположенные в форме треугольника, и горизонтальные опоясывающие балки, закрепленные на нескольких

уровнях по высоте, для обеспечения устойчивости принтера во время печати

- «Руки» на линейных приводах для перемещения печатающей головки в пространстве
- Печатающая головка (экструдер)
- Пункт управления

Конструктивные особенности роботизированного 3D-принтера:

- Рука-манипулятор для перемещения печатающей головки в пространстве
- Печатающая головка (экструдер)
- Конструкция некоторых моделей принтеров предусматривает установку их на перемещаемую платформу для обеспечения мобильности при производстве работ, а также стойки для обеспечения устойчивости мобильной платформы
- Пункт управления

Основные принципы устройства 3d-принтера:

- Простота конструкции принтера
- Легкость управления принтером
- Небольшой вес принтера
- Простота сборки и установки
- Влагостойкость элементов принтера при работе на строительной площадке

Оборудование для обеспечения работы 3d-принтера:

1. Мойка высокого давления
2. Растворомешалка и насос для подачи строительной смеси в 3D-принтер
3. Компьютер с установленным ПО для 3D-печати
4. Различные расходные материалы, необходимые для работы принтера

Персонал для обеспечения работы 3d-принтера.

Минимальная численность персонала для обеспечения работы одного строительного 3D-принтера составляет 2 человека:

1. Оператор, управляющий процессом печати

2. Специалист, занимающийся приготовлением растворной смеси заданной пропорции и подачей её в 3D-принтер

Раздел №3. Практическое занятие на тему:
«Проектирование конструкции изделия аддитивного производства на
основе технического задания на его разработку»

Цель практического занятия: рассмотреть этапы проектирования заготовки (3D-модели) строительной конструкции для загрузки в 3D-принтер, работу с элементами САПР для проектирования и контроля строительства с помощью аддитивных технологий, проектирование состава смеси для 3D-печати.

3Д модель – это цифровое представление трехмерного объекта или среды. Это виртуальная модель, которую можно просматривать и манипулировать ею под любым углом, и она может использоваться для различных целей, включая визуализацию, моделирование, анимацию и игры.

3D-модель обычно создается с помощью специализированного программного обеспечения, которое позволяет пользователю построить модель с нуля, используя различные инструменты, такие как примитивы, сплайны и полигоны.

Весь цикл создания детали на 3D-принтере можно уместить в три этапа:

- создание/нахождение модели,
- нарезка модели в слайсере,
- печать на 3D-принтере.

Каждый этап завязан на своей программе. Модели создаются в специальных программах, затем в слайсере модель “нарезается” на шаги, которые принтер будет последовательно исполнять. Полученный список шагов (команд) либо помещается на карту памяти и запускаются с самого принтера, либо через проводное/беспроводное соединение отправляются на принтер. В итоге всех этих действий мы получаем изделие. Поэтому искать “программу для 3D-принтера” неправильно: необходимо искать программу для моделирования и слайсер.

Программы для 3D-моделирования делятся на две большие группы:

- Программы для художественного моделирования.
- Программы для создания инженерных изделий (зачастую САП или САПР - Система Автоматического Проектирования).

Для начала стоит разобраться, какие виды файлов участвуют в процессе изготовления детали. Первым шагом идёт создание модели. Она может быть сохранена в формате самой программы (например, у КОМПАС-3D файлы имеют расширение .m3d, а у 3ds Max расширение файла будет .MAX). Такие файлы могут быть открыты только в программах, в которых создавались. Но нам нужен универсальный формат - STL. Все программы умеют сохранять модели в этом формате. В нём хранятся полигоны, создающие модель.

Все файлы делятся на 3 категории:

Файлы, хранящие полигональную информацию (STL, OBJ и др.). Являются аналогами растрового изображения. Увеличить качество 3D-моделей в этом формате можно только сглаживанием, но при этом будут теряться мелкие детали, а вес файла сильно увеличиваться.

Файлы, хранящие шаги по созданию детали (STEP, STP и др.). Здесь можно провести аналогию с векторными изображениями. Каждый элемент задается либо с помощью простых соединений точками (например, как в кубе или пирамиде), либо с помощью формул (любые кривые, округлые объекты). Модели в таком формате можно масштабировать без потери качества, при этом сохраняя относительно малый объем файла.

Утилитарные файлы, в которых хранятся шаги для 3D-принтера (GCODE, GCOD). В этих файлах хранятся команды, которые исполняет принтер и, в некоторых случаях, комментарии (например, с какими настройками была нарезана модель). Некоторые слайсеры могут симулировать движения принтера, тем самым визуализируя модель, но перевести файл из этого формата в полноценную модель невозможно.

Если файлы находятся в одной категории, то их можно легко переводить из одного формата в другой почти без потери данных.

Рассмотрим создание архитектурно-строительной 3D-модели здания для экспорта на 3D-принтер в программном комплексе Autodesk Revit на примере модели, созданной BIM-экспертом Михаилом Гордеевым.

Важными факторами, которые влияют на этот процесс, являются:

- модель и технология печати 3D-принтера;
- размеры рабочего объема камеры 3D-принтера;
- масштаб, в котором будет печататься здание;
- тип и назначение макета здания (например, это концептуальные объемы для проекта планировки, или это объем здания со сложными фасадными элементами или же это макет, который будет разборным для презентации внутреннего объемно-планировочного пространства).

Процесс создания модели, не сильно будет отличаться для различных видов 3D принтеров.

Самые доступные 3D-принтеры – это те, которые работают по технологии FDM (то есть изделия формируются послойно из расплавленной пластиковой нити). И именно этот процесс можно условно сравнить с технологическим процессом выполнения монолитного железобетонного каркаса. Также, как при осуществлении строительно-монтажных работ для монолитных ж/б перекрытий, балок и различного рода консолей необходимы технологические стойки, так и в процессе 3D-печати по технологии FDM нужны так называемые поддержки. Но проблема заключается в том, что не всегда эти поддержки можно удалить без повреждения модели.

При этом нужно отметить, что подготовка трехмерной модели для 3D-печати никак не должна ухудшать качество информационной модели здания, которая, в свою очередь, должна отвечать требованиям BIM-стандарта.

Исходя из вышесказанного, 3D-модель надо готовить таким образом, чтобы при 3D-печати было как можно меньше поддержек. Но задача усложняется, когда фасады здания имеют большое количество различного

рода элементов или по требованию заказчика макет должен быть разборным. Здесь и возникает вопрос, как правильно разрезать информационную модель здания на части, чтобы потом без проблем можно было бы собрать(склеить) макет.

Давайте разберемся на примере BIM-модели монолитного ж/б каркаса здания, разработанного в Autodesk Revit. На слайде показана 3D модель монолитного жб каркаса жилого дома.

Конечно, мы можем отправить данную модель на печать целиком, без учета размера рабочего пространства камеры. Но в таком случае наш макет может получиться (в зависимости от модели принтера) меньше необходимого масштаба. Поэтому абсолютно понятно, что модель в Autodesk Revit нужно собирать по секциям таким образом, чтобы каждая из них была в отдельном файле.

Давайте представим, как распечатается наша модель в таком виде.

Если масштаб печати будет менее 1:200, то поддержки, которые должны быть между перекрытиями, удалить без потери качества модели будет очень сложно.

Теперь возникает вопрос – а как избавиться от большого количества поддержек? Ведь каждая удаляемая поддержка — это перерасход материала. Да и требования к модели могут быть такие, что она должна быть разборной для демонстрации внутренней планировки.

Соответственно, нужно, чтобы построенная модель могла без проблем делиться по высоте таким образом, чтобы было минимум удаляемых поддержек.

Для того чтобы разрезать поэтажно модель в Revit, необходимо создать 3D-виды этажей.

На 3D-видах скрываются все ненужные элементы и категории.

Обрезать модель можно также с помощью границ 3D-вида. Данный параметр отображен в свойствах.

Теперь нашу модель можно будет распечатать поэтажно с минимальным количеством поддержек. При этом, в зависимости от масштаба, например, 1:200, поддержки будут не нужны в проемах и под некоторыми не очень длинными балками.

Итак, модель готова и ее нужно экспортировать для передачи на 3D-принтер. Но для этого нам необходимо перевести ее в такие форматы как *.3mf, *.obj, или *.stl. К сожалению, из Autodesk Revit нет возможности штатными средствами экспортировать модель в эти форматы, как, например, в Autodesk Inventor . Поэтому давайте разберем несколько способов, как это сделать.

1 способ. Для Revit существует такой плагин, как STL Exporter for Revit. Он доступен по подписке. Нажимаете вкладку настройки.

Затем вкладку General (главная).

Далее вкладка категории. Несмотря на то, что это самый простой способ, он не очень удобный. Окно данного плагина не имеет возможности растягиваться, да и выбор нескольких элементов с клавишами shift/ctr не работает.

Подготовленную модель Revit экспортируем в формат DWG. При этом важно экспортировать именно 3D-виды, которые вы настроили для экспорта.

В параметрах экспорта, во вкладке «Тела», важно переключиться на параметр «Тела ACIS».

Открыв нашу модель в AutoCAD, можно отправить ее в *.stl формат штатным способом. При этом в AutoCAD к модели каждого этажа можно добавить нагели (шканты), с помощью которых этажи будут соединяться друг с другом. Это нужно для того, чтобы не вносить в информационную модель здания, создаваемую в Revit, элементы, которые не относятся к ней.

Этот способ дает очень большие возможности для тех, кто хорошо владеет Autodesk Inventor Professional. После экспорта информационной

модели здания в формат *.SAT ее можно открыть в Autodesk Inventor Professional.

На слайде окно параметров экспорта в ACIS (SAT). А затем с помощью штатного инструментария передать на 3D-печать. Меню Файл > Печать > Отправить в службу печати 3D.

Далее вы видите то самое «Окно» - Отправить в службу печати 3D.

В среде 3D-печати предоставляются инструменты для аддитивного производства.

После того как мы экспортировали в формат *.stl, его можно открыть в слайсере (программа, которая, собственно, и предназначена для передачи на 3D-принтер), а затем выгрузить непосредственно Gcode на 3D принтер.

Безусловно, для создания архитектурного макетирования необходимо использовать такое оборудование как режущие плоттеры, лазерные и фрезерные станки с ЧПУ, а 3D принтеры, не заменяют все это оборудование, а лишь дополняют его. Но с изучением аддитивного производства вырабатывается новый взгляд на трехмерное моделирование. Особенно это чувствуется при создании сложной архитектурной бионики, когда даже виртуальная трехмерная модель не дает такого понимания и чувства объема, как уже распечатанный на 3D-принтере макет.

Подготавливая уже готовую информационную модель конструктивных решений несущего каркаса здания для печати на 3D-принтере, подгадывают достаточное количество трехмерных видов этажей и частей несущего каркаса. Анализируют все распечатанные детали, то к большому удивлению, сразу же стали очевидны несколько серьезных коллизий, которые не были выявлены на этапе проектирования.

В заключении хочется сказать, что возможности 3D-печати не только повышают конгруэнтность проектных компаний, но и дают архитекторам и проектировщикам более эффективно использовать инструменты объектного проектирования для создания информационной модели здания, а также

избежать коллизии, которые можно было бы устранить в проектной документации.

Принтер для печати 3D-моделей получает команды из файла, в котором записан особый код. Для создания таких файлов необходимо особое программное обеспечение. Этими программами служат приложения-слайсеры.

Слайсер – это компьютерная программа, подготавливающая для 3D-принтера цифровую модель объекта для печати. Технология создания объемной фигуры подразумевает ее послойный набор. Приложение-слайсер нарезает ее на слои заданной толщины, и печатающее устройство, считывая закодированную информацию, создает нужный объект.

От работы слайсера конечный результат печати зависит едва ли не в большей степени, чем от возможностей самого принтера.

Интерфейс всех слайсеров разбит на блоки-разделы настроек. Основных блоков шесть, они представлены на слайде

Настройки самой программы, не оказывающие влияния на параметры печати:

- Это выбор локализации — языка, единиц измерения;
- включение/выключение расширенных функций;
- цветовое оформление, параметры отображения;
- информационные вкладки.

Подключение принтера:

- выбор марки и модели;
- управление действиями экструдера, установка скорости и температуры, указание количества печатающих головок.

Выбор филамента, указание вида материала и его характеристик.

Работа с моделью:

- позиционирование;
- масштабирование;
- модификация;

анализ.

В параметрах слайсинга настраивается порядок послойного формирования объемного объекта из цифровой модели. Здесь же настраиваются сервисные конструкции: поддержки, стенки и прочие вспомогательные элементы.

Дополнительные установки: скрипты, плагины и макросы, содержащие заранее разработанную последовательность команд — включение паузы для смены филамента, холостые передвижения по осям, остановку и возобновление печати в нужное время на указанном слое и прочие.

Каждый разработчик пишет программу на основе этой структуры, формирует ссылки и взаимосвязи параметров.

Перевести модель в G-код так, чтобы результат печати вышел удобоваримым даже при заковыристой форме модели — это отдельное программное искусство, в котором и соревнуются производители слайсеров. Здесь не могу не вспомнить известную фотографию Билла Гейтса, которая хорошо описывает генерацию слайсером этого самого G-кода.

На слайде представлены фотографии модели из разных моделей слайсеров, и приведена только для иллюстрации того, что генерируемый разными слайсерами G-код может приводить к существенно отличающимся результатам при печати. Я не советую ориентироваться на эту картинку по принципу «вот этот слайсер же явно лучше сделал», т.к. это будет сильно зависеть от конкретных 3D моделей и версий слайсеров.

Сам слайсер включается в работу либо в момент отправки объекта на печать, либо, как часто стали делать сейчас, слайсинг проводится прямо в реальном времени сразу после загрузки модели. В данной лекции нет никаких конкретных настроек и конкретных слайсеров, но ниже будет рассмотрено несколько общих настроек для них всех.

Если предварительно не подготавливать модели к печати, то уже через несколько часов печати станет ясно, что ничего хорошего на выходе не будет. Могут оказаться слишком тонкие для печати в данном масштабе детали

изделия, часть из которых вообще висит в воздухе, от чего из-за тонкости не спасают никакие сгенерированные суппорты. В результате получается куча спутанных нитей, в которых в некоторых местах угадываются очертания изделия. Именно поэтому необходима подготовка модели к печати.

Вы делаете всю вашу модель с отверстиями, фасками и элементами тел вращения, после чего экспортируете все в stl файл, открываете в слайсере, и дальше он занимается преобразованием модели в G-код, не требуя с вас дополнительного вмешательства.

При этом попытка изготовить в чертежной программе космический корабль, статую Будды или ту же кирпичную стену здания, в которой из этой стены выделяется каждый отдельно взятый кирпич, закончится вполне предсказуемым уходом времени разработки такой модели в бесконечность, что равносильно эффективной невозможности создания там таких моделей.

Для подобных вещей существуют совершенно другие программы – например, ZBrush или MudBox для скульптур или же 3DSMax для всего остального.

Инженерные программы изначально заточены на работу с кривыми поверхностями, фасками и прочими элементами объемного проектирования и обычно в состоянии выдать годный к печати результат, т.е. сетку (так называется состоящий из треугольников объект) с хорошей топологией. Когда вы делаете, например, кирпичную стену, при попытке объединения ее в единую непересекающуюся сетку посредством операции Boolean (Бульин) -> Union гарантированно получите некачественный результат. Точнее, скорее всего вы получите пустоту вместо объекта. И это я еще рассматриваю самый простой случай, иногда ошибки топологии не видны невооруженным глазом, но модель к печати будет некачественной. Суть при этом в том, что некоторые программные комплексы несмотря на то, что это программы работы с трехмеркой, не приспособлены для работы с объемами. Будучи изначально заточенной для работы с висящими в воздухе треугольниками, таковой принципиально она остается и по сей день.

Перед тем как сказать, что такое подготовка модели, нужно вначале обратить внимание на использующийся на сегодняшний день для печати формат файла STL. Этот формат содержит в себе модель посредством ее записи отдельными треугольниками, когда, например, цилиндр делится на множество «граненых» сегментов, сводящихся в конечном счете к этим самым треугольникам. Т.е. никаких кривых поверхностей, сфер и торов нет, все объекты аппроксимируются в состоящие из кучи треугольников фигуры.

Слайсер читает треугольники из stl файла, нарезает это множество тонкими слоями, которые в результате и превращаются в пути движения печатающей каретки. Пока вы имеете дело с корректной сеткой, проблем не возникает, но стоит в ней появиться отверстию или пересечению треугольников, слайсер может начать «заикаться». И это не всегда является «ошибкой», просто слайсер должен точно знать, как трактовать вашу модель. А если одна из граней вашей коробочки отсутствует, значит ли это, что у нее просто не должно быть одной стенки и она должна быть полностью полой и тонкостенной или же следует закрыть это отверстие в автоматическом режиме и считать коробочку цельной. Это был мой самый простой пример, а ситуаций с совершенно некорректной сеткой, когда она вообще НЕ может быть правильно напечатана модель, очень много.

Теперь скажу о самой подготовке модели. Если до этого была длинная и долгая теория о топологии модели и ее экспорте в stl формат, сама же практика в описании куда проще: долгой в ней является только сама работа по подготовке.

1) Пункт актуальный для дизайнерских программ (таких как 3дмакс). Модель должна иметь наиболее корректную из возможных сетку при первичном экспорте. Т.е., если вы делаете в том же 3Д-максе модель для печати, следите, чтобы по возможности в ней не было открытых ребер (отверстий в сетке), пересекающихся в одном элементе треугольников. Система восстановления моделей скорее всего это исправит, но лучше сводить риск к минимуму.

2) Актуально для всех. Сложные или крупные модели нужно разделять на элементы, т.к. напечатать за один заход это или невозможно, или результат будет заметно менее качественный, нежели распечатать правильно в нескольких частях, а потом склеить.

3) Правильное расположение модели. Чем ниже высота, тем быстрее модель печатается – совокупная скорость печати в высоту всегда ниже скорости печати самих слоев...

4) Прогоняйте модель через систему восстановления моделей. Фирма Netfabb – один из разработчиков таких систем. Компания Microsoft выкупила данную технологию и сделала бесплатный сервис по восстановлению моделей в облаке.

Прогонка через сервис восстановления в первую очередь нужна для экспортированных из 3Д-макса моделей, сделанных в стиле «куча пересекающихся коробочек». Для экспортированных из CAD программ это необходимо лишь иногда, когда программа при экспорте не смогла сделать корректную топологию. Впрочем, такое бывает нередко.

После обработки на этом или подобном сервисе модель готова для отправки в слайсер и на печать.

Здесь вернемся к этапу, когда вы еще только рисуете или собираетесь переделывать для печати модель.

Дизайнерская печать обычно связана с распечаткой изделия в каком-то масштабе, и важно правильно соблюсти этот масштаб. Например, Вы хотите распечатать поручни-ограждения для крыши здания. В реале они имеют толщину порядка 4-5 см, при масштабе же печати 1/80 вы получите их диаметр около 0.5-0.63 мм. Учитывая сопло принтера, они будут либо 0.4, либо 0.8 мм, если мы печатаем в два периметра. Скажу, что распечатывать их с толщиной 1 периметр, т.е. 0.4 мм будет совершенно неразумно – для обычного ABS пластика такая толщина слишком нерентабельна, плюс клеить их на здание будет очень тяжело.

То же самое касается любых объектов, которые должны после печати быть твердыми или хотя бы цельными. Масштаб объектов должен быть реален для печати.

Пара моментов касаемых инженерной печати. Когда вы печатаете цилиндр диаметром 10 мм и отверстие под него 10 мм, то, естественно, цилиндр в это отверстие не войдет, т.к. никакие допуски для правильной посадки этого цилиндра при этом соблюдены не будут. Причин несколько:

Неточная работа механики принтера, из-за которой каждый последующий слой может укладываться с небольшим произвольным смещением. В результате это уменьшает как диаметр отверстия, так и увеличивает диаметр самого цилиндра.

Термическое расширение при нагреве и, соответственно, усадка после охлаждения. Усадка ABS пластика составляет в среднем 0,5%. Это желательно учитывать при переводе модели в печатный STL файл. Большинство слайсеров умеют масштабировать модель до нужного размера. PLA пластик заметным эффектом усадки не обладает.

Точность отверстий и малых диаметров сильно зависит также и от скорости печати – чем выше скорость, тем выше будет и погрешность.

Фактическая ширина укладываемой нити в сравнении с теоретической может меняться из-за немного плавающего диаметра прутка и не совсем точного диаметра самого сопла.

Разница в диаметрах между отверстием и вставляемым в него элементом должна быть в районе 0.3-0.5 мм по диаметру.

Особенности слайсинга и настройки слайсеров

Самая серьезная проблема FDM печати даже не точность, а скорость. Часто печать объектов сводится ко многим часам ожидания результата, что накладывается на то, что сама 3Д печать до сих пор находится в стадии активного развития. Потому первая проблема войны с настройками слайсера: «Как сделать так, чтобы вообще что-то напечаталось». Вторая: «Как

уменьшить время печати, не ухудшив видимо результат». Более того, вторая проблема нередко переходит в первую, и они решаются уже одновременно.

Как заставить печатать, когда еще нет вообще никакого результата и вы только купили принтер – это больше вопрос не настроек слайсера, а калибровки стола, устранения механических дефектов и некоторых самых элементарных настроек слайсера вроде диаметра сопла и центра постели. Когда все это настроено и у вас распечатался хотя бы тестовый кубик, мы переходим к слайсерам и их настройкам. Здесь приведены не конкретные настройки конкретных же слайсеров с указанием названий пунктов, а общие для них для всех настройки – они есть в каждом слайсере и имеют похожие названия.

С чего начнем... Мы хотим получить максимальную скорость при сохранении разумного качества печати. Т.е. как накрутить скорость на максимум, не получив на выходе клубок ниток или нечто, напоминающее мятый шарик вместо кубика.

За время печати отвечают всего два пункта:

- 1) Толщина слоя
- 2) Скорость движения каретки при печати

Разберу каждый из них отдельно.

Топология слайсинга

Здесь кратко.

1) Верхняя и нижняя заливки в 3-4 слоя – иногда может требоваться и 8-10 слоев при слишком малой толщине самого слоя и/или требований к прочности

2) Периметры – 2, можно 3-4 для повышенной прочности

3) Внутренняя заливка. 15-30% в среднем

4) Суппорты, если есть заметно нависающие элементы

Далее поговорим о толщине слоя.

Понятно, что если мы ставим слой 0.1 мм, то скорость печати будет приблизительно в два раза ниже, чем при слое 0.2. Но какой ставить слой для каких моделей? И как это зависит от принтера.

Вначале определимся с диапазонами от и до. Есть рекомендация не ставить толщину слоя более 70% диаметра сопла. Причина этого банальна – при чрезмерном увеличении толщины слоя у вас ухудшается сплавление слоев и/или ощутимо ухудшается точность проработки самой модели.

В качестве примера приведу схему для диаметра сопла 0.4 мм:

Толщина слоя меньше 0.1 мм будет, во-первых, увеличивать время печати чрезмерно, во-вторых, на типовых FDM принтерах размеры сопел и точность позиционирования уже не позволят получить заметного прироста в качестве печати. Т.к. на принтере наверняка установлено сопло от 0.3 до 0.4 мм, то и диапазон толщин слоев мы примем от 0.1 до 0.3 мм.

Уменьшение толщины слоя, кроме очевидного увеличения разрешения, еще и увеличивает качество отпечатка и сплавление слоев. Т.е. даже вертикальная стенка, отпечатанная более тонким слоем, будет визуально лучше по качеству. Причина этого очевидна по приведенному рендеру – отпечаток более тонким слоем будет иметь и более гладкую поверхность.

Теперь более конкретно и предметно... Если вы хотите получать более-менее качественный распечаток, не ставьте толщину слоя выше 0.2. Это не так сильно зависит от размера сопла и больше упирается в абсолютное значение – дело в соотношении размера типового распечатка в районе 5-15 см. Увеличение слоя выше 0.2 уже начнет заметно сказываться на качестве.

Если вы печатаете небольшую фигурку какого-нибудь человечка или что-то подобное с высотой в 3-5 см, то, в идеале, и старайтесь держать толщину слоя не выше 0.1-0.125. Время печати будет велико, но только так вы получите печать с действительно неплохим качеством.

Если вы печатаете достаточно крупные детали, например, для того же принтера, где не так важен внешний вид, а механическая прочность будет

достаточной, тогда можно спокойно печатать и слоем 0.2 или даже 0.3. Для лучшего сплавления слоев немного поднимают температуру печати.

Толщина первого слоя обычно ставится выше – это компенсирует неровности подложки.

Как было сказано раньше, в плане скорости печати также имеет значение правильный разворот печатаемой детали на поверхности. Чем меньше высота от стола, тем быстрее будет печататься деталь, независимо от соответствующего увеличения занимаемой площади на основании.

Скорость печати.

Разные конструкции принтеров могут давать одинаковое качество распечаток на различных скоростях.

Допустимая скорость печати зависит, в частности, от формы модели. Модель с множеством резких углов требует меньшей скорости печати, чем модель гладкой формы: на углах происходит «излом» траектории движения печатающей головки, в результате углы идут «волнами». Чем больше размер и чем более гладкая форма у модели, тем большую скорость можно устанавливать, не теряя в качестве.

Заливка.

Как вы знаете, при 3д печати объект не заполняется пластиком внутри полностью, т.к. это не имеет смысла и существенно влияет на расход пластика и увеличивает время печати.

Среднестатистическая заливка делается порядка 15-30% в зависимости от формы модели. В некоторых случаях, когда требуется особая прочность, возможна установка заливки и до 50%, но это требуется редко.

Заливка осуществляется внутри модели под внешние периметры. Существуют разные методы создания заливки, но используемый в большинстве случаев гексагональный метод.

Использование поддержек.

Поддержки требуются в случаях, когда один или несколько элементов модели начинают печататься висящими в воздухе – например, свесившееся

вниз крыло птицы – или же когда связь с опирающейся на подложку моделью недостаточная для качественной пропечатки – например, стоящая на ножке буква «Т».

В большинстве случаев создаваемых автоматически поддержек «штатным материалом» в слайсерах достаточно, но иногда лучше переработать или по-иному развернуть печатаемую модель, нежели использовать поддержки, т.к. необходимость их использования приводит к снижению качества конечного результата.

Поддержки создаются автоматически слайсером, представляя собой тонкостенные легко отламываемые подпорки. К сожалению, они нередко вплавляются в стенки модели, усложняя отделение, и нижняя плоскость модели, лежащая на этих суппортах, получается не самого лучшего качества.

И в заключении хочется сказать для того, чтобы получить аккуратную 3D-модель, важно правильно подготовить ее. Модель перед печатью необходимо конвертировать в STL файл. В программе Вашего 3D принтера направляем модель на печать. В предыдущей лекции я показывала, что с помощью штатного инструментария в программе вашего проектирования модели, ее необходимо передать на 3D-печать.

Меню Файл > Печать > Отправить в службу печати 3D и Ваша модель будет благополучно напечатана.

Для 3D-печати строительных конструкций используются мелкозернистые строительные растворы, отличающиеся по составу от бетонных смесей, однако для них справедливы принципы подбора состава, применяемые для бетонных смесей.

Состав бетонных смесей и растворов:

- Вода
- Вяжущее
- Мелкий заполнитель
- Крупный заполнитель (для бетонной смеси)

Подбор состава бетонных смесей выполняется согласно ГОСТ 27006-2019. Бетоны. Правила подбора состава.

Подбор состава бетонной смеси:

1. Назначение номинального состава на основе расчета, экспериментальной проверки и корректирования начальных составов
2. Назначение рабочего состава бетона
3. Корректирование рабочего состава бетона при поступлении партий материалов тех же видов, марок и классов, которые принимались при подборе номинального состава, но с учетом их фактического качества
4. Проверку в лабораторных и производственных условиях рабочих составов после их корректирования

Номинальный состав – состав бетона, определяющий расход материалов фиксированного качества, необходимый для изготовления 1 м³ бетона заданного качества, который после твердения в определенных условиях обеспечивает в проектном возрасте (и других нормируемых возрастах) получение бетона, соответствующего всем нормируемым показателям качества.

Рабочий состав – состав бетона, полученный из номинального состава, путем его корректирования, учитывающего отличия фактических показателей качества материалов, применяемых для изготовления бетонной смеси, от показателей качества материалов, использованных при подборе номинального состава бетона.

Этапы Подбора номинального состава бетона:

1. Выбор и определение характеристик исходных материалов для бетона
2. Расчет начального основного состава
3. Расчет начальных дополнительных составов бетона
4. Изготовление опытных замесов из начального и дополнительных составов
5. Отбор проб для испытания бетонной смеси и изготовления контрольных образцов
6. Испытания бетона для определения нормируемых показателей качества

7. Обработка полученных результатов с установлением зависимостей, отражающих влияние параметров состава бетона на нормируемые показатели качества
8. Назначение номинального состава бетона, обеспечивающего получение бетонной смеси и бетона требуемого качества.

Назначение и корректирование рабочих составов проводят на основании зависимостей между параметрами состава бетона «Ц/В отношение – прочность», установленными при подборе номинального состава.

На практике, часто, для строительной 3D-печати используются сухие смеси на основе цемента (пескобетон) для приготовления растворов и бетонов.

Раздел №4. Практическое занятие на тему:
«Разработка раздела «Объемы и последовательность работ»
организационно-технологической документации на строительство
объектов с применением аддитивных технологий»

Цель практического занятия: составить ведомость объемов работ при возведении зданий и сооружений с применением 3D-печати на строительной площадке, ведомость потребности в материалах для 3D-печати строительных конструкций, ведомости трудоемкости работ по 3D-печати строительных конструкций.

В настоящее время эффективное планирование и управление проектами являются неотъемлемой при строительстве и сдачи в эксплуатацию объектов недвижимости. Одним из важных инструментов в этом процессе является составление ведомости подсчета объемов работ.

Рассмотрим основные принципы составления ведомости объемов работ, ее структуру и практическое применение.

Расчет ведомости объемов работ является незаменимым средством для определения количества труда, его последовательности и организации. Ведомость объемов работ в строительстве представляет собой структурированный документ, который включает в себя перечень задач, их описания, промежуточные и конечные результаты, а также оценку затрат и ресурсов.

Правила подсчета показателя прописаны в СНиП 31-06-2009 года, (!) а точнее — в их актуализированной редакции, СП 118.13330.2012 . В документе указано, что строительный объем здания определяется как сумма строительного объема выше отметки 0.00 — надземная часть — и ниже этой отметки — подземная часть. То есть величина — объем подземной и надземной части вместе. При этом учитываются все помещения — как жилые, так и нежилые, а фундамент не входит в формулы.

Строительный объем указывают в кубических метрах. При подсчете полученные значения округляют до 1 м³. Например, если в результате получится цифра 4200,13 м³, то в проектной документации будет отражено значение 4200 м³.

Вот несколько основных причин и целей определения объемов работ:

Знание точного масштаба позволяет более точно оценить стоимость проекта и составить бюджет.

Зная объем работ, можно более эффективно спланировать расписание и управлять ресурсами.

Знание масштаба помогает обеспечить ясное понимание между заказчиком, проектировщиками и исполнителями проекта.

Знание объема работ позволяет более точно оценить потенциальные риски, связанные с выполнением проекта.

Вот несколько примеров показателей, применяемых при расчете объема строительных работ:

Площадь: Показатель, основанный на измерении площади занимаемой поверхности, такой как площадь помещений, стен, пола, кровли и т.д. Используется для определения масштаба действий, связанных с укладкой покрытий, установкой отделочных материалов и других аналогичных работ.

Объем: Показатель, связанный с объемом материалов или пространства, например, количество бетона, количество утеплителя и т.д. Используется для определения требуемого количества материалов и ресурсов, а также для планирования и учета масштаба действий.

Длина: Показатель, определяющий длину конструкций, трубопроводов, и т.д.

Количество: Показатель, определяющий количество элементов, таких как количество окон, дверей, светильников, санитарно-технического оборудования и т.д. Используется для определения требуемого количества материалов и компонентов, а также для планирования и учета работ.

Время: Показатель, связанный с затратами времени на выполнение определенных действий, например, количество рабочих часов или дней, требуемых для выполнения определенной задачи. Используется для планирования и учета времени выполнения работ, а также для определения требуемого количества рабочей силы.

Подсчет масштаба в строительстве подразумевает соблюдение общих требований, которые играют важную роль в успешном выполнении проектов. Одним из таких требований является точность и надежность подсчета. Важно стремиться к максимальной точности, чтобы избежать ошибок в оценке стоимости и планировании ресурсов. Неправильные объемы работ могут привести к задержкам, перерасходу материалов и дополнительным затратам.

Другое важное требование — согласованность и единообразие. Весь масштаб действий должен быть согласован в рамках проектной документации. Это позволяет избежать несоответствий и конфликтов при выполнении работ. Единообразие масштабов также упрощает процесс контроля и учета.

Особенности проекта также должны учитываться при подсчете. Каждый проект имеет свои уникальные характеристики, требования и особенности. Подсчет должен учитывать эти особенности, например, учитывать тип здания, его площадь, количество этажей и другие влияющие факторы.

Дополнительно подсчет должен соответствовать нормативам и стандартам, установленным в строительной отрасли. Это обеспечивает согласованность данных между разными проектами и исполнителями, а также обеспечивает качество и сопоставимость результатов.

Порядок и принципы подсчетов объемов работ состоит в следующем:

Первым шагом является анализ состава проектной документации. Инженеры и специалисты изучают планы, чертежи и спецификации, чтобы понять объемы выполняемых работ. Они определяют различные элементы конструкции, отдельные задачи и этапы, которые требуют подсчета.

Далее следует разработка методики подсчета. Она включает выбор соответствующих единиц измерения, расчетные формулы и стандарты,

используемые для определения выполненных и невыполненных объемов работ. Методика должна быть консистентной и обеспечивать единообразие подсчетов.

Следующим этапом является сам подсчет масштаба. Специалисты применяют выбранные методики и формулы для определения масштабов каждого элемента конструкции или выполненной задачи. Они могут использовать специализированные программы или ручной расчет, в зависимости от сложности проекта.

Важным принципом расчета ведомости объемов работ является учет всех необходимых факторов. Это включает учет размеров, площадей, высот, длины, ширины и других параметров, которые влияют на масштаб действий. Кроме того, учитывается материал, из которого выполняется конструкция, и его потребность в ресурсах.

После завершения подсчетов выполняется проверка и контроль результатов. Это важный шаг, который позволяет выявить возможные ошибки или несоответствия. Проверка может включать сравнение с аналогичными проектами, а также с учетом требований заказчика и нормативов.

Если до этого мы обсуждали теоретически, как рассчитать объем, то давайте разберемся, как возможно рассчитать объем конструкций с точки зрения практического расчета на примере возведения монолитного здания традиционным способом.

Начнем с определения геометрических объёмов вертикальных конструкций.

Для этого необходимо рассчитать объем стен и колонн (если колонны имеются в задании), рассчитать объем дверных и оконных проемов. Расчеты занести в таблицу "Спецификация монолитных железобетонных элементов", представленную на слайде. Объем вертикальных конструкций рассчитывается путем разности между общим объемом вертикальных конструкций и дверных и оконных проемов.

В столбец «Наименование» вносят наименование стен, замаркированных по осям, для удобства расчета, также вносят наименование колонн, единственное, иногда все колонны не заносят в таблицу, т.к. в рамках курсовой работы, колонны имеют одинаковое сечение и поэтому достаточно прописать колонну один раз и указать их количество. В конце таблицы вносят размеры оконных и дверных проемов.

Класс бетона – по проекту.

Геометрические характеристики стен и колонн смотрят на плане, а размеры дверей и окон указаны в спецификации к дверным и оконным проемам. Зная все эти составляющие не сложно определить объем конструкций

Важно понимать, что в железобетонных конструкциях обязательно нужно учитывать арматуру.

Арматурный каркас изготавливается непосредственно в проектном положении, путем вязки из отдельных стержней.

Устройство арматурного каркаса стеновых конструкций типового этажа состоит из следующих операций:

1. Крепление вертикальных арматурных стержней к выпускам из плиты перекрытия нижележащего этажа с заданным шагом.
2. Крепление горизонтальных арматурных стержней к вертикальным (с внутренней стороны вертикальных стержней) с заданным шагом.
3. Крепление к вертикальным и горизонтальным стержням-хомутов, 1 шт. на 3 м^2 (с внутренней стороны вертикальных стержней, в плоскости горизонтальных) для обеспечения пространственной жёсткости арматурного каркаса
4. Устройство проёмов путем удаления арматуры из каркаса в местах, установленных проектом;

5. Усиление горизонтальной арматуры над проемом – устройство перемычки и каркаса в нижних углах проемов–диагональные перехлесты (возможно использование стержней, ранее удаленных из каркаса);

6. Установка дистанцеров (фиксаторов) для обеспечения пространственной жесткости и защитного слоя бетона в форме опалубки

Арматурный каркас колонн устраивается путем крепления к выпускам из плиты перекрытия предшествующего этажа готовых пространственных каркасов, изготовленных путем крепления (вязки) отдельных стержней и замкнутых хомутов в приобъектном арматурном цехе.

Суммарный расход арматуры на вертикальные конструкции типового этажа формируется из:

- Масса рабочей арматуры стен
- Масса рабочей арматуры колонн
- Масса конструкционной арматуры

После расчетов, распределение арматуры в железобетонных конструкциях стен записывают в таблицу.

В столбец наименование, вносят данные из предыдущей таблицы из расчетов объемов конструкций (стены, колонны). В данную таблицу вносят информацию по рабочей и конструкционной арматуре, класс смотрят в проекте, диаметр рабочей арматуры указан тоже в проекта, массу погонного метра находят в сортаменте, шаг арматуры по проекту, а количество рассчитывают по формулам, представленных на предыдущих слайдах.

К горизонтальным конструкциям относится плита перекрытия и балки перекрытия.

Геометрические объёмы этих конструкций рассчитываются исходя из геометрических размеров на плане этажа. Определяют объем плиты и объемы балок перекрытия. Геометрические размеры балки, а именно высота и ширина указана в проекте, длину балки определяют на плане этажа.

Сборка арматурного каркаса плиты перекрытия осуществляется из отдельных стержней в проектном положении и включает следующие операции:

1. Раскладку дистанцеров-стульчиков на поверхность опалубки плиты перекрытия для обеспечения защитного слоя бетона с заданным шагом
2. Укладку маячной арматуры нижней сетки;
3. Укладку продольной рабочей арматуры нижней с заданным шагом
4. Укладку поперечной рабочей арматуры нижней с заданным шагом
5. Крепление хомутов плиты перекрытия (1 штука на 1 м²);
6. Изготовление отсечек из сетки-рабицы с ячейкой 10×10 мм;
7. Установку и вязку продольной рабочей арматуры (параллельно верхнему поясу хомутов) верхней сетки плиты перекрытия с заданным шагом
8. Укладку и вязку поперечной рабочей арматуры верхней сетки плиты перекрытия с заданным шагом

Суммарный расход арматуры на горизонтальные конструкции этажа формируется из массы рабочей арматуры и массы конструкционной арматуры.

Если мы говорим о конструкциях для 3Д печати строительным принтером, то важно учитывать используемые материалы, конструктив и геометрию стен, и, соответственно, прочность здания, его теплоёмкость. По мнению генерального директора компании АМТ- Спецавиа, Александра Маслова, а его мнению невозможно не верить, т.к. он является основателем компании, первой в России создавшей производство серийных 3Д принтеров для строительства домов и имеющий невероятный опыт при печати 3Д принтером, к бетонам для печати нет смысла предъявлять особые требования по прочности. То, что печатает принтер — всего лишь несъёмная опалубка — внешняя оболочка, которая в большинстве случаев должна быть всего лишь достаточно влагонепроницаемой.

Логично и материалы в проектном решении закладывать нужно не дорогие и повсеместно доступные. Проще говоря те, что есть на любом строительном рынке. Строить в любом случае нужно правильно.

При это важно понимать вид и структуру той конструкции, которую Вы планируете печатать, т.к. от этого зависит объем этой строительной конструкции.

В зависимости от региона, климатической зоны и прочих моментов, стены здания, возведённые по аддитивной технологии, могут использоваться в качестве несъёмной опалубки. Т.е. печатается внутренняя и внешняя стена, устанавливается арматура и в полости заливается товарный бетон. Но можно и просто заполнить пустоты изоляционным материалом, утеплителем, в этом случае вам нужно знать толщину сопла (т.е. слой, который будет подавать строительный 3д принтер, толщину, длину и высоту конструкции, тогда совершенно не сложно учитывая эти параметры, перемножить толщину стены с высотой и длиной конструкции и вычесть пустоты, которые заложены проектом.

Еще стоит рассмотреть вариант, когда вы печатаете конструкцию со 100% заполнением смесью, хотя это встречается крайне редко. Здесь все просто, можно считать по примеру расчета монолитных стен, т.е. перемножив длину, ширину и высоту конструкции. Но важно понимать, как я сказала ранее, что при первом случае вы должны будете заполнять пустоты бетонной смесью или утеплителем, если это требуется проектом, и таким образом у вас получается полнотелая стена, которая имеет общий стандартный расчет объема

Также нужно не забывать, что прочность стены определяет армопояс:

В проекте указаны его размеры, варианты горизонтального и вертикального армирования, марка залитого товарного бетона. Если всё сделать правильно, то и прочность конструкции будет равна заданной проектом. Поэтому при расчете объемов для 3Д печати строительных конструкций нужно обязательно учесть массу арматуры, о формулах я говорила сегодня.

Горизонтальное армирование проводится между слоями в процессе печати. Вертикальное армирование в полости — после печати. Фиксируем

стержни и заливаем армопояс бетоном нужной марки. Теплоёмкость дома зависит от толщины стен и плотности используемого материала.

Здесь — армопояс, а теплоизоляционный слой располагается во внешних камерах. Плотность пеногипсобетона в этом проекте — 550-600 кг на куб. Толщина стен по проекту — 610 мм.

При соединении отдельных частей стен между собой вертикальная арматура, связанная с фундаментной плитой, перевязывается с горизонтально уложенной между блоками. При печати на фундаменте горизонтально уложенная арматура между слоями перевязывается с вертикальной в армопоясах.

Составление ведомости потребности в материалах для 3D-печати строительных конструкций, другими словами «Потребность в материальных ресурсах» определяется исходя из объемов работ.

Объемы работ по объекту определяют на основании задания на проектирование, чертежей, выполненных при анализе архитектурно-планировочного решения здания, 3Д модели, и заносятся в таблицу спецификации монолитных элементов строительной конструкции

При разработке комплексного ППР на возведение надземной части ведомость объемов работ составляется по укрупненным описаниям, подразумевающим использование ГЭСН (устройство железобетонных монолитных конструкций здания, устройство наружных, внутренних стен и перегородок, устройство кровли и т.п.) в расчете на все здание.

Даже учитывая тот факт, что сейчас мы говорим о 3Д печати строительных конструкций, необходимо понимать, что не все элементы будущего здания, будут созданы с помощью аддитивных технологий, т.е. выполнены на 3Д принтере. Часть из них, в виде кровли или заполнения дверных и оконных проемов и т.д. будут выполнены традиционным способом строительства.

Соответственно, будем использовать в этом случае нормативную документацию, например, такую как ГЭСН, или похожую нормативную

документацию, например, ЕНиР. А данные для 3д печати строительным принтером будет брать из соответствующих документов данного принтера, т.к. у каждой фирмы-разработчика заложены свои критерии использования, состава и расхода материалов. В инструкции по эксплуатации принтеров есть технологические регламенты на смеси, по которым приготовить необходимый бетон для печати не составит труда.

Далее рассмотрим правила составления ведомости материальных ресурсов. Стоит уточнить, что правила составления данной ведомости не по каким-то определенным материалам, например, материалам для 3Д печати строительных конструкций, эта ведомость универсальная (стандартная) для любых материалов, используемых при строительстве и сейчас мы рассматриваем правила составления этой ведомости.

Потребность в основных материальных ресурсах устанавливается для монолитных и сборных элементов здания в объеме рассматриваемых при проектировании его частей по ГЭСН, либо, как я сказала ранее, если речь идет о возведении монолитных конструкций с использованием 3Д печати, то данные по потребности основных материалов будем брать из характеристик и условий эксплуатации той или иной модели принтера и соответствующих документах к нему.

К основным материальным ресурсам бетонных работ при устройстве монолитных конструкций относят

- бетонная смесь,
- арматура,
- щиты опалубки.

Для сборных конструкций это

- сами конструкции,
- бетонная смесь,
- раствор
- и электроды.

Для конструкций внешних и внутренних стен это

- каменные материалы,
- и раствор.

Для 3Д печати строительных конструкций это

- Это различные строительные смеси (смесь, которую мы подбираем для печати напрямую зависит от той конструкции, которую мы планируем печатать)

- Арматура металлическая или из стекловолокна
- Для более ровной печати используют специальные пластификаторы и т.д.

Немного остановимся на материалах для 3Д строительства, так как более подробно о материалах, используемых при 3Д печати Вам расскажут в курсе наших лекций. Для возведения прочных, износоустойчивых несущих конструкций используются бетонные смеси с добавками. Наиболее востребованы на рынке следующие смеси:

- чистый бетон;
- пескобетон;
- водостойкий гипс – для облицовочных работ;
- смесь со стеклянным волокном – для печати объемных элементов;
- с геополимерами из промышленных отходов – для хрупких конструкций;
- смесь с фиброволокном – для создания частей продолговатой формы;
- противоморозная смесь – для работы при отрицательных температурах;
- с пластификатором – для воссоздания ровной поверхности;
- с добавлением диатомитовых шариков – для шероховатости;
- модифицированный гипс – для декоративной печати.

Далее рассмотрим составление ведомость материальных ресурсов. Потребность в материалах на основные виды конструкций (стены, колонны, перекрытия) определяется отдельно, заносятся в таблицу «Спецификации монолитных элементов строительных конструкций»

Графа 2 в (ведомости потребности в основных материальных ресурсах) заполняется в соответствии со спецификациями монолитных и сборных элементов, а также ведомостью объемов работ.

Объемы работ приводят в единицах измерения, принятых (ГЭСН) или иных нормативных документах.

Графы 5-8 (ведомости потребности в основных материальных ресурсах) заполняют, используя данные ГЭСН или иные нормативные документы, регламентирующие расход материалов для возведение строительной конструкции. Потребное количество расходных материалов определяют перемножением показателя объема работ из колонки 4 на норму расхода конкретного материала из колонки 8.

Потребность в материальных ресурсах определяют по объемам работ с учетом действующих норм расхода материалов.

Для примера воспользуемся нормативными показателями расхода материалов из ЕНиРа сборник 6 «Устройство бетонных и железобетонных конструкций монолитных».

В таблице Е6-17.3 находим требуемый расход бетона.

Т.к. единица изменения в сборнике представлена в сотнях кубических метров, то для удобства подсчетов делим расход на 100.

Получается для устройства 1 кубического метра железобетонной плиты перекрытия необходимо 1,015 кубических метра бетонной смеси.

Все данные заносим в таблицу «Ведомость потребности в основных материальных ресурсах», представленную на слайде. Для примера на слайде заполнена ведомость с материалами и конструкциями для монолитных железобетонных конструкций, Ведомости потребности в материалах для 3D-печати строительных конструкций будет отличаться только своим составом материалов, которые заложены в технических характеристиках конструкций при строительстве.

Далее поговорим о подборе оборудования для 3D-печати строительных конструкций.

Долгое время основной движущей силой развития рынка строительных аддитивных технологий оставались компании, разрабатывающие 3D-принтеры. На их счету первые реализованные проекты по печати зданий и сооружений. Сегодня рынок вступает в новый этап, характеризующийся появлением компаний, которые приобретают 3D-принтеры и оказывают услуги по строительной 3D-печати.

Производители не придерживаются единой концепции в процессе сборки устройства для печати строительных элементов оно может быть мобильным или стационарным, напоминать кран на гусеничном ходу, систему балок и шарниров, брандспойт с сервоприводами. Действительно важно лишь то, на какую высоту, и по какой траектории устройство способно укладывать строительный материал. Передовые модели комплектуются дополнительной стрелой для обеспечения ускоренной подачи материала и электроподъемниками, чтобы печатать на готовом фундаменте. Толщина нанесения печатной смеси, конфигурация здания, создание многокамерных стен, автоматическое смешивание ингредиентов и подача в экструдер – все детали печати вносятся с помощью специального программного обеспечения, а подготовка занимает не дольше 30 минут.

Российские производители предлагают восемь актуальных с их точки зрения моделей строительных 3D-принтеров. Пять из них - полевые, предназначенные для печати домов непосредственно на площадке. Три - для цехового использования. Шесть моделей принадлежат к порталному типу. Важнейшими характеристиками 3D-принтеров являются допустимые объемы построения, скорость печати и размеры печатного слоя, а также виды используемых материалов. Вы подбираете принтер в зависимости от задач по возведению строительных конструкций и возведению зданий и сооружений в целом.

Не стоит забывать, что помимо основной строительной машины для 3D печати зданий, которой является 3D принтер, при строительстве зданий и сооружений с применением аддитивных технологий существуют и

вспомогательные машины, и механизмы, такие как, например, кран или погрузчик. При традиционном строительстве ведущей машиной на стройке конечно же является кран, но при использовании аддитивных технологий ситуация меняется в пользу 3д принтера. Но при этом хотелось бы отметить основные параметры при о выборе крана для устройства конструкций надземной части здания

Итак, выбор крана осуществляется по следующим параметрам

- Вылет стрелы — расстояние от места установки крана до наиболее удаленной точки, куда необходимо переместить груз.

Расположение монтажного механизма планируют, ориентируясь на минимальное расстояние оси до выступающей части здания.

- Грузоподъемность — минимальная грузоподъемность крана при необходимом вылете стрелы и высоте подъема крюка не может быть меньше значения массы наиболее тяжелого элемента M_1 с требуемой строповочной оснасткой M_2 , перемещаемого к месту монтажа.

- грузоподъемность на максимальном вылете — максимально возможный поднимаемый груз на максимальном вылете стрелы

- Высота подъема H_p , определяемая с учетом отметки стоянки крана по вертикали, высоты здания H_z от нулевой отметки, поправки на разницу нулевой отметки с отметкой стоянки крана n , запаса высоты 2,3 м, обеспечивающего условия безопасного производства работ на верхней отметке здания, где могут находиться люди, максимальной высоты перемещаемого груза $h_{гр}$ и закрепленных на грузе монтажных приспособлений или конструкций усиления, высоты грузозахватного приспособления $h_{гр.пр}$ в рабочем положении

Далее всё оборудование, машины и механизмы заносим в таблицу ведомости оборудования. При этом нужно понимать, что оборудованием для 3D-печати строительных конструкций, будет сам 3Д принтер, остальные машины и механизмы будут вспомогательными для возведения строительных конструкций с применением аддитивных технологий.

Нормативная величина трудоемкости любой работы определяется путем умножения объема работы на нормативные затраты труда единицы измерения работы.

Планируемая величина трудоемкости любой работы может быть определена:

1. Умножением объема соответствующей работы на планируемую трудоемкость единицы измерения этой работы. Причем планируемая трудоемкость рассчитывается на основании нормативной или фактической с учетом внедрения организационно-технологических мероприятий обеспечивающих снижение затрат рабочего времени.

2. Через физический объем работ и планируемую производительность труда в натуральном измерении на аналогичных работах.

3. Через объем работ стоимостном выражении и планируемую производительность труда в стоимостном измерении на аналогичных работах.

Фактическая трудоёмкость работы – это суммарные затраты рабочего времени исполнителей при выполнении этой работы. Расчёт фактической трудоёмкости осуществляется по табелям фактического учета рабочего времени исполнителей.

Трудоемкость строительства объекта – это суммарные затраты рабочего времени необходимые для выполнения всех работ, предусмотренных сметной и организационно- технологической документацией на строительство рассматриваемого объекта.

Трудоемкость измеряется в человеко-днях (человеко-часах) и, в общем случае представляет собой время, за которое один рабочий мог бы выполнить эти работы (построить объект).

Например, нормативная трудоемкость строительства 60-ти квартирного жилого дома составляет 4250 человеко-дней. Это значит, что один рабочий мог бы, выполнив все работы, построить этот объект за 4250 рабочих смен (дней).

Чтобы определить величину нормативной трудоемкости строительства объекта необходимо:

- знать всю номенклатуру и объемы работ, которые необходимо выполнить;
- используя нормативные документы определить норму времени и в последствии трудоемкость каждой работы;
- определить трудоемкость работ подготовительного периода, санитарно-, и электро-технических работ, работ по монтажу технологического оборудования и других специализированных работ;
- суммировать трудоемкость всех работ.

Планируемая трудоемкость рассчитывается с учетом внедрения организационно-технических мероприятий при разработке календарных планов строительства.

Фактическая трудоемкость строительства объекта – это суммарные фактические затраты труда всех участников создания продукции строительства, участвовавших в создании этой продукции.

Величина фактической трудоемкости строительства объекта, как правило, определяется по данным табелей учета фактически отработанного времени каждым работником.

Далее поговорим непосредственно о составлении ведомости трудоемкости работ. Она стандартная, если можно так выразиться, для любого процесса строительства, не важно говорим ли мы о возведении монолитных конструкций этажа традиционным способом возведения зданий или с помощью аддитивных технологий, а именно возведение с помощью 3Д печати строительных конструкций. Поэтому рассмотрим с Вами расчет трудоемкости работ в целом для строительства.

Трудоемкость работ (или иначе Затраты труда) рассчитывают в таблице калькуляции затрат труда и машинного времени. Калькуляция затрат труда рассчитывается на основании ведомости подсчёта объёмов работ, подбора состава бригады, сборников ресурсно-сметных норм. Калькуляция затрат

труда отражает трудовые затраты рабочих (чел. час., чел. день), а также затраты работы машиниста (маш. час., маш. см.).

Затраты труда и машинного времени определяются в составе сводной ведомости трудоемкости работ при разработке ППР (таблицу вы видите на слайде)

Необходимо помнить если неверно выполнен расчёт объёмов работ, калькуляция затрат труда и машинного времени будет рассчитана неверно (т.е. будут завышены или занижены затраты труда на весь объём).

Основой для составления данной таблицы является сводная ведомость работ и соответствующие сборники укрупненных норм – такие как ГЭСН (государственные элементные сметные нормы); Однако, если мы говорим об аддитивных технологиях и возведении здания с помощью строительного 3Д принтера, то в нормативных документах, таких, как ГЭСН мы, не увидим нормы времени на 3Д печать, т.к. аддитивные технологии это, как мы уже с вами понимаем, это очень современные технологии и нормы времени того или иного принтера нужно уточнять у производителей, это должны быть документы, составленные по данным хронометражных наблюдений на строительных объектах.

Также каждый производитель 3Д принтеров дает пояснения о составе звена рабочих для использования 3д принтера.

При 3Д печати строительных конструкций с помощью аддитивных технологий, мы должны так или иначе уточнять составы дополнительных работ по ручной подноске материалов, по установке лесов и подмостей, подаче материалов на леса, установке 3Д принтера и т.п. С целью правильного использования норм, следует внимательно определять состав работ и сопоставлять его с рассматриваемой ситуацией; Недостающие работы (в том числе и ручной труд) вписываются и нормируются с помощью соответствующих сборников таких как ГЭСН.

Исходные данные для составления калькуляции берут из ведомости объемов работ, представленной на слайде. В ведомость объемов работ заносят

наименование всех процессов, их берут из названия параграфов нормативных документов, таких ГЭСН, далее указывают единицы измерения и объемы всех процессов.

В примечании обычно указывают то, какими нормативными источниками литературы пользовались ЕНиР, ГЭСН, ВНиР, стандартам строительных организаций или аналогичные документам, составленным по данным хронометражных наблюдений на строительных объектах.

На основании ведомости, как говорила я ранее, составляют калькуляция затрат труда и машинного времени.

Далее хотелось бы подробно остановиться на объяснении заполнения каждого столбца ведомости объема работ, соответственно, и Калькуляции затрат труда и машинного времени. Столбец «Наименование процессов» я объяснила на предыдущем слайде, следующий столбик — это «единица измерения» – их берут строго из параграфов ГЭСН или аналогичным документам, составленным по данным хронометражных наблюдений на строительных объектах.

Например, если подсчитанный объем работ равен 1700 м^3 , то при ед. изм. 100 м^3 количество (Объем работ) заносится таблицы как 17.

Трудозатраты или норма времени - это количество времени, которое затрачивает 1 производитель труда, для изготовления единицы продукции, берутся по соответствующим таблицам ГЭСН и заносятся в 6 и 9 столбец калькуляции трудозатрат и машинного времени, но, как я уже говорила, что непосредственно для печати на строительном 3Д принтере данные нормы времени нужно уточнять у производителей этих принтеров, т.к. это должны быть документы, как я уже говорила, составленные по данным хронометражных наблюдений на строительных объектах.

Затраты труда в (человекачасах) и Затраты машинного времени в (машиночасах) находятся как произведение объема работ (согласно представленным единицам измерения) на норму времени или норму машинного времени.

Затраты труда (в человекоднях) находятся как произведение объема работ (согласно представленным единицам измерения) на норму времени и деленное на продолжительность смены, в данном варианте это 8 часов.

Затраты машинного времени (в машино-сменах) находятся аналогично, как произведение Объема работ (согласно представленным единицам измерения) на Норму машинного времени и деленное на продолжительность смены, то есть 8 часов.

Таким образом составляют калькуляцию затрат труда и машинного времени, в которой рассчитывают трудоёмкость работ, в том числе и трудоёмкость для 3Д печати строительных конструкций.

Раздел №5. Практическое занятие на тему:
«Разработка раздела «Технологическая карта» организационно-технологической документации на строительство объектов с применением аддитивных технологий»

Цель практического занятия: провести анализ основных этапов создания элементов с помощью аддитивных технологий производства, составить последовательность сборки элементов после завершения 3D-печати и их постобработки, разработать ТК на монтаж элементов строительных конструкций в проектное положение.

Строительные 3D-принтеры, как правило печатают здания целиком, а во время печати рабочие устанавливают арматурные элементы в конструкции, которые печатает машина, для увеличения несущей способности.

Однако. Есть еще одна технология возведения здания при помощи 3D-принтера. Такая технология предусматривает печать на 3D-принтере, сборных ЖБ элементов. Каждый отдельный элемент будет иметь специальные узлы крепления для быстрой фиксации и надёжного монтажа. Но давайте обо всем по порядку.

В сборном железобетоне изготавливают все основные части здания это:

- фундаменты,
- стены подвалов,
- наружные и внутренние стены,
- элементы каркаса и покрытий,
- междуэтажные перекрытия,
- лестницы и др.

Сборные железобетонные изделия и конструкции изготавливают на заводах, полигонах и специальных предприятиях. Технология их изготовления включает следующие основные производственные операции:

- подготовка составляющих материалов;
- приготовление бетонной смеси;
- изготовление арматуры;
- армирование и укладка бетонной смеси;
- формование изделий (укладка бетонной смеси и уплотнение);
- твердение изделий, обычно в условиях тепло-влажностной обработки.

Отдельные виды изделий (стеновые панели и блоки, лестничные площадки и т. п.) подвергают дополнительной обработке — облицовке поверхности, укладке теплоизоляционных слоев и др.

Лицевую поверхность панелей и блоков, например, отделывают декоративным бетоном или раствором, керамическими плитками либо обрабатывают гидрофобизирующими составами.

Для сборного железобетона используют цементные бетоны классов В15 и В20 (марок М200 и М300); для напряженно-армированных конструкций наиболее целесообразны бетоны классов В45 и В50 (марок М400 и М500) и выше. В качестве вяжущих веществ для предварительно напряженных бетонов применяют быстротвердеющие и особо быстротвердеющие цементы, позволяющие значительно сократить продолжительность тепловлажностной обработки.

Армируют железобетонные конструкции стальной арматурой в виде стержней и проволоки

Стержневая арматура может быть горячекатаной, термически упрочненной и упрочненной в холодном состоянии. Арматурные стержни используют гладкого или периодического профилей. Периодический профиль арматуры получают при горячей прокатке или сплющиванием стержней в холодном состоянии на специальных станках. В зависимости от механических свойств горячекатаную арматуру разделяют на классы: А-I(гладкая), А-II, А-III, А-IV и А-V (периодического профиля).

Для армирования железобетонных конструкций применяют свариваемые стержни диаметром от 6 до 80 мм. Арматурную холодноотянутую проволоку изготавливают гладкой (классов В-1 и В-2) или периодического профиля.

При использовании напрягаемой арматуры отдается предпочтение классам А-V, А-VI, а также высокопрочной проволоке и получаемым из нее канатам. Широкое применение получили плоские и пространственные арматурные сетки.

Кроме рабочей арматуры (обычной и предварительно напряженной) при изготовлении железобетонных изделий и конструкций используют арматуру монтажную и распределительную.

Количество рабочей арматуры устанавливают расчетом; монтажной и распределительной — по конструктивным соображениям. Продольные рабочие стержни, укладываемые в зоны растягивающих напряжений, объединяют поперечной арматурой в каркасы, опирающиеся на специальные фиксаторы. При стыковании сборных конструкций и изделий используют стальные закладные детали, выполняемые из фасонного проката или в виде фасонных сварных профилей. Их изготавливают из стали класса А-I или других хорошо сваривающихся сталей.

Изготовление ненапрягаемой арматуры сводится к подготовке прутковой и проволочной арматуры на заводе, т. е. чистке, правке, резке и сгибанию; сварке арматурных элементов и укрупненной сборке объемных арматурных каркасов.

Стержни малого диаметра и проволочные прутки при изготовлении арматурных сеток и плоских каркасов сваривают контактной точечной электросваркой. Цилиндрические арматурные каркасы (наружный и внутренний) для армирования труб и других изделий изготавливают на навивочно-сварочной машине.

При армировании предварительно напряженных железобетонных изделий и конструкций натяжение арматуры может производиться

различными способами: механическим, электротермическим и химическим (при использовании энергии расширения специальных видов цементов).

Формование изделий — один из важнейших технологических переделов и состоит из сборки форм, установки арматуры, укладки бетонной смеси в форму и уплотнения.

Качество железобетонных изделий в значительной степени зависит от прочности и жесткости форм, которые должны обеспечить получение изделий точно заданных размеров с правильными очертаниями и достаточно гладкой лицевой поверхностью. При массовом изготовлении изделий применяют только металлические формы. После того как форма собрана, очищена и смазана, в нее укладывают арматуру и бетонную смесь.

При изготовлении железобетонных изделий особого внимания требует формование многопустотных панелей, труб и крупнообъемных элементов.

Формование многопустотных панелей и настилов производят в специальных формах с помощью выдвижных пустото-образователей — вибросердечников.

Формование железобетонных труб осуществляют в горизонтальных или вертикальных формах. Вертикальное формование труб целесообразно при изготовлении колец большого диаметра (1,5—3 м) с толстыми стенками.

Крупнообъемные монолитные элементы (блок-комната) формируют на специальных установках.

Монолитные блоки изготовляют или в виде «колпака», когда вертикальные стены бетонируют вместе с несущим потолком, а снизу присоединяют отдельно изготовленную несущую панель междуэтажного перекрытия, или в виде «стакана» с последующим прикреплением сверху несущего потолка.

Уложенную в форму бетонную смесь уплотняют на виброплощадках или с помощью поверхностных и глубинных вибраторов. При бетонировании конструкций из жестких, малоподвижных бетонных смесей используют комбинированные способы.

Виброуплотнение, вибропрессование, вибрирование с пригрузом позволяют плотно уложить жесткие и особо жесткие смеси с водоцементным отношением, равным 0,35 и ниже.

На виброшлюдке изделие может дополнительно прессоваться под нагрузкой 0,05—0,15 МПа. В технологии бетона и железобетона известны и другие способы уплотнения жестких смесей — виброштампование, вибровакуумирование, центрифугирование.

Так, например, скорость вращения форм в станках-центрифугах равна обычно от 600 до 1000 об/мин, в зависимости от уплотняемой бетонной смеси и размеров изделий.

В настоящее время разработаны роликовые центрифуги на пневматических шинах (вместо металлических катков), что снижает шум при их работе, обеспечивает дополнительное уплотнение за счет вибрирования и заглаживания бетонной смеси валиком-катком, находящимся внутри формы.

Набор прочности железобетонных изделий происходит в естественных условиях или при тепловлажностной обработке, позволяющей ускорить завершение этого процесса. В зависимости от температуры и влажности окружающей среды различают:

а) пропаривание в камерах периодического и непрерывного действия при нормальном давлении и температуре 70—100°C;

б) автоклавную обработку насыщенным паром при его давлении 0,8—1,3 МПа и температуре 174—193°C;

в) контактный обогрев путем непосредственного соприкосновения изделия с источником теплоты (т.е. острым паром, горячей водой или нагретым маслом) или нагревательным прибором, обогреваемыми стенками формы;

г) электропрогрев — пропускание электрического тока через толщу бетона или обогрев его инфракрасными лучами, особенно при изготовлении тонкостенных изделий в кассетах при достаточной их герметизации.

Кроме того, используют метод горячего формования, при котором бетонная смесь перед укладкой в форму в течение 8—12 мин разогревается электрическим током до температуры 75—85°C и выдерживается в форме 4—6 ч. После выдержки в форме бетон приобретает необходимую распалубочную прочность (около 70% проектной).

Пропаривание производится в камерах периодического или непрерывного действия. Из камер пропаривания периодического действия широкое применение имеют камеры ямного типа глубиной до 2 м. Наиболее рациональный размер камер пропаривания в плане должен соответствовать кратным размерам изделий, которые подаются в камеру в формах или на поддонах. Стенки камер делают бетонными.

Закрывают камеры массивными крышками с водяными затворами, препятствующими потере пара. Пар в камеру подают так, чтобы обеспечить повышение температуры со скоростью 20—35°C в час, до максимальной — 85—90°C. При этой температуре изделие прогревается на всю толщину и выдерживается в таком состоянии 6—8 ч.

После изотермической выдержки начинают постепенное охлаждение изделия. Продолжительность пропаривания зависит от разновидности бетона, свойств цемента и составляет около 12—15 ч для пластичных и 4—8 ч для жестких бетонных смесей. Применение быстротвердеющих цементов позволяет сокращать продолжительность изотермической выдержки (при более низкой температуре прогрева 70—80°C) и уменьшить общее время пропаривания до 8—10 ч.

Камера непрерывного действия представляет собой горизонтальный тоннель, обеспечивающий установленный режим пропаривания изделий, загружаемых с одной стороны тоннеля и выгружаемых с другой. За время пребывания в камере тоннельного типа изделия проходят зоны подогрева, изотермической выдержки при максимальной температуре и охлаждения. Этим способом пользуются главным образом при конвейерной технологии. В

вертикальных камерах непрерывного действия процесс тепло-влажностной обработки изделий осуществляется по принципу противотока.

Пар поступает в верхнюю часть камеры, в зону изотермического прогрева по перфорированной трубе. Загрузка изделий производится в нижней части камеры. Затем холодные изделия движутся вверх, навстречу горячей паровоздушной среде. Пройдя зону изотермического прогрева в наиболее горячей части камеры, изделия опускаются вниз и постепенно охлаждаются. Тепловая обработка в камерах ускоряет время твердения бетона примерно в 7—8 раз.

Тепловлажностная обработка может осуществляться также в автоклавах. В них создаются благоприятные условия при ускорении твердения и образования изделий со структурой высокой прочности. Такими условиями являются давление пара насыщенного, равного 0,8—1,2 МПа, и температура 175—193°С. Режим автоклавной обработки зависит не только от времени предварительной выдержки изделий до впуска пара в автоклав, давления пара при изотермическом прогреве, интенсивности подъема и снижения давления пара, но и от условий остывания изделия после снижения давления пара до атмосферного. Запаривание в автоклавах — наиболее эффективный метод тепловлажностной обработки, особенно для изделий из ячеистых бетонов.

После тепловлажностной обработки изготовление железобетонных изделий, если не требуется дальнейшая отделка поверхности, заканчивается. Изделие, освобожденное от формы, поступает в отдел технического контроля завода и затем на склад готовой продукции.

Производство железобетонных изделий для сборного строительства развивается по двум принципиально различным направлениям: формование в стационарных, неподвижных формах — стендовая и кассетная технологии; формование в подвижных формах — поточно-агрегатный способ и на поддонах-вагонетках — конвейерная технология.

Стендовая технология. Стенд представляет собой железобетонную площадку с гладкой поверхностью, разделенную полосами на отдельные технологические участки. На площадке устанавливают опалубки

определенной конфигурации, соответствующей форме будущего изделия. Изделие, находясь в стационарной форме в течение всего производственного цикла, остается на месте (т.е. до момента затвердевания бетона). В то же время технологическое оборудование для выполнения отдельных операций по укладке арматуры, бетонной смеси и уплотнению перемещается последовательно от одной формы к другой.

Стендовый способ дает высокий экономический эффект при изготовлении железобетонных изделий значительных размеров: плит перекрытий, ферм и балок для промышленного и транспортного строительства.

Особое значение стендовый способ производства приобрел при массовом изготовлении изделий в кассетах.

При таком способе производства изделия изготавливают в вертикальных формах-кассетах, представляющих собой ряд отсеков, образованных стальными, прочно укрепленными стенками — перегородками. На кассетной установке осуществляется полностью весь цикл производства тонкостенных изделий, т. е. укладка арматуры, укладка и уплотнение бетонной смеси и твердение.

Для этой цели кассетная установка имеет вибрирующие устройства и устройства для парообогрева или электрообогрева изделий в процессе набора прочности.

Поточно-агрегатный способ производства состоит в том, что все операции по изготовлению изделия, очистке и смазке форм, укладке арматуры и бетонной смеси, набору прочности и распалубке выполняют на специальных постах, образующих определенную поточную технологическую линию.

Изделие вместе с формой последовательно перемещается (с помощью крана или тельфера) от поста к посту с различными интервалами времени, зависящими от продолжительности той или иной операции: от нескольких минут (смазка форм) до нескольких часов (твердение в пропарочных камерах).

Основное преимущество поточно-агрегатного способа производства заключается в универсальности основного технологического оборудования. Так, например, при незначительной затрате средств на изготовление новых форм можно быстро переходить на выпуск другого вида изделий. Этот способ производства железобетона получил в нашей стране наибольшее распространение.

Он экономически целесообразен для заводов с широкой номенклатурой изделий и средней годовой производительностью до 100 тыс. м³(внимание на экран).

Конвейерный способ производства представляет собой более совершенную поточную технологию и позволяет максимально механизировать и автоматизировать основные операции.

Технологическая линия работает по принципу замкнутого пульсирующего конвейера. Изделие перемещается от поста к посту с интервалом времени, необходимым для выполнения наиболее продолжительной операции. Вагонетки-поддоны, на которых собирают форму изделия, с помощью специального толкателя перемещаются по конвейерной линии для производственных операций:

- очистки и смазки форм,
- укладки арматуры и бетонной смеси,
- уплотнения смеси,
- тепловлажностной обработки
- и распалубки.

Конвейерный способ производства экономически целесообразен при выпуске однотипных изделий на заводах большой мощности. Дальнейшим совершенствованием конвейерной технологии является изготовление железобетонных изделий для сборного строительства на специальных прокатных станах.

Что же касается производства ЖБИ 3D-принтеров, то такая технология предусматривает 2 варианта исполнения.

Каждый из способов имеет как свои плюсы, так и свои минусы.

Но разница заключается не в технологии как таковой, а более в организации строительного производства.

Первый вариант: когда 3D-принтер устанавливают в цеху.

И в привычной, спокойной и налаженной обстановке идет процесс печати отдельных ЖБ элементов.

Однако при таком способе возникает вопрос транспортировки объекта после завершения всех технологических операций по его созданию.

И второй, когда цех производства ЖБИ возводят непосредственно на строительной площадке. Такой способ вероятно более экономичен, но требует большого пространства от застраиваемой территории.

Технологические карты входят в состав технологической документации и отражают правила и процессы выполнения конкретных строительных работ.

Технологическая карта в строительстве – универсальный документ, позволяющий наиболее эффективным образом организовать выполнение отдельных видов работ.

Нормативной базой для разработки технологических карт являются:

- Строительные нормы и правила,
- Своды правил,
- Государственные элементные сметные нормы,
- Единые нормы и расценки на строительные, ремонтные и монтажные работы,
- Производственные нормы расхода материалов,
- Местные прогрессивные нормы и расценки, нормы затрат труда,
- Нормы расхода материально-технических ресурсов.

Основное назначение технологической карты – рациональная, грамотная организация технологического процесса. Разрабатывается проектная документация этого типа с целью сокращения себестоимости работ, минимизации сроков реализации проектов. При этом обязательно должны обеспечиваться безопасные условия труда. Ещё одна важная задача –

достижение высокого качества выполненных работ, сведение к минимуму ошибок.

Технологические карты применяются в следующих случаях:

- работы нулевого цикла, (такие как земляные работы, обратная засыпка с трамбованием траншей и котлованов, подсыпка и присыпка инженерных сетей; устройство фундаментов, ростверка; горизонтальная и вертикальная гидроизоляция железобетонных элементов от коррозии обмазочными составами и оклейкой рулонными материалами);
- бетонные работы — устройство подготовки из бетона, армирование, бетонирование, установка опалубки фундаментов, ростверков, балок, колонн и монолитных плит перекрытия;
- сварочные работы — сварка металлоконструкций, труб;
- монтаж инженерных сетей — водопровода, водоотведения, отопления, теплосети, канализации, вентиляции, электроснабжения;
- отделочные работы — штукатурка, побелка, окраска стен и потолков, устройство полов из полимерных материалов, бетона.
- снос сооружений или демонтаж конструкций;
- проект производства работ (обычный, на высоте, с использованием грузоподъёмной техники);
- составление технической документации, необходимой для организации процесса строительства или монтажа;
- разработка алгоритмов сертификации;
- составление документов для участия в тендерах и т.д.

Применение технологических карт способствует:

- улучшению организации производства, повышению производительности труда и его научной организации, снижению себестоимости,
- улучшению качества и сокращению продолжительности строительства,
- безопасному выполнению работ,
- организации ритмичной работы, рациональному использованию трудовых ресурсов и машин,

- сокращению сроков разработки ППР и унификации технологических решений.

В строительстве применяются 3 вида технологических карт:

- *Стандартные*: карты, разработанные безотносительно конкретного объекта и местных условий строительства;
- *Типовые*: карты, привязанные к строящемуся объекту, но не к местным условиям;
- *Рабочие*: карты, которые привязаны к конкретному строящемуся объекту с учётом местных условий строительства.

Для привязке технологической карту к объекту, необходимо:

- внимательное изучение проектной документации и выбор наиболее подходящих ТК;
- сверка поданных заказчиком исходных данных с выбранной технологической картой;
- корректировка показателей, при необходимости проведение повторных расчётов и исследований;
- определение мероприятий, которые нужно провести для обеспечения экологической безопасности, высокого качества выполнения работ.

Технологическая карта на возведение строительных конструкций состоит из следующих разделов:

1. Область применения

В данном разделе приводятся общие сведения о том, к каким видам строительных процессов относится технологическая карта, уточняется наименование и адрес объекта, указываются основные цели документа, а также лица, для которых предназначена технологическая карта.

2. Организация и технология выполнения работ

Является самым сложным и важным разделом. Он состоит из таких подразделов, как подготовительные, основные и заключительные работы.

Подготовительные работы включают в себя подготовку разрешительной документации и обустройство строительной площадки перед началом

осуществления строительно–монтажных работ. В подразделе указывают места и способы складирования инструмента и материалов, методы организации временного освещения рабочих зон, правила расстановки знаков безопасности и вывешивания сигнальных лент.

Основные работы ведутся на базе проектной документации. Конечным результатом этих мероприятий является продукт строительства, монтажа или демонтажа. На начальной стадии создания подраздела, необходимо выписать все основные этапы строительства. Затем можно приступать к раскрытию сути каждого из них. В свою очередь каждый этап (процесс) необходимо разбить на технологические операции.

Технологические операции — это локальные, непродолжительные трудовые действия работников. Финальный продукт строительства складывается из сотен, а иногда и тысяч операций. В этом и состоит суть такого документа, как технологическая карта.

3. Требования к качеству работ

Раздел состоит из таких подразделов, как входной, операционный и приемочный контроль.

Во входной контроль включают правила приемки материалов и оборудования, заполнение журналов входного контроля и иных сопроводительных документов.

Операционный контроль осуществляется в процессе производства работ. Например, перед тем как приступать к бетонированию конструкций из монолитного железобетона, необходимо определить качество вязки арматуры, установить правильность геометрии смонтированной опалубки.

Приемочный контроль, в отличие от операционного, осуществляют уже после осуществления СМР. На примере все тех же железобетонных конструкций, после бетонирования, выдерживания и снятия опалубки, возникает необходимость в их проверке на соответствие требованиям нормативных документов. Если параметры выполненных конструкций

находятся в пределах допустимых отклонений, то такие конструкции можно предъявлять технадзору.

4. Техника безопасности и охрана труда

Как правило, раздел состоит из таких подразделов как:

- Техника безопасности при осуществлении конкретного технологического процесса (в зависимости от вида работ);
- Обеспечение электробезопасности;
- Обеспечение пожарной безопасности;
- Охрана труда при выполнении работ на высоте.

5. Потребность в материально-технических ресурсах

В этот раздел вносится информация о машинах и технологическом оборудовании, технологической оснастке, инструментах, инвентаре и приспособлениях, материалах и изделиях.

6. Техничко-экономические показатели

В данный раздел включаются:

- Продолжительность выполнения работ;
- Затраты труда и машинного времени;
- Калькуляция затрат труда и машинного времени;
- График производства работ;
- Сметные расчеты затрат.

7. Приложения

В качестве приложений можно рассматривать графические схемы производства работ, акты, журналы, а также паспорта на материалы.

Когда мы говорим о многоэтажном железобетонном строительстве, мы всегда имеем в виду использование опалубки.

Перед выполнением работ в традиционном строительстве рабочая бригада собирает и устанавливает опалубку. Что касается вышележащих этажей, то опалубка для перекрытий от пола до пола поддерживается специальными временными опорами. Опалубка используется для придания бетонной смеси определенной формы с проектными размерами. Арматурная сетка

конструкции устанавливается в опалубку на определенной высоте (защитный слой) от нижней грани.

Этот метод широко применяется в мире. Это кажется простым, но в целом его нельзя считать идеальным: монолитные работы разделены на захваты, что означает промежутки при заливке бетона, иногда в процессе строительства могут быть перерывы в несколько лет между следующей заливкой. Также монолитные работы подразумевают использование большого количества трудовых ресурсов в виде рабочих, которые занимаются следующими работами: опалубкой, армированием, бетонированием, демонтажем. Количество работников в команде может достигать десятков человек. Технология строительной печати в этом плане позволяет использовать меньше трудовых ресурсов за счет автоматизации процесса строительства.

Классификация технологий возведения зданий с помощью 3D-принтера разделяется на технологические и конструктивно-технологические признаки.

К технологическим относятся такие признаки, которые непосредственно связаны с технологией возведения зданий, а к конструктивно-технологическим – признаки, характеризующие конструктивное и объемно-планировочное решения зданий, влияющие на технологию 3D-печати.

К технологическим признакам относятся:

- способ возведения здания;
- место изготовления конструктивных элементов строительным 3D-принтером;
- вид строительного 3D-принтера;
- место приготовления бетонной смеси.

По способу возведения здания могут быть сборные, монолитные и сборно-монолитные.

Сборными зданиями в данной классификации называются здания, которые монтируются из конструктивных элементов, изготовленных 3D-принтером на заводе железобетонных изделий или строительной площадке рядом со строящимся зданием.

Под монолитными подразумеваются здания, несущий каркас которых целиком создается 3D-принтером на строительной площадке. Сборно-монолитные – здания, несущий каркас которых частично состоит из конструкций, изготовленных 3D-принтером в проектном положении на строительной площадке, и частично из сборных элементов.

По месту изготовления конструктивных элементов строительным 3D-принтером различаются конструкции, изготовленные на строительной площадке, на заводе железобетонных конструкций и комбинированно, т. е. при возведении здания часть конструкций изготавливается на строительной площадке, а часть в заводских условиях.

К конструктивно-технологическим классификационным признакам относятся: вид работы строительной конструкции; расположение строительной конструкции; конфигурация здания в плане; этажность.

По виду работы строительные конструкции можно разделить на несущие и самонесущие. Несущими конструкциями называются конструкции, которые воспринимают эксплуатационные нагрузки и воздействия, они обеспечивают пространственную жесткость и устойчивость здания. К ним относятся несущие стены, колонны, связи, диафрагмы жесткости, элементы перекрытий и т. п. Самонесущие конструкции воспринимают нагрузку только от собственного веса. К ним относятся такие ограждающие конструкции, как перегородки, фронтоны и т. д.

По расположению строительные конструкции могут быть вертикальными (стены, колонны, столбы, стойки и т. д.), горизонтальными (балки, ригели, плиты перекрытия и т. д.) и наклонными (купола, арки и т. д.).

В состав работ, последовательно выполняемых при производстве бетонирования, входят:

- геодезические разбивочные работы;
- подача бетонной смеси;
- укладка бетонной смеси.

До начала бетонных работ должны быть выполнены следующие мероприятия:

- назначено лицо, ответственное за качественное и безопасное производство работ;
- проинструктированы члены бригады по технике безопасности, включая инструктаж по безопасности работ в охранных зонах действующих трубопроводов и ЛЭП;
- смонтирован объемный арматурный каркас;
- произведена геодезическая разбивка для укладки бетонной смеси;
- обозначены пути движения автобетоносмесителей и рабочая стоянка строительного 3D-принтера;
- доставлены в зону производства работ необходимые монтажные приспособления, инвентарь;
- инструменты и бытовой вагончик для отдыха рабочих.

Процесс укладки бетонной смеси состоит из рабочих операций, связанных с подачей ее в опалубку и уплотнения. До начала укладки бетонной смеси в опалубку необходимо проверить:

- качество очистки арматуры от налета ржавчины;
- правильность установки арматурных конструкций и закладных деталей;
- тщательность очистки бетонной подготовки от цементной пленки;
- выносу осей сооружения (краской) на арматурный каркас.

Строительная 3D-печать включает в себя применение 2 основных составляющих: комплекс строительной 3D-печати и печатаемые материалы.

От конструкции и способа перемещения печатающей головки зависят размер рабочей площади, максимальная высота сооружения, а также скорость печати.

Возведение строительных конструкций здания 3D-печатью включает в себя следующие этапы:

- Моделирование, состоящее из создания 3D модели в графическом редакторе, деления модели на горизонтальные слои и перевода модели в G-код (последовательный набор команд для 3D-принтеров).

- Установка принтера, включающая в себя доставку принтера на стройплощадку в разобранном виде или производство установки в цехе, монтаж, подключение и настройку принтера.

- Подготовка принтера к печати. В данный этап входят загрузка файла на управляющий компьютер, подготовка смеси, а также подача смеси в экструдер принтера.

- Непосредственно 3D-печать - послойная экструзия строительной смеси в соответствии с моделью, а затем отвердевание материала до завершения формирования объекта (изделия). Оператор управляет 3D-принтером и контролирует процесс. Второй сотрудник подает смесь и осуществляет армирование.

3D принтеры печатают бетоном, гипсом, специальными смесями. Для придания смеси необходимых свойств можно применять различные минеральные добавки, фиброволокно, пластификаторы, ускорители (замедлители) отвердевания и противоморозные добавки.

Проемы в стенах для окон и дверей обычно создаются путем прерывания печати. Чаще всего встречаются вертикальные оконные проемы, которые имеют большую высоту, чем ширину. В некоторых примерах также встречаются большие окна или застекленные панели между печатными стенами.

Эта геометрия проемов отличается от обычного преобладания горизонтальных окон в современной архитектуре, которая имеет привилегированную визуальную амплитуду и использование солнечной энергии за счет способности сопротивления обычных строительных систем, особенно на солнечных сторонах зданий или в местах с циркуляцией.

Напротив, конструкции напечатанные на 3D-принтере, имеют большую непрозрачную поверхность и имеют вертикально расположенные отверстия.

На сегодняшний момент не существует определённого программного комплекса, который позволял бы обойтись без сторонних программ, поэтому в сфере строительной печати используется ряд специализированных программ.

Печать бетоном схожа по технологии с печатью пластиком за исключением отсутствия нагревающего элемента в экструдере, который позволяет размягчать нить печатаемого пластика на время для создания проектируемой формы.

В случае с бетоном для качественной печати необходим правильно спроектированный шнек печатающей головки, который отвечает за скорость и вид печатаемого слоя. Под видом понимается правильно обработанная шнеком смесь в экструдере и выдавленная через сопло определенной формы.

В строительной печати часто используются программы, схожие с 3D-печатью пластика. Поскольку процессы подготовки моделей практически одинаковы, в аддитивном строительстве могут использоваться универсальные программы.

На слайде представлена модель здания, подготовленная в программе Simplify (Симплифай) 3D. Объект печати находится внутри прозрачного куба – рабочей площадки принтера. Под рабочей площадкой принтера подразумевается ограниченная в теле программы зона печати, заходя за которую принтер перестает получать сигналы, тем самым печать прекращается.

В самом начале при настройке программы необходимо сразу настраивать правильную рабочую площадку, соответствующую габаритам рабочей площадки принтера.

Также важно корректно задавать начало координат, поскольку движение головки принтера напрямую зависит от направления осей в программе.

Несмотря на то, что данные технологии находятся на начальном этапе развития. Они уже являются актуальными, что вызвано перспективными достоинствами использования аддитивных технологий в строительстве, которые в эру цифровых технологий будут быстро развиваться.

Раздел №6. Практическое занятие на тему:
«Разработка раздела «Календарное планирование» организационно-технологической документации на строительство объектов с применением аддитивных технологий»

Цель практического занятия: рассмотреть этапы составления календарных графиков строительства зданий и сооружений с применением аддитивных технологий, а также проектирование строительного генерального плана при строительстве зданий и сооружений с применением аддитивных технологий.

Планирование производства работ, а именно последовательность и продолжительность выполнения строительных процессов определяются при построении графика производства работ. И не важно, говорим ли мы о традиционных строительных работах или будем вести речь о современных аддитивных технологиях, в том числе 3Д печати строительных конструкций, принцип построения графика производства работ будет одинаковый.

В основу составления графика должны быть положены следующие принципы:

- использование поточного метода производства,
 - использование прогрессивных способов выполнения работ,
 - максимальное совмещение работ во времени без нарушения технологии строительства и правил техники безопасности,
 - обеспечение равномерной и бесперебойной загрузки машин и рабочих,
- и речь, в этом случае, идет не только о строительном принтере, но и о вспомогательных машинах, которые обеспечивают бесперебойную работу при возведении зданий и сооружений. И, важно отметить, что при возведении зданий с помощью аддитивных технологий человеческий труд минимизирован, однако, совсем без людей (в данном случае рабочих) обойтись невозможно, поэтому это нужно тоже учитывать.

-выполнение работ в строгой технологической последовательности.

График должен быть лаконичным и читаемым, ориентированным на основные процессы, вспомогательные операции должны быть включены в состав основных.

График выполняется в форме таблицы:

-графы 2-6 заполняются по калькуляции затрат труда и машинного времени, о них мы говорили в предыдущей лекции;

-в графе 7 указывается принятая (удовлетворяющая заданному ритму) численность исполнителей;

-в графе 8 определяется целое число смен, необходимых для качественного выполнения процессов, соответствующее уровню производительности труда

Важно отметить, что для оптимальной производительности труда и правильной организации строительства $У_{п.т.}=85 - 110\%$ – это графа 10;

-в графе 9 по календарному плану устанавливается целое число дней, занятых в производстве.

В части календарного планирования (линейного графика Ганта) горизонтальными линиями изображается продолжительность выполнения каждого процесса, вертикальными – их взаимосвязи.

Продолжительность процесса t_8 (графа 8) определяется, как отношение трудоемкости Θ к числу исполнителей n приведенное к целому значению (до смены).

В случае объединения производственных потоков для установления общей продолжительности работ трудоемкость соответствующих процессов суммируется.

Уровень производительности труда определяется как результат деления трудоёмкости работы на произведение количества исполнителей и времени выполнения работ в сменах умноженное на 100%.

Построение графика производства работ осуществляется в следующей последовательности:

1. Определение календарного времени выполнения ведущего процесса на одной технологической зоне (делянке);
2. Планирование подготовки фронта производства работ для ведущего процесса. Получение производственного цикла;
3. Распределение циклов для всего объема работ во времени. Оптимизация показателей.

Ниже подробно рассмотрим процесс построения графика на примере возведения несущих конструкций типового этажа из монолитного железобетона, так скажем пример возведения здания традиционным строительством, но, нужно понимать, процесс построения графика производства работ при возведении зданий и сооружений с использованием строительного 3D-принтера не будет отличаться, т.к. сейчас мы говорим об общих принципах построения графика.

Но думаю, стоит сразу провести параллель возведения строительных конструкций обычной технологией монолитного строительства. С возведением строительных конструкций с помощью 3D-печати, принцип построения графика, как я сказала ранее не поменяется, но логичные различия будут в перечне и порядке работ.

Итак, о традиционном способе мы поговорим дальше, т.к. я уже сказала вам, что разработку графика производства работ будем рассматривать на примере возведения несущих конструкций типового этажа из монолитного железобетона, а при возведении конструкций с помощью аддитивных технологий последовательность может быть следующая

1. Сначала необходимо составить проект, учесть все строительные нюансы, пожелания клиента, точно рассчитать нагрузки. Пожалуй, это самый ответственный этап, т.к. от него зависит прочность и надежность будущего сооружения.
2. Затем создать 3d модель строения, слайсером сформировать gcode
3. Поверхность предварительно подготовить и выровнять относительно горизонтали, в противном случае конструкция, например фундамент, как

основу будущего строения должным образом уложить не получится. В случае с большими зданиями понадобится свайный фундамент с заглублением.

4. Установка строительного 3d принтера (в т.ч. его нивелирование в проектное положение)

5. Отправка модели на печать.

6. Печать послойно строительной конструкции. На этапе 3d моделирования необходимо учесть, где будут проложены коммуникации и армирующие элементы.

7. В зависимости от конструкции здания, а также для большей надежности в процессе формирования стен закладывают железную или стеклопластиковую арматуру, для фундамента это обязательное условие. Горизонтальная арматура укладывается во время 3d печати, вертикальность армируется в полостях. В местах с холодным климатом стены необходимо спроектировать таким образом, чтобы можно было в дальнейшем заложить утеплитель.

8. Заливается бетоном оставшиеся полости. В качестве заливки так же можно использовать газобетон, пенобетон, различные засыпные и жидкие утеплители, для улучшения теплоизоляционных свойств.

9. Происходит интенсификация набора прочности и уход за бетоном.

10. Для отделки стен используют финишную штукатурку, но в случае, если принтер печатает с высокой точностью, этот этап можно исключить — сразу покраска, обои или то, что душа пожелает. Важно понимать, что при 3D-печати строительных конструкций принцип создания конструкции похож и не нужно забывать о том, что в процессе создания строительных конструкций участвует не только один строительный принтер, но и рабочие, которые настраивают оборудование, которые контролируют процесс и которые помогают в выполнении отдельных работ, например, при арматурных работах.

Предлагаю Вам для наглядности посмотреть ролик создание вертикальных конструкций здания с помощью 3D-печати на строительном принтере компании Айпис Кор.

Технология 3D-строительства ничем не отличается от самого популярного способа 3D-печати методом экструзии расплавленным пластиком — FDM, разве что сопло гораздо большего диаметра — около 50 мм, а вместо пластика самоотверждающийся композитный материал на основе цемента и армирующих добавок — фибро волокна, полимеров и т.д. Простыми словами экструдер укладывает бетон по заданной траектории. Фактически задача принтера сформировать стены заданной геометрической формы, а затем в полости заливается бетон и закладывается арматура. Надежный фундамент и крышу проще пока делать традиционными способами.

В данном ролике было показано, как по заданной 3D-модели принтер аккуратно обходит места, где будут уложены коммуникации, горизонтальная арматура укладывается в процессе печати конструкции, работники обязательно проверяют проектное положение и отклонения плоскости от проектных положений и в результате печати, мы видим готовую конструкцию стен, которая набирает свою проектную прочность для дальнейших процессов при строительстве данного объекта.

Итак, вернемся к разработке графика производства работ. При возведении монолитных вертикальных конструкций выполняют работы в следующей последовательности:

- 1) Установка и вязка арматуры вертикальных конструкций
- 2) Установка опалубки вертикальных конструкций
- 3) Бетонирование вертикальных конструкций
- 4) Интенсификация набора прочности и уход за бетоном
- 5) Демонтаж опалубки вертикальных конструкций

(!) Ведущей работой при возведении монолитных конструкций является бетонирование, поэтому строить линейный график начинаем именно с этой работы.

В соответствии со СНиП укладка бетона на одной захватке должна быть завершена в течение одной смены, т.е. 8 часов.

После определения времени бетонирования, необходимо определить и указать время подготовки фронта работ для ведущей работы.

На слайде представлены 2 варианта

1. подготовки фронта работ для выполнения ведущего процесса (бетонирования) для одной технологической зоны в.к. при выполнении опалубочных и арматурных работ разными звеньями исполнителей.

2. подготовки фронта работ для выполнения ведущего процесса (бетонирования) для одной технологической зоны в.к. при выполнении опалубочных и арматурных работ одним звеном исполнителей.

Как говорилось ранее «в случае объединения производственных потоков для установления общей продолжительности работ трудоемкость соответствующих процессов суммируется». Поэтому трудозатраты во втором варианте составляют 7 человекодней. Получается, что в первом варианте работают два разных звена рабочих (арматурщики и плотники, а во втором случае работает уже комплексная бригада, т.е. один рабочий имеет две квалификации и плотника и арматурщика и может выполнять одну и другую работу, важно отметить, что объединять потоки возможно только при одинаковом количестве человек в звене)

Итак, для объединенных затрат труда второго варианта предлагается использовать звено из 2 рабочих в 3 смены.

Однако такой вариант продолжительности не удовлетворяет уровень производительности труда. Он равен 116%.

Поэтому необходима оптимизация. При этом напоминаю, что уровень производительности труда рассчитывается следующим образом: затраты труда, делят на количество исполнителей и на число смен и умножают на 100%, и при правильно организованном строительстве у.п.т. Должен получиться от 85 до 110%.

После оптимизации времени подготовки фронта работ (установка и вязка арматуры и установка опалубки) и определения времени бетонирования определяется время на последующие работы.

На интенсификацию набора прочности и ухода за бетоном
И демонтажа опалубки.

Необходимо отметить, что демонтаж опалубки можно производить только после достижения бетона 50% от марочной прочности. Т.е. необходимо выждать набор прочности бетона.

Обычно это занимает 5-14 суток (в зависимости от температуры).

Но если используется прогрев бетона или другой способ интенсификации, то минимальный промежуток времени В.К. между окончанием бетонирования и началом демонтажа опалубки 24 часа.

Оптимизацию графика (т.е. обеспечение технологической последовательности и режимов, планомерной загрузки исполнителей) можно осуществлять:

- 1) регулированием количества смен выполнения процессов в сутки (от 1 до 3),
- 2) регулированием уровня производительности труда (от 85 до 110%),
- 3) изменением числа исполнителей. Число исполнителей обязательно должно быть кратно минимальному количеству человек в звене данной профессии.

Кроме того, оптимизировать график можно по средствам изменения режимов интенсификации набора прочности бетона (в связи с отсутствием в ТК расчетного раздела, для вертикальных конструкций следует назначать время в диапазоне от 24 часов до момента установки опалубки перекрытия, для горизонтальных конструкций - от 36 часов до возникновения потребности в использованной опалубке).

Рассмотрим пример оптимизации работ на устройстве вертикальных конструкций.

На слайде представлена таблица подготовки фронта работ для выполнения ведущего процесса (бетонирования) для одной технологической зоны в.к. при выполнении опалубочных и арматурных работ.

В первой таблице мы принимаем разные специализированные звенья исполнителей (плотников и арматурщиков) на разных работах и планируем что работы будут вестись в 2 смены.

Однако, такой вариант не удовлетворяет условие Уп.т. (85-110%).

Во-второй работе он меньше 85%. Это значит рабочие будут простаивать.

Для оптимизации попробуем использовать 3 комплексных звена (где есть и плотники и арматурщики) для выполнения разных работ, но с большим количеством рабочих.

Мы знаем, что в случае объединения производственных потоков для установления общей продолжительности работ трудоемкость соответствующих процессов суммируется.

Поэтому трудозатраты во втором варианте складывают $(3,65+3,35)$, что составляет 7 человекоднев.

Для таких затрат труда предлагается использовать 1 звено из 2 рабочих в каждую смену (всего 3 смены).

Однако такой вариант так же не удовлетворяет уровень производительности труда. Он равен 116%

Поэтому для удовлетворения критерием уровня производства работ, принимаем 2 комплексных звена с количеством 4 человек в звене.

В таком случае трудозатраты составляют так же 7 человекоднев.

Однако уровень производительности труда равен 87,46%. Что полностью удовлетворяет требованиям.

Кроме того, при таком графике выполнения работ по установке опалубки и вязке арматуры появляется возможность переноса процесса бетонирования на третью смену первого дня.

Еще раз хотелось бы отметить, то как рассчитывается УПТ (!) складывают затраты на двух совмещенных работах (Установка и вязка арматуры и установка опалубки ВК) $3,65+3,35$ делят на общее количество исполнителей и на число смен и умножают на 100% и получаются 87,5%

Таки образом, путем совмещения производственных потоков можно оптимизировать график производства работ.

Таким образом мы рассмотрели с вами разработку графика производства работ и его оптимизацию на примере возведения несущих конструкций типового этажа из монолитного железобетона, но хочется сказать, что это всего лишь пример, на котором было удобно объяснить принцип построения и разработки графика производства работ.

Вы, как уже понимаете, можете взять любой перечень работ, который Вас будет интересовать, в том числе и работы по 3D-печати строительных конструкций и составить свой график производства работ, посчитать уровень производительности труда каждой работы и отметить насколько эффективно и оптимально использовать строительный 3D-принтер при возведении строительных конструкций. А также вы сможете легко оптимизировать ваш график, если это будет необходимо!

Строительный генеральный план является одним из основных документов организации строительства. Именно поэтому ему должно уделяться особое внимание.

В отличие от Генеральных планов, например микрорайона, предприятия, сооружения или объекта, которые дают ответ на вопрос, *что* нужно построить. Строительный генеральный план даёт частичный ответ, *как* это построить. Разумеется, полный ответ на этот вопрос дают ПОС и ППР, где строительные генеральные планы являются составляющим разделом.

Организация строительной площадки входит в подготовительный цикл строительства и включает инженерную подготовку строительной площадки, подведение временных дорог и коммуникаций, устройство временных зданий и сооружений в соответствии со строительным генеральным планом. Непосредственно от него зависит успешное выполнение последующих циклов строительства.

Нарушения по организации строительной площадки оказывают прямое влияние на введение в эксплуатацию строящегося объекта и безопасность и поэтому необходимо четко соблюдать нормативно-технические требования по организации и безопасности строительства и осуществлять контроль за этим в процессе выполнения работ.

Строительный генеральный план (или сокращённо стройгенплан) – это основной документ, регламентирующий организацию труда на строительной площадке и объёмы временного строительства.

Как правило, стройгенпланы не являются постоянными на весь период строительства и составляются с учётом состояния строительной площадки и технологического этапа строительства. Обычно строительные генеральные планы проектируются для периода подготовительных работ, сооружения подземной части здания, а также для периода возведения надземных конструкций.

Стройгенплан определяет состав и размещение объектов строительного хозяйства в целях максимальной эффективности их использования, с учётом требований охраны труда.

Различают строительный генеральный план площадки и строительный генеральный план объекта.

Стройгенплан площадки даёт принципиальные решения по организации строительства на всей площадке в целом и выполняется проектной организацией на стадии технического проекта в составе проекта организации строительства (ПОС).

На строительном генеральном плане площадки строительства наносят проектируемые и существующие здания и сооружения, территории для размещения на них мобильных (инвентарных) зданий, постоянные и временные автомобильные и железные дороги для доставки оборудования, конструкций, материалов, места установки башенных и стреловых самоходных кранов, стационарных и временных механизированных

установок, а также инженерные сети, источники, обеспечивающие строительную площадку электроэнергией, паром, горячей и холодной водой.

Так как графической основой стройгенплана является генеральный план проектируемого объекта или комплекса, то масштаб изображения обычно сохраняют неизменным (1:1000; 1:2000; 1:5000).

Общеплощадочный строительный генеральный план согласовывается проектной организацией с заказчиком и генподрядчиком. Заказчик в свою очередь согласовывает его с отделом районного архитектора, органами санэпидемиологической службы, пожарного надзора, отделами безопасности движения, эксплуатационными службами (энерго-, водо- и газоснабжения и т. д.), административной инспекцией и отделами подземных сооружений.

Технико-экономическими показателями стройгенплана при сопоставлении вариантов могут служить следующие данные:

- удельные затраты на временные здания и сооружения, стоимость строительного хозяйства, выраженная в процентах по отношению к общей сметной стоимости;
- продолжительность работ по организации строительного хозяйства в подготовительный период;
- объем и стоимость затрат на временные здания и сооружения в целом и по отдельным видам строительства;
- трудоемкость работ по организации временного хозяйства по тем же измерителям.

При оценке стройгенплана используют также архитектурно-планировочные показатели, коэффициент застройки и коэффициент использования площади. Кроме того, строительный генеральный план должен оцениваться с точки зрения ряда других факторов, не охваченных системой общепринятых показателей. Например, учитывают уровень санитарно-бытового обслуживания; соответствие принятой схемы движения удобствам работы транспорта с точки зрения уменьшения количества тупиков и пересечений и т. д.

Объектный стройгенплан – это строительный генеральный план отдельного объекта, на котором располагают проектируемые и существующие здания и сооружения, мобильные (инвентарные) здания, постоянные и временные транспортные пути, пешеходные переходы, инженерные коммуникации, башенные и стреловые самоходные краны, а также площадки укрупнительной сборки конструкций и технологического оборудования, приобъектные склады, необходимые для строительства данного объекта. На объектном стройгенплане уточняют и детализируют решения, принятые на общеплощадочном стройгенплане.

СГП классифицируются по этапам возведений сооружений. Это обусловлено тем, что при смене этапов происходит изменение потребностей в специализированной технике, временных инженерных сетях, складских и бытовых помещениях.

Чертеж должен отражать все изменения, возникающие по окончании того или иного этапа возведения сооружения. Не стоит забывать и о том, что СГП тесно связан с календарным планом производства работ. На оба документа влияют сроки производства и объемы работ, трудозатраты, прочие факторы.

При возведении зданий и сооружений наибольшее распространение получили такие этапы, как:

- подготовительный;
- работы нулевого цикла;
- работы основного периода;
- финальные работы (отделка, внутренняя инженерия).

Проработка стройгенплана зависит от его назначения. В составе ПОС стройгенплан отображает общую необходимость в ресурсах на данный этап и мало уделяет внимание приобъектным временным сооружениям, однако уже в составе ППР все принятые решения должны быть детализированы и расписаны.

Все решения подземных коммуникаций, временных дорог и сооружений, устройство и обслуживание

машин, выполняющих работы на данном участке, рассматриваются повторно и расписываются исходя из

конкретного примера и включают в себя все условия строительства.

Устройство строительной площадки ведется в соответствии с составом ППР на данный вид работ.

Для разработки стройгенплана необходимы следующие исходные материалы:

- ✓ генплан размещения здания, сооружения или комплекса зданий и сооружений;
- ✓ материалы технических решений по водоснабжению, энергоснабжению, транспорту;
- ✓ материалы инженерных и технико-экономических изысканий;
- ✓ материалы по выбранным методам производства работ;
- ✓ расчёты потребностей строительной площадки во временных зданиях, складских площадях и других элементах строительного производства.

При разработке стройгенпланов должно быть учтено следующее:

- ✓ решения стройгенпланов должны быть увязаны с остальными разделами проектов, в том числе и с принятой технологией работ, и установленными сроками строительства;
- ✓ решения стройгенпланов должны отвечать требованиям строительных нормативов (СНиПам по организации строительства и техники безопасности, порядку составления и утверждения ПОС и ППР);
- ✓ стройгенплан должен обеспечить полное удовлетворение бытовых нужд участников строительства – это требование реализуется путём подбора и размещения бытовых помещений, объектов питания и санитарной гигиены, отдыха участников строительства, пешеходных путей и проч.;

✓ места для разгрузки и складирования сборных конструкций следует выбирать в непосредственной близости от мест их монтажа. Это сократит количество перегрузок и уменьшит расстояние повторных перевозок. Целесообразность промежуточной перегрузки массовых материалов необходимо подвергать тщательному анализу;

✓ правильное размещение монтажных механизмов, мест укрупнительной сборки конструкций, размещение площадочных бетонно-растворных узлов – основное условие правильного построения стройгенплана;

✓ принятые в стройгенплане решения должны отвечать требованиям техники безопасности и условиям охраны окружающей среды;

✓ строительство временных сооружений на строительной площадке по возможности должно быть сведено к минимуму. Для обслуживания строительства, если есть для этого условия, должны быть использованы по максимуму существующие здания, сооружения, дороги, сети. Создание временных сооружений должно быть тщательно обосновано. В целях экономии средств необходимо использовать типовые инвентарные и сборно-разборные сооружения;

✓ временные здания, сооружения и коммуникации необходимо располагать на территориях, не предназначенных под застройку постоянными зданиями и сооружениями. При этом должны быть соблюдены противопожарные нормы и требования техники безопасности, в также обеспечены соответствующие санитарно-гигиенические условия. Вместе с тем временное строительство на площадке должно быть минимальным, число и объемы временных сооружений должны быть тщательно обоснованы с учетом возможности использования для нужд строительства некоторых постоянных зданий, дорог и инженерных сетей.

✓ временные сооружения необходимо проектировать с возможностью многократного их использования на других стройках для размещения административно-бытовых зданий, мастерских, складов, столовых, буфетов, санитарно-гигиенических помещений. Должны быть

использованы типовые передвижные и перевозимые вагоны. В номенклатуре временных сооружений должны быть преимущественно: инвентарные помещения с ссылкой на типовые проекты.

✓ затраты на строительство временных дорог и инженерных сетей должны быть минимальными. Снижение затрат может быть обеспечено в результате первоочередного строительства на площадке постоянных дорог и сетей подземных коммуникаций, которые могут быть использованы для нужд строительства.

✓ временные дороги следует прокладывать по трассам постоянных дорог. Если подъезды к временным складам или непосредственно к строящимся объектам не совпадают с трассами постоянных дорог, проектируют на этих участках временные дороги. Покрытие дорог должно обеспечивать проезд автомобильного транспорта в любое время года.

✓ размещение объектов временного хозяйства, а также транспортных путей должно подчиняться цели снижения перевозок внутри площадки и снижения погрузочно-разгрузочных работ. Временные сети водоснабжения, теплоснабжения, электроснабжения и т.д. должны быть минимальной протяженности с достаточной надежностью обслуживания.

✓ места для разгрузки, складирования и укрупнительной сборки конструкций, а также складирования и хранения оборудования и материалов следует выбирать в непосредственной близости от мест установки и использования с учетом расположения грузоподъемных механизмов.

✓ при использовании инвентарных временных сооружений по типовым проектам в ППР на них должны быть сделаны соответствующие ссылки.

Исходными данными для разработки стройгенплана площадки являются: геологические, гидрологические и инженерно-экономические изыскания; сметы; сводный календарный план; расчёты объёмов временного строительства и другие материалы ПОС.

При разработке стройгенплана промышленного предприятия должны быть даны необходимые привязки зданий, основные размеры и экспликация строящихся зданий и сооружений, а также здания и сооружения, примыкающие к зоне монтажа и влияющие на основные решения по организации и производству работ.

Геологические и гидрологические изыскания используют при размещении временных объектов, для которых необходимо знать несущую способность грунтов и уровень грунтовых вод (например, при строительстве цементных складов, заглублённых временных сооружений).

Инженерно-экономические изыскания используют при проектировании транспортных связей объектов строительства с поставщиками, карьерами и проч.

На стройгенплане используется генплан площадки строительства (рельеф – горизонтали и планировочные отметки проектируемых зданий и сооружений, сетей, дорог). Эти сведения дают возможность правильно решать планировку территории строительства, отвод поверхностных вод, устанавливать места подсоединения временных сетей к постоянным источникам электроснабжения и др.

Стройгенплан площадки согласовывается проектной организацией с заказчиком и генподрядчиком. Заказчик, в свою очередь, должен его согласовать с районным архитектором, органами санитарного и пожарного надзора, с отделами безопасности движения транспорта и эксплуатационными службами действующего предприятия.

Документ состоит из таких графических элементов, как:

- Топографическая съемка объекта (посадочный план);
- Инфраструктура производственного городка;
- Механизированная техника и оборудование;
- Отдельные узлы элементов СГП;
- Примечания
- Состав строительного генерального плана объекта

В свою очередь под инфраструктурой объекта подразумеваются такие элементы, как:

- ✓ временные ограждения;
- ✓ мойка колес специализированной техники на въезде / выезде;
- ✓ пост охраны;
- ✓ пожарные и информационные щиты;
- ✓ подъездные пути и внутриплощадочные временные дороги;
- ✓ временные склады, кладовые и т.д;
- ✓ стапели и арматурные цеха (в зависимости от типа производимых работ);
- ✓ инвентарные бытовые помещения для проживания сотрудников;
- ✓ бытовые помещения - штабы, столовые, сушилки и т.д.;
- ✓ временные инженерные сети;
- ✓ стоянки для отдыха техники во время перерывов в работе;
- ✓ опасные зоны работы техники.

Под временными инженерными сетями чаще всего подразумеваются сети, устраиваемые для обеспечения нужд объекта, на период производства работ. К ним относятся:

- электроснабжение и электроосвещение, а также оборудование, входящее в их состав;
- временный водопровод и бытовая канализация;
- пожарный водопровод;
- в некоторых случаях иные сети, например паропровод или сети подачи сжатого воздуха

Условные обозначения представляют собой таблицу, с двумя столбцами. В ячейках левого столбца находятся графические представления вышеперечисленных элементов документа. В ячейках второго столбца находится текст, разъясняющий значение того или иного графического элемента.

Привязка кранов, кранов-манипуляторов, подъемников и рельсовых крановых путей производится к осям здания (сооружения), а при реконструкции - к наружным поверхностям стен.

Для башенных кранов показывают крайние стоянки и стоянки кранов в нерабочем состоянии.

При совместной работе нескольких кранов на объекте (в том числе башенных, находящихся на одних или разных рельсовых крановых путях) или кранов с другими механизмами для производства строительно-монтажных работ для обеспечения совместной безопасной их работы определяются промежуточные стоянки.

Промежуточные дополнительные стоянки показывают также при работе кранов (когда это требуется) с предельными массами грузов, на предельных вылетах и в стесненных условиях.

Привязка крайних стоянок башенного крана производится к тупиковым упорам или концам рельсов, промежуточных стоянок кранов - к осям здания.

Для стреловых кранов, кранов-манипуляторов, подъемников (вышек), как правило, показываются все стоянки. При равных расстояниях между стоянками может показываться шаг стоянок между начальной и конечной, а при последовательном выполнении однотипных работ - между начальной и конечной стоянками - ось движения грузоподъемной машины, на которой она может устанавливаться в любом месте.

При применении аддитивных технологий в возведении здания ведущим процессом будет являться бетонирование, а ведущей машиной - строительный 3D-принтер, установленный на стройплощадке. На строительном генеральном плане должны указываться габариты и расположение 3D-принтера.

Также указываются вспомогательные механизмы, такие, как кран - манипулятор, способный подавать на строительную площадку арматуру.

Строительное производство оказывает существенное влияние на состояние окружающей среды.

Природоохранные мероприятия следует осуществлять при проектировании способов производства строительно-монтажных работ и организации строительной площадки с целью уменьшения загрязнения наружного воздуха, борьбы с шумом, охраны и рационального использования территории строительства.

Наиболее доступными в разделе стройгенплана могут быть следующие специальные мероприятия:

- установка четких размеров и границ строительной площадки;
- сохранение существующих на территории строительной площадки древесно-кустарниковой растительности, травяного и почвенного покрова;
- своевременное и качественное устройство внутриплощадочных дорог;
- исключение неорганизованного движения строительной техники и транспорта на строительной площадке;
- завершение строительства качественной уборкой и благоустройством территории с восстановлением растительного покрова.

Подводя итоги, можно утверждать, что проектирование стройгенпланов на строительство здания с применением аддитивных технологий заключается в разработке и осуществлении наиболее эффективной модели организации строительной площадки, обеспечивающей наилучшие условия для высокопроизводительного труда работающих.

Фактическое использование трехмерной печати и её адаптация к строительной промышленности становятся реальными с каждым днем.

Ну а Применение аддитивных технологий позволяет существенно оптимизировать организацию строительного производства.

Раздел №7. Практическое занятие на тему:
«Разработка раздела «Контроль качества работ» организационно-технологической документации на строительство объектов с применением аддитивных технологий»

Цель практического занятия: рассмотреть этапы составления карты контроля качества работ при использовании аддитивных технологий, раздела «Контроль качества» в ППР на строительство зданий и их конструкций с применением аддитивных технологий.

АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ СХЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Первый этап: Сложный процесс разбить на простые работы. Например, печать стен 3D-принтером на процессы: монтаж принтера, печать конструкций, армирование конструкций.

2й этап- Для каждого процесса определить этапы выполнения контроля.

Существует 4 этапа:

- 1) Подготовительный контроль
- 2) Входной контроль
- 3) Операционный контроль
- 4) Приемочный контроль

3й этап - Для каждого этапа контроля определить операции контроля.

Операции входного, операционного, приемочного контроля

4й этап - Установить вид контроля, ИТР и вид документации, где указывают результаты контроля. Вид контроля: визуальный, измерительный, лабораторный. Определить ИТР: мастер, прораб, инженер СК, инженер-геодезист, лаборант.

И наконец 5й этап - Найти нормативную документацию на данный вид работ. Указать допустимые отклонения - Своды правил, ГОСТ

МОНТАЖ 3D-ПРИНТЕРА

1 Этап - ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ

1 операция контроля - это проверка характеристик 3D-принтера:

Габаритные размеры очень важны и должны соответствовать печатаемому объекту по размерам в плане и высоте

Скорость позиционирования и Точность позиционирования определяют качество и скорость печати.

Размер печатаемого слоя также важная характеристика и должны соответствовать толщине конструкции, толщина конструкции должна быть кратна толщине слоя. Также важна высота слоя печати от нее зависит скорость создания конструкций.

2я операция контроля - это Проверка установки 3D-принтера:

- прочность фундаментов под опоры
- пространственная жесткость и устойчивость
- горизонтальность направляющих печатающей головки
- выполнение требований электробезопасности подключения 3D-принтера

завершающий Этап – приемочный контроль

операции контроля - Пусконаладочные работы

- проверка подключения печатающего раствора
- проверка загрузки актуальной 3D-модели здания
- подготовка стройплощадки
- проверка печати первых полос стен

ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Влажность смесей в сухом виде не должна превышать по массе: 0,2 % масс. — для смесей на полимерных, гипсовых, цементных и смешанных вяжущих, содержащих массовую долю цемента 80 % и более иначе 0.3 % масс.

Наибольшая крупность зерен заполнителя должна быть не более

10.00 мм — для бетонных смесей;

5.00 мм — для растворных смесей;

0,63 мм — для дисперсных смесей.

Остаток на сите:

в сухих смесях должен быть не более 5,0 %.

в дисперсных смесях — не более 0,5 %.

ИСПЫТАНИЯ РАСТВОРА ДЛЯ ПЕЧАТИ

Проверка подвижности, сохраняемости своих свойств. Выполняется проверкой с помощью погружения стального эталонного конуса, а также проверка влагоудерживающей способности проверяется методом заполнения кольца.

А вот проверку прочности раствора некорректно выполнять с помощью классических кубов, какими мы проверяем прочность бетонной смеси или кладочного раствора. Почему спросите вы – а я отвечу вам из нашей лаборатории МГСУ, где установлен настоящий 3D-принтер.

ОПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ 3D-печати

Проверка параметров печати

Проверка качества печатаемых слоев

Проверка сохранения устойчивости печатаемых конструкций

А лучше вам усвоить этот материал поможет ролик который мы сняли в лаборатории МГСУ!

ИСПЫТАНИЯ НАПЕЧАТАННОГО БЕТОНА

Для испытания напечатанного бетона подходят методы неразрушающего контроля такие как отрыв со скалыванием, метод отрыва, метод скалывания ребра.

А также косвенные методы определения прочности бетона – это ударный импульс, метод упругого отскока и ультразвук.

Но наиболее точный это разрушающий метод с извлечением керна! Что вы и увидите на видео.

ПРОВЕРКА ПОЛОЖЕНИЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ

1. Положение напечатанных монолитных конструкций должно удовлетворять требованиям установленным в проектной документации

2. Допустимые отклонения устанавливаются проектной документацией

Вид контроля - измерительный

- теодолит-тахеометр
- 3D-сканер
- фотограмметрия

СХЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА СТЕНЫ ВЫПОЛНЕННЫЕ АСП

1й столбец Наименование контролируемых операций - Проверка влажности печатающего состава.

2й столбец - Вид контроля и объем контроля - лабораторный

3й столбец – Документация в которой фиксируют результаты контроля Журнал входного контроля, Лабораторное заключение

4й столбец - Измерительный инструмент

5й столбец - Инженерно-технический работник - Лаборант

6й столбец - Допустимые отклонения Влажность смесей 0,2 % масс или 0,3%.

7й столбец - Нормативная документация, в которой установлены требования к контролю качества работ.

СОСТАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКТА ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Наша задача - составить АОСР на бетонирование фундаментной плиты.

Нам нужна форма акта. Здесь ничего придумывать не надо - Форма АОСР утверждена приказом министерства строительства РФ и 99% строек пользуются этой формой.

Обращаю ваше внимание - под каждой строчкой здесь есть указания, которые подсказывают вам что именно нужно вписать в тот или иной пункт АОСР.

Первое с чего начинаем - необходимо заполнить наименование объекта строительства.

Название берут из Проектной документации или Исходно разрешительной документации – обычно это Разрешение на строительство.

Открываем разрешение на строительство и на втором листе в пункте №2 находим полное наименование объекта и его адрес. Копируем в наш АОСР.

Двигаемся дальше по Форме АОСР и теперь мы должны заполнить реквизиты участников строительства.

Несколько слов о данных участниках. В титульной части АОСР вносят самых главных участников строительства:

Застройщик или технический заказчик

Лицо, осуществляющее строительство - Генподрядчик

Лицо, осуществляющее подготовку Проектной документации. Обратите внимание именно Проектной, а не рабочей документации.

Довольно часто в практике строительства Проектную и Рабочую документацию разрабатывают разные лица, так вот, в Титульную часть АОСР вносят автора Проектной документации.

Откуда взять реквизиты участников?

Сначала определяем вид организационно-правовой формы участников строительства: ИП - индивидуальный предприниматель, или юридическое лицо

В свидетельстве о государственной регистрации находим и правовую форму и наименование лица и ОГРН - основной государственный регистрационный номер

В свидетельстве о постановке лица на налоговый учет находим ИНН

В учетной карточке, заверенной печатью и подписью, находим адрес, места нахождения и телефон.

Теперь нам нужно указать номер акта и его дату.

Номер АОСР присваивается в зависимости от системы регистрации и архивации исполнительной документации. Учитывая большой объем ИД при строительстве объекта часто номер бывает довольно сложным - в нем могут присутствовать различные индексы, указывающие раздел рабочей документации, этап строительства, номер корпуса и так далее.

Дата акта ставится во время подписания АОСР и обычно соответствует дате окончательной приемке работ, указанных в акте.

Не путайте эту дату с датой окончания работ - очень часто приемка работ осуществляется позже, например, для бетонных работ необходимо дождаться результатов лаборатории об определении прочности бетона.

Теперь приступаем к заполнению информации о подписантах АОСР.

Если застройщик осуществляет строительства не своими силами, а силами Генподрядчика, то он в обязательном порядке должен осуществлять за ним строительный контроль.

Для этого он назначает уполномоченного представителя. Следуя подсказкам формы АОСР в данную строку, вносятся информация о нем: должность, ФИО, номер распорядительного документа - приказа.

Приказ - это внутренний распорядительный документ организации, который подтверждает полномочия указанного в акте лица. Приказами своих организаций должны быть назначены каждый подписант АОСР.

Обратите внимание, представители, ответственные за выполнение строительного контроля от Лица застройщика и Генподрядчика должны быть включены в национальный реестр специалистов в области строительства.

Узнать и проверить номер можно в Национальном реестре специалистов в области строительства на официальном сайте Нострой.

А также запросив Уведомление о включении специалиста Национальный реестр специалистов

Остановимся еще на одном важном моменте - Застройщик может привлечь специализированную организацию или индивидуального предпринимателя, осуществляющих строительный контроль.

В этом случае в данном пункте, помимо информации о подписанте, должно быть указано наименование данного юрлица или ИП и его реквизиты аналогично как указано в титульной части АОСР.

В том случае, если при строительстве объекта осуществляется авторский надзор, то в подписании актов участвует проектная организация. Обычно - это

лицо, которое выполнило разработку проектной документации, указанное в титульной части АОСР.

Но не всегда. Застройщик для авторского надзора может привлечь другое лицо, и в этом случае его реквизиты также необходимо указать в этом пункте.

Аналогичная ситуация возникает в случае, если работы, на которые составляется АОСР, выполнил Субподрядчик, нанятый Генподрядчиком. Реквизиты данного лица (наименование, ОГРН и ИНН) должны быть указаны в данной строке Акта.

На слайде приведен пример заполнения АОСР в случае, когда строительный контроль Застройщика ведет сторонняя организация, на авторский надзор нанято ООО "СУБПРОЕКТИРОВЩИК №1", а работы, на которые составлен АОСР выполнила Субподрядная организация.

Таким образом мы сформировали шаблон АОСР для работ, выполняемых данным Субподрядчиком. Для остальных работ этого подрядчика нужно будет менять только содержание акта, которое мы рассмотрим далее

Наконец то переходим непосредственно к заполнению содержания АОСР:

Первый пункт - наименование скрытых работ.

Наименования работ, на которые должны быть составлены акты скрытых работ, указаны в рабочей документации.

Помимо наименования указывают расположение конструкции в плане в осях и высотную отметку согласно проектной документации.

Затем в пункте номер два указывают реквизиты рабочей документации: номер листа, наименование и шифр рабочей документации, а также в случае если рабочую документацию разрабатывал субпроектировщик - Наименование этой организации.

Заполняем следующие пункты АОСР, следуя подсказкам формы.

В пункте номер 3 указывают применяемые материалы используемые для создания конструкции. В этом пункте указывают только основные материалы и конструкции, НЕ указывают расходные материалы, НЕ указывают инструменты, машины или инвентарь.

Так в нашем примере с бетонными работами - указывают только Бетонную смесь. НЕ указывают опалубку, НЕ указывают смазку, которую использовали для опалубки, НЕ указывают воду, которой поливают бетон во время ухода и так далее.

Строительный материал указывают вместе с реквизитами сертификатов, подтверждающих их безопасность, а также с реквизитами паспортами качества, подтверждающими их объем и качество конкретной партии.

В сертификате соответствия проверяют указанный номер сертификата, срок действия должен включать промежуток выполнения работ, указанный в пункте 5, также в сертификате должна быть прописана марка бетонной смеси, которая использована в наших работах и указана компания поставщик бетонной смеси.

Поставщик и марка смеси должны совпадать с паспортом качества, который выдается на партию бетонной смеси, поставленную на объект.

Паспорт качества отражает характеристики конкретной партии бетонной смеси, поставленной на объект, а именно:

- поставщик
- потребитель
- марка смеси и объем
- а также дата поставки, которая должна совпадать с датами производства работ из пункта 5 АОСР.
- ну и конечно соответствие проектным характеристикам

Также в паспорте качества указана ссылка на сертификат соответствия, а именно указан его номер.

Влажность смесей в сухом виде не должна превышать по массе: 0,2 % масс. — для смесей на полимерных, гипсовых, цементных и смешанных вяжущих, содержащих массовую долю цемента 80 % и более иначе 0,3 % масс.

Наибольшая крупность зерен заполнителя должна быть не более

10,00 мм — для бетонных смесей;

5,00 мм — для растворных смесей;

0,63 мм — для дисперсных смесей.

Остаток на сите:

в сухих смесях должен быть не более 5,0 %.

в дисперсных смесях — не более 0,5 %.

Требования к материалам для аддитивного производства

НД или техническая документация на материалы для АСП устанавливает следующие параметры контроля:

- Марка по подвижности
- Критерий оценки подвижности
- Стойкость к оплыванию
- Начало и окончание схватывания
- Прокачиваемость бетонных и растворных смесей для АСП
- Для изделий АСП значения отпускной прочности материалов

Сохраняемость первоначальной подвижности растворных смесей для АСП должна быть не менее времени, в течение которого смесь печатается. Проверяется с помощью погружения в смесь стандартного стального конуса.

Водоудерживающую способность проверяют заполнением металлического кольца, поставленного на 10 листов промокательной бумаги.

Водоудерживающая способность должна обеспечиваться:

- не менее 90 % — при толщине слоя более 10 мм;
- не менее 95 % — при толщине слоя менее 10 мм.

Переходим к пункту номер 4, куда вносят документы подтверждающие соответствие выполненных работ проектной и рабочей документации:

Исполнительная геодезическая схема подтверждает объем выполненных работ и геометрические характеристики с указанием отклонений от проекта

Но, помимо этого, в АСП может применяться модель, полученная по результатам лазерного сканирования и фотограмметрии объекта.

В этом же пункте указывают протоколы испытаний, заключения лабораторий, отчетом об обследовании, которые подтверждают достижение проектных проектных характеристик.

Например, в нашем случае, протокол испытаний показывает фактическую прочность бетона, на дату испытания. Обратите внимание на момент составления АОСР прочность редко достигает 100%, так как бетону в нормальных условиях требуется на это приблизительно месяц. Для продолжения работ оценивают динамику набора прочности бетоном на момент испытаний.

В Исполнительных схемах и лабораторных заключениях обязательно нужно проверять даты составления и номер документа - их нужно вносить в АОСР и даты не должны противоречить пункту номер 5 АОСР. Также проверяют наименование конструкции и ее положение, на соответствие пункту номер 1 АОСР,

Ну и конечно соответствие проектным характеристикам.

Требования к конструкциям для аддитивного производства

Все конструкции:

- Прочность на сжатие

Конструкционные:

- Морозостойкость

- Прочность сцепления слоев

- Водонепроницаемость

Теплоизоляционные:

- Влажность,

- Коэффициент теплопроводности

Заполняем пункт 5 - даты производства работ.

Даты устанавливают в соответствии с Общим журналом работ и специальными журналами работ, в нашем случае - журнал бетонных работ.

В пункте 6 АОСР - указывают нормативно-правовые документы, устанавливающие требования и правила к производству работ, на которые составлен данный акт.

И также указываются разделы проектной и рабочей документации, устанавливающие требования к качеству выполнения работ.

Ну вот и подошли к завершающей стадии заполнения АОСР:

в пункте номер 7 указывают последующие работы, выполняющиеся после работ, на которые составлен акт. Данные работы указаны в рабочей документации.

По одному экземпляру каждому лицу, представители которого подписывают АОСР.

В конце указываем количество экземпляров - По одному экземпляру каждому лицу, представители которого подписывают АОСР. А также один экземпляр для эксплуатирующей организации и 1 экземпляр для архивного хранения.

И в конце приводят перечень всех документов, которые прикладывают к данному акту.