

## План BIM по строительству нового тоннеля для увеличения пропускной способности существующего тоннеля Тимбл Шоул



Предлагаем вниманию читателей адаптированный перевод статьи Джонатана Серведио «План BIM по строительству нового тоннеля для увеличения пропускной способности существующего тоннеля Тимбл Шоул» [1], опубликованной на сайте Autodesk University. Автор является ведущим менеджером BIM и САПР в представительстве компании Mott MacDonald – мирового лидера в области оказания консультационных услуг в сферах управления проектами, инженерно-технических разработок и развития. Компания имеет представительства в более чем 150 странах.

У Джонатана Серведио более 15 лет опыта в создании проектов на основе информационного моделирования (Building Information Modeling – BIM) и более 20 лет опыта работы с системами автоматизированного проектирования (САПР). Из статьи вы узнаете о его работе над проектом строительства тоннеля.

Перевод выполнен аналитической службой редакции при поддержке партнера журнала «ГеоИнфо» – компании CSD, официального дистрибьютора продуктов корпорации Autodesk в России.

### **Servedio Jonathan**

Менеджер по BIM и САПР представительства компании Mott MacDonald в Североамериканском регионе

В статье мы познакомим вас с этапами планирования, разработкой и развитием информационного моделирования объекта строительства (Building Information Modeling – BIM) с целью создания нового двухполосного тоннеля для движения транспорта в южном направлении под существующим двухполосным тоннелем Тимбл Шоул. После завершения строительных работ движение под тоннелем Тимбл Шоул будет происходить только в северном направлении (этот

тоннель длиной 1750 м проходит под Чесапикским заливом в районе поселка Кейп-Генри близ города Норфолк в штате Вирджиния США. – *Ред.*).

Разработка этого проекта представляет собой довольно сложную задачу, поскольку он предназначен для добавления к существующей системе автомагистралей и тоннелей таким образом, чтобы не мешать движению транспорта во время строительства. Используя программы [AutoCAD Civil 3D](#), [Revit](#), [Navisworks](#) и дополнительные программы (разработанные компанией Autodesk. – *Ред.*), мы смогли максимально использовать результаты моделирования не только для создания строительной документации, но и для анализа. Неотъемлемой частью успеха проекта была согласованность между проектными данными, различными командами сотрудников и интересами, связанными с ним.

## **ПЛАНИРОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ BIM**

*Ключевые задачи проекта:*

- а) увеличить пропускную способность автомагистрали, ведущей к существующему тоннелю Тимбл Шоул (Thimble Shoal Tunnel);*
- б) спроектировать дополнительную пропускную способность системы тоннеля и дороги с учетом того, что строительство не должно помешать функционированию существующего тоннеля;*
- в) скоординировать работу по проектированию и строительству между всеми задействованными офисами и консультантами;*
- г) уложиться в назначенные сроки сдачи проекта при плотном графике работ.*

*Ключевые технические проблемы:*

- а) необходимость приспособиться к различным навыкам и возможностям членов проектной группы и консультантов;*
- б) начало планирования выполнения BIM сразу после предпроектной стадии;*
- в) работа с большими наборами геотехнических данных для анализа условий вдоль трассы тоннеля;*
- г) согласованность (координация) работ по проектированию и строительству между всеми задействованными офисами и консультантами.*

## **С чего начать**

Мы начали планирование с рассмотрения объема и содержания работ и деталей контракта, чтобы получить общее представление о проекте. После этого мы работали с отдельными членами команды и менеджерами, чтобы получить представление о количествах и типах предлагаемых или существующих конструкций, а также о том, что необходимо предоставить для работы каждому.

Мне нравится получать по проекту любые доступные визуализации на стадии исследований для подготовки предложений, описания проектов, фотографии площадок будущего строительства и другие типы информации, которые могут помочь выработать общую концепцию проекта (рис. 1). Разумеется, необходимо проявлять осторожность, чтобы не использовать устаревшие материалы.

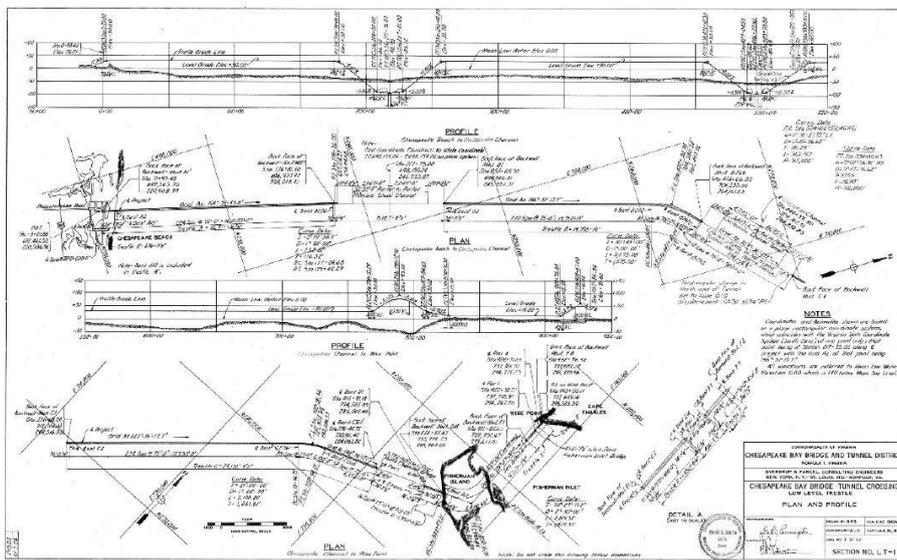


Рис. 1. Некоторые материалы, использованные на стадии подготовки предложений по проекту

Затем мы начали заполнять детализированный план реализации BIM-проекта (ВЕР). Мы использовали усовершенствованный шаблон, который представлял собой комбинацию существующих ресурсов Университета штата Пенсильвания, Инженерного корпуса армии США, а также предыдущих проектов консалтинговой компании Mott MacDonald. В план входило следующее:

- информация о проекте;
- контакты, роли и обязанности;
- цели и использование;
- обмен данными;
- технологическая инфраструктура;
- процедуры и ресурсы для сотрудничества;
- информация для проектирования;
- планирование BIM/CAIP;
- анализ;
- контроль качества;

- архивирование;
- дополнительные документы.

## **Информация о проекте**

Большая часть информации о проекте, внесенная при составлении ВЕР, была получена из договора на инженерные услуги. Хотя важно внести как можно больше информации, мы решили свести ее общий объем к минимуму, так как мы не хотели ее дублировать по разным источникам или использовать уже не актуальные данные.

*Ключевые моменты:*

- а) использование централизованного источника;*
- б) краткость;*
- в) доступность восприятия для тех, кто будет это читать;*
- г) точность;*
- д) избегание меток-заполнителей (placeholder info);*
- е) избегание устаревшей информации, полученной из других источников.*

## **Контакты, роли и обязанности**

С самого начала у нас был список контактов, содержащийся в плане выполнения проекта, что упростило внесение информации об инженерах и менеджерах. Задача заключалась в том, чтобы правильно определить специалистов, которые будут участвовать в производстве, и сопоставить это с соответствующими ролями в BIM, поскольку у нас были задействованы специалисты по множеству дисциплин, некоторые из которых работали в разных офисах. Именно здесь для нас было важно, чтобы для каждого офиса были назначены свои трудовые ресурсы, например, менеджеры по BIM/САПР, которые могли бы помочь нам правильно подобрать необходимый персонал.

При этом в ходе развития проекта список контактов должен был оставаться гибким, поскольку мы привлекали дополнительных консультантов и членов внутренней проектной команды. Списки служебных обязанностей, которые мы использовали, были составлены на основе соответствующих списков, которые компания Mott MacDonald ввела для проектов на основе BIM. После того как состоялось стартовое (организационное) совещание, они были должным образом объяснены руководству и представлены в плане выполнения BIM.

*Ключевые моменты:*

- а) использование четко определенных списков служебных обязанностей;*
- б) как можно более быстрое определение списков служебных обязанностей;*
- в) возможное выполнение некоторыми сотрудниками нескольких ролей (служебных обязанностей);*
- г) объяснение руководству причин назначения списков служебных обязанностей.*

## **Цели и использование**

Цели и способы использования BIM были определены в ходе групповых обсуждений, а также в результате поиска предложений и доступных предпроектных материалов. В случае проекта такого размера это обсуждалось как можно раньше, заранее, но в действительности мы сталкивались с новыми вариантами использования модели по мере развития проекта.

В результате менеджеры проекта пришли к более точному пониманию BIM с функциональной точки зрения (для чего могут быть использованы такие модели) по сравнению с более общим представлением, которое они получили по презентациям.

*Ключевые моменты:*

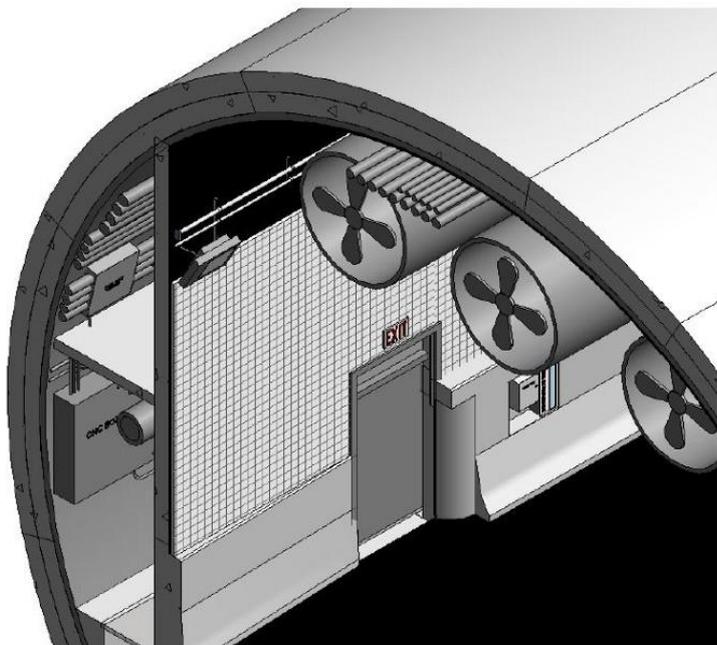
- а) использование четко определенных целей и способов применения BIM;*
- б) проверка существующих корпоративных определений;*
- в) поиск дополнительных областей использования BIM;*
- г) разъяснение инженерам функциональных преимуществ BIM.*

## **Обмен данными**

Для нас определение графика обмена данными оставалось «подвижной целью», потому что план-график реализации проекта менялся в процессе работы из-за своей сложной природы. Для большей части проекта мы смоделировали уровень детализации, необходимый для контрактных чертежей и других изображений (рис. 2), а также планирование, координацию и распределение действий там, где это было возможно, за исключением защиты пространства (space proofing) в проблемных областях или в областях, где был важен визуальный анализ.

*Ключевые моменты:*

- а) гибкость в отношении предварительно определенных дат обмена данными;*
- б) поддержка уровня детализации (по возможности) в соответствии с поставленными целями и способами использования BIM;*
- в) определение ключевых областей для дополнительных деталей.*



**Рис. 2.** Визуализация одного из участков проектируемого тоннеля

## **Технологическая инфраструктура**

Здесь мы попытались определить нужное нам программное обеспечение и соответствующее оборудование. Эта часть планирования выполнялась совместно с нашим информационно-технологическим отделом. В результате мы получили возможность получать автоматизированные отчеты обо всем программном и аппаратном обеспечении персонала. Затем мы использовали эти отчеты, а также обсуждали с коллегами области, которые нам необходимо обновить.

## **Программное обеспечение**

Все участники развития проекта (не только в проектной команде, но и среди субконсультантов) должны были применять одно и то же программное обеспечение и одни и те же версии программ.

Мы использовали версии 2016 года программ Civil 3D, Revit, Navisworks, Robot Structural и 3ds Max, разработанных компанией Autodesk (у большинства наших сотрудников есть опыт работы с этим программным обеспечением).

Стандартизация в плане применения одних и тех же программ и одних и тех же их версий весьма упростила обмен данными без необходимости их значительных преобразований или других манипуляций. Попробуйте добавить примечание или контакт для обновления программного обеспечения по мере необходимости во время развития проекта! По мере роста наборов данных по проекту проблемы с программным обеспечением неминуемо могут потребовать установки пакетов обновления. Мы же попытались уменьшить количество прерывающих работу обновлений, поручая нашим ИТ-специалистам устанавливать новейшие пакеты обновлений всякий раз, когда устанавливалось новое программное обеспечение. Объявления о новых пакетах обновлений делались во время наших еженедельных конференций по BIM/CAIP.

*Ключевые моменты:*

- а) поддержание всего программного обеспечения в актуальном состоянии с помощью новейших пакетов обновлений с планированием установки программ и обновлений таким образом, чтобы у всех все было одинаково в этом отношении;*
- б) информирование всех, кто принимает участие в развитии проекта (членов проектной команды и внешних консультантов) о том, что они должны иметь необходимое программное обеспечение, установленное с новейшим пакетом обновления по указанию руководителя BIM/CAIP.*

## **Аппаратное обеспечение**

Когда мы выбрали версии программного обеспечения, мы были готовы начать поиск любого дополнительного оборудования, которое может потребоваться. Мы рассмотрели рекомендуемые требования к оборудованию, опубликованные на веб-сайте компании Autodesk, чтобы создать базовый профиль аппаратного обеспечения для сотрудников, которые будут заниматься моделированием. Затем мы использовали наши возможности по отчетности, чтобы оценить имеющееся аппаратное обеспечение у всех таких специалистов. Поскольку большая часть персонала уже выполняла раньше хотя бы один проект на основе BIM, мы имели возможность минимизировать закупки дополнительного оборудования.

*Ключевые моменты:*

- а) оценка имеющегося набора программного и аппаратного обеспечения;*

- б) работа с информационными технологиями начиная с самых ранних этапов планирования;*
- в) использование стандартизированных версий всего программного обеспечения;*
- г) составление плана установки пакетов обновлений;*
- д) наличие аргументов в пользу выбранного аппаратного обеспечения, основанных на фактах.*

## **Процедуры и ресурсы для сотрудничества**

В этой области работ мы описывали системы и процессы совместной работы, которые будут использоваться для управления данными при моделировании. Здесь мы начинали определять среду, в которой будут находиться данные.

При работе над рассматриваемым проектом мы использовали «геометрически рассредоточенную» систему управления документами для работы в ней во множестве офисов. В нашей среде данных заранее были размещены папки для моделирования и подготовки графических и других документов, что отразило характер управления проектом.

Для облегчения управления проектом его необходимо было разбить на отдельные рабочие пакеты (пакеты рабочих программ). Поэтому были созданы отдельные папки пакетов с соответствующими файлами для моделирования и подготовки графических и других документов, упорядоченными по названиям пакетов и номерам. Например, сама модель тоннеля в Civil 3D должна была находиться в папке пакета для моделей соответствующей дисциплины. Это дало членам проектной группы возможность с большей легкостью сосредоточиваться на отдельных частях большого целого.

Чтобы предотвратить излишний рост количества файлов и папок по ходу работ, были созданы сопутствующие папки поддержки (обеспечения той или иной области BIM). Все, что попадало в папки поддержки, также должно было быть включено в соответствующие датированные подпапки.

В настоящее время в качестве стандарта компании у нас есть система обмена сообщениями в реальном времени (Instant Messaging) и система онлайн совещаний без покидания сотрудниками своих рабочих мест, что избавляет нас от необходимости внедрять какие-либо дополнительные способы обмена данными и мнениями. Мы также определили график встреч и конференций для таких вещей, как начало работ, координация, моделирование / подготовка графических и других документов и оперативные совещания.

Совещания по моделированию / составлению графических и других документов использовались для преодоления разрыва между работами сотрудников, использующих 2D и 3D средства производства. Они позволяли нам отслеживать любые проблемы с данными и обычно посещались техническим персоналом, а не инженерами / проектировщиками. Было сочтено, что инженерам и проектировщикам лучше проводить целенаправленные совещания по координации проектирования с руководителями моделирования по их дисциплинам.

*Ключевые моменты:*

- а) общая среда данных;*
- б) определенная структура каталогов;*
- в) программное обеспечение для обмена сообщениями в реальном времени и онлайн совещаний;*
- г) график совещаний в начале работ и в их процессе по координации действий, разработке графических и других документов и поддержке.*

## **Составление плана моделирования и подготовки графических и других документов**

План моделирования и подготовки графических и других документов действительно необходим для целостного представления о структуре организации данных на уровне моделей и других электронных документов. С помощью программы Microsoft Visio была создана концептуальная модель такого плана, показывающая, как модели будут сочетаться друг с другом. Сам рассматриваемый проект состоит из множества сооружений и зданий с проходящими через них и/или между ними инженерными сетями. Эти данные также виртуально разбиты на разные пакеты, как это обычно бывает для крупных проектов. По каждой дисциплине в рамках проекта имелась своя собственная модель в соответствующем пакете.

У нас есть модель площадки строительства в программе Revit, которая настроена на связь со всеми файлами модели проекта на основе BIM. Эта модель площадки используется для получения (передачи) системы координат из (в) Civil 3D. К ней предоставляется ограниченный доступ, так что только определенные участники проекта имеют право на ее редактирование. Каждая модель имеет собственный рабочий набор, поэтому ее можно отключить при загрузке в случае необходимости, чтобы сэкономить на нагрузке на компьютерную сеть и на дисковом пространстве. Кроме того, для каждой дисциплины есть связь только между/с теми моделями, из которых для нее нужна проектная информация.

*Ключевые моменты:*

- а) построение как можно большего количества графических изображений с использованием программы Microsoft Visio, интеллектуальных карт (блок-схем, наглядно представляющих главную мысль, ее основные элементы и взаимосвязи между ними. – Ред.) или других типов графических редакторов;*
- б) краткость и ясность;*
- в) хранение полученных изображений и других документов в централизованном месте;*
- г) наличие списка фактических файлов модели и ответственных за каждый из них;*
- д) проверка, рассмотрение, пересмотр и контроль наработанного с командой проекта и консультантами через разные промежутки времени.*

## **Анализ**

Требования к анализу для проекта такого типа и такого размера могут быть довольно обширными. Часто проводится широкий спектр структурного анализа, анализа грунта и конечноэлементного анализа для зоны с внешней стороны тоннеля. Важно поговорить с менеджерами проекта и инженерами и точно узнать, какие типы анализа необходимо провести.

Следует приложить усилия, чтобы выяснить, какое программное обеспечение будет использоваться по каждой дисциплине, поскольку это может повлиять на типы результатов, необходимых для аналитической части проекта. Для некоторых наших контрактов анализ проводился с использованием программного обеспечения, разработанного компанией Autodesk или плагинов (программных модулей, подключаемых к основной программе для расширения ее возможностей. – Ред.), которые напрямую взаимодействуют с продуктами Autodesk, например Robot Structural, что упрощало работу.

*Ключевые моменты:*

- а) выяснение типов анализа, которые будут выполняться всей командой проекта, а не только представителями дисциплин, которые фактически несут ответственность за создание модели (это может включать, например, моделирование дымоудаления или CFD-анализ, то есть вычислительное моделирование гидродинамики);*

- б) изучение программного обеспечения для анализа с целью выбора наилучшего формата файлов;*
- в) выяснение того, нужны ли очистка данных или требования к ним, чтобы ввести их в программу анализа.*

## **Контроль качества**

Обеспечение/контроль качества данных модели и графических изображений является обязанностью как руководителя BIM/САПР, так и команды проекта. Надо составить список всех методов обеспечения/контроля качества вместе с планом (частотой) его проведения. Необходимо информировать персонал о важности предстоящих процедур обеспечения/контроля качества.

Надо внимательно изучить программы для моделирования и подготовки графических и других документов, которые будут использоваться, чтобы узнать, есть ли у них доступные интеграции или плагины для помощи в процедурах обеспечения/контроля качества.

В программе AutoCAD Civil 3D мы применяли встроенную программу проверки стандартов проекта на данные в формате DWG. В программе Revit мы использовали подключенный плагин для проверки моделей на соответствие стандартам проекта.

Всегда надо быть уверенными в том, что существует возможность «ручных» визуальных проверок создаваемых графических документов вместе с любыми автоматическими проверками. Кроме того, необходимо убедиться в том, что имеется достаточное количество сотрудников для любых визуальных проверок.

*Ключевые моменты:*

- а) разъяснение роли обеспечения/контроля качества команде проекта, когда дело доходит до моделирования / графического представления или другого оформления данных;*
- б) использование (когда это возможно) интегрированного программного обеспечения или плагинов для проверки наработанного на соответствие стандартам;*
- в) создание наборов для анализа и проверки графических документов;*
- г) проведение множества проверок по обеспечению/контролю качества для каждого типа анализа.*

## **Архивирование**

Некоторые компании не утруждают себя составлением планов архивирования, а архивируют наработанное в конце развития проектов или оставляют принятие решение о том, когда и как архивировать, за представителями каждой дисциплины.

Мы решили, что представители каждой дисциплины должны нести ответственность за архивирование созданных ими самими документов и моделей. Архивы для каждой дисциплины должны создаваться для представления каждой крупной части проекта, а весь проект будет заархивирован по его завершении.

*Ключевые моменты:*

- а) составление плана архивирования (чем, к сожалению, часто пренебрегают);*
- б) использование разнообразного программного обеспечения;*
- в) определение процесса для всего программного обеспечения;*
- г) ответственность членов команды проекта и руководителя BIM/САПР.*

## **Дополнительные документы**

Дополнительные документы обычно представляют собой руководства компании по BIM/САПР и руководства по управлению документацией. Их важно включить, поскольку некоторые сотрудники, возможно, раньше не работали над проектами такой сложности или не знакомы со стандартами компании по каждому аспекту BIM/САПР.

Любые дополнительные документы должны быть приложены к директивному документу в среде BIM, где бы они ни находились, включая их отправку потенциальным субконсультантам или заказчику.

*Ключевые моменты:*

- а) составление списка стандартов по BIM/САПР компании;*
- б) проверка того, что дополнительные документы связаны с планом выполнения BIM или приложены к нему;*
- в) сохранение как можно более точной информации, без перечисления неприменяемых документов.*

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ**

### **Техническая поддержка**

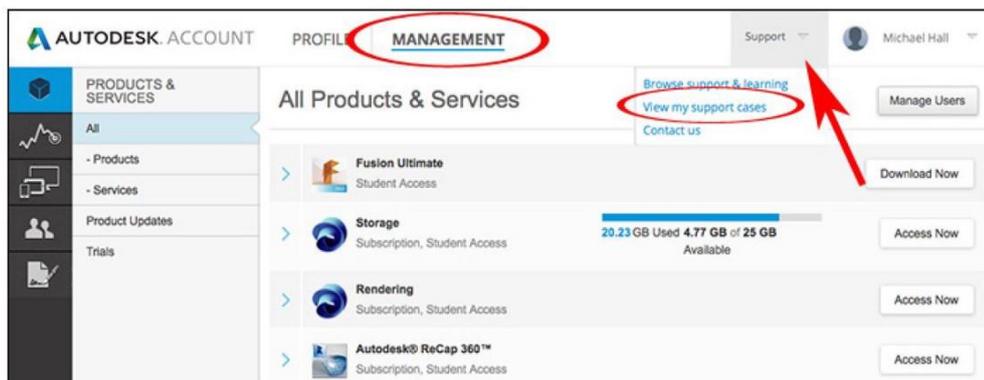
Техническая поддержка различных аспектов проекта обеспечивалась менеджерами BIM/САПР и сотрудниками, лучше знавшими различные методы работы с программным обеспечением.

Большая часть технической поддержки осуществлялась через менеджеров BIM/САПР, когда это влияло на производство или когда имевшиеся ресурсы были недостаточны для решения той или иной проблемы поддержки.

Необходимо было заручиться поддержкой в рамках любых соглашений с Autodesk, например корпоративного лицензионного соглашения.

*Ключевые моменты:*

- а) наличие информации и возможности обратиться ко всем, кто может оказать техническую поддержку;*
- б) информирование менеджеров BIM/САПР о серьезных проблемах технической поддержки;*
- в) преимущественное использование технической поддержки компании Autodesk (поскольку работа шла в основном с ее программным обеспечением. – Ред.).*



**Рис. 3.** Окно для выбора информации по технической поддержке различных аспектов проекта

## Обучение

Когда план работы был составлен, мы смогли получить более хорошее представление об обучении, необходимом для разных сотрудников, задействованных в развитии проекта. Вот почему для нас было важно подготовить этот план заранее, до начала моделирования.

*Ключевые моменты:*

- а) использование плана исполнения бюджета для получения представления о том, какой понадобится объем обучения;*
- б) использование онлайн-ресурсов, предоставленных в рамках корпоративного соглашения;*
- в) определение руководителей по каждой дисциплине, которые обеспечат дополнительное обучение по соответствующим аспектам;*
- г) обучение персонала использованию самого плана работ.*

## Шаблоны и прототипы

Мы разместили шаблоны в папках проекта, специально настроенных в соответствии с его стандартами. Мы также поручили руководителям BIM/CAIP проверить информацию по шаблонам.

Мы создали прототипы моделей, с которыми каждый мог начать работать. Эти прототипы, по сути, представляли собой новые файлы для моделей в программах Revit или Civil 3D, созданные с использованием шаблонов проекта. Это позволило нам быстро подготовить всех к работе с правильными шаблонами и договоренностями о названиях наших файлов. Это было также необходимо из-за большого количества дисциплин и офисов, задействованных в проекте.

*Ключевые моменты:*

- а) создание и проверка шаблонов на основе комбинации стандартов компании Mott MacDonald и заказчика;*
- б) необходимость обратной связи по прототипам и шаблонам;*
- в) создание прототипов, чтобы каждый мог начать работу, а только затем по мере необходимости создавать свои собственные файлы моделей или проектов.*

## ПРОИЗВОДСТВО

Правильно составив план выполнения BIM/CAIP, мы смогли приступить к созданию моделей по проекту.

### Моделирование площадки строительства в программах Civil 3D и Revit

- Создание моделей площадки строительства как в Civil 3D, так и в Revit.
- Создание моделей зданий/сооружений с помощью прототипов.
- Внесение моделей в план площадки строительства для ее ориентации и назначения системы координат.
- Начало обзора и производства листов.

## **Работа в программе Civil 3D**

Используя информацию, полученную от геодезистов и других изыскателей, мы начали с создания плана площадки строительства в программе Civil 3D для первоначального планирования трассы и размещения пятен застройки зданий. Этот план также был соотнесен с системой координат местоположения объектов проектирования для использования не только в Civil 3D, но и в программе Revit. Предварительная информация о коридорах тоннеля и автомагистралей была размещена в отдельных файлах. Затем по мере развития проекта она разбивалась на более мелкие блоки. Для лучшего управления данными в Civil 3D использовались ярлыки данных.

*Ключевые моменты:*

- а) создание модели площадки строительства в программе Civil 3D с использованием информации от геодезистов и других изыскателей;*
- б) размещение данных по трассам, коридорам, поверхностям в отдельных файлах;*
- в) использование ярлыков для управления данными.*

## **Работа в программе Revit**

Модель площадки строительства в программе Revit была настроена путем создания нового проекта в Revit по нашему шаблону и импорта модели площадки из Civil 3D.

После импортирования модели площадки мы получили систему координат из файла в формате DWG.

Каждая модель имела свой собственный рабочий набор, поэтому ее можно было отключить перед загрузкой, чтобы сэкономить на компьютерной нагрузке и на дисковом пространстве. Кроме того, для каждой дисциплины осуществлялась связь только с теми моделями, по которым для нее была нужна информация о проектировании. Это помогло сохранить размер файлов моделей на приемлемом уровне, позволяя инженерам видеть проект в целом.

*Ключевые моменты:*

- а) создание модели площадки строительства в программе Revit;*
- б) создание моделей зданий/сооружений с помощью прототипов;*
- в) внесение моделей в план площадки строительства для ориентации площадки и назначения ее координат.*

## **Моделирование тоннеля в программах Civil 3D и Revit**

Сам тоннель был построен как коридор в Civil 3D с использованием пользовательских сборок программных средств в Civil 3D. Листы с графической информацией должны были создаваться с помощью Civil 3D по ходу дела при развитии проекта, поскольку такой путь облегчил бы работу. Чтобы обеспечить скоординированность всей системы, были созданы дополнительные модели для связи между отдельными участками тоннеля.

## **Моделирование вентиляционных конструкций в программе Revit**

Работа по всем дисциплинам, связанным с вентиляционными конструкциями, шла с использованием программы Revit. При этом каждой дисциплине был предоставлен собственный файл проекта в Revit. Первоначально предполагалось, что будет проще работать с программой

разработки технических средств управления (технологического контроля) в рамках одной и той же модели, но из-за размера конструкций и количества персонала, работающего над каждой моделью, было разумнее вести эти работы отдельно.

### **Моделирование автомагистралей в программе Civil 3D**

Данные об автомагистралях были внесены с использованием возможностей создания коридоров в Civil 3D. Затем в коридоры и трассы вводились проектные данные, чтобы инженеры могли лучше видеть влияние своего проекта. Затем для дальнейшей детализации вырезались секции по коридору.

### **Моделирование мостовых сооружений в программе Civil 3D**

Данные по мостовым сооружениям также были введены с использованием возможностей создания коридоров в Civil 3D. Затем для дальнейшей детализации вырезались секции по коридору.

### **Моделирование строительства конструкций тоннеля открытым способом в программах Revit и AutoCAD**

Моделирование строительства конструкций тоннеля открытым способом («выемка грунта – обделка, засыпка») на начальном этапе проекта проводилось с помощью программы Revit на основе графической информации из программы 2D AutoCAD.

### **Источник**

1. Servedio J. BIM plan to execute: adding tunnel/road capacity to existing Thimble Shoal Tunnel (BIM plan to execute – adding tunnel road capacity to existing Thimble Shoal Tunnel) // AUTODESK. AUTODESK UNIVERSITY. URL: [autodesk.com/autodesk-university/article/BIM-Plan-Execute-Adding-Tunnel-Road-Capacity-Existing-Thimble-Shoal-Tunnel-2018](https://autodesk.com/autodesk-university/article/BIM-Plan-Execute-Adding-Tunnel-Road-Capacity-Existing-Thimble-Shoal-Tunnel-2018).

