

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Опыт успешного применения

AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, Autodesk Inventor, Autodesk Revit Architecture, Autodesk Revit Structure, Autodesk 3ds Max, Autodesk Vault, Navisworks.

«Хотя на полную отработку системы нужно потратить годы, уже сейчас можно сказать, что автоматизированное проектирование гидроэнергетических объектов позволяет сократить сроки и стоимость разработки проекта, осуществить анализ на глубоком уровне, а интерактивная система, представляющая собой интеграцию проектных решений, средств визуализации, хранения и извлечения данных и виртуальных тренажерных систем, может выступать в качестве одного из средств повышения эффективности управления жизненным циклом ГЭС».

Олег Морозов, к.т.н.,  
руководитель отдела  
«Автоматизация  
проектирования и  
многомерное  
моделирование»  
(АПиММ) ВНИИГ им. Б.Е.  
Веденеева

# Управление жизненным циклом ГЭС с применением продуктов Autodesk

Опыт создания системы, объединяющей функции интеграции проектных решений, средств визуализации, хранения, обмена данными, многопользовательского доступа, компьютерных интерактивных и тренажерных комплексов



Имитация работы водосброса плотины Бурейской ГЭС в интерактивной модели

## О компании

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, расположенному в Санкт-Петербурге, уже почти век. В его штате числится около 550 человек. Профиль института – осуществление научно-исследовательских, внедренческих, опытно-конструкторских работ в области гидротехнического, энергетического, промышленного и гражданского строительства, водного хозяйства.

Пять лет назад в институте был сформирован департамент управления проектами. Примерно 90% рабочего времени сотрудникам департамента предстояло уделить проектированию и его научному сопровождению. «Гидроэлектростанции – это уникальные сооружения, – говорит Олег Морозов, руководитель отдела «Автоматизация проектирования и многомерное моделирование» (АПиММ) ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – Нет ни одной одинаковой ГЭС, как не бывает одинаковых рек, рельефа местности и геологического строения в местах их размещения. К примеру, площадка ГЭС может находиться на скалах, и это кардинальным образом влияет на проект. Поэтому проекти-

рование в нашей отрасли требует глубокого научного сопровождения».

## Задача

В момент формирования главной задачей департамента была реализация проекта обоснования инвестиций и строительства Канкунской ГЭС. Для ее решения было необходимо наладить процессы, связанные с автоматизацией проектирования на базе 3D-моделирования, создать библиотеку параметрических элементов, благодаря которым работа над каждым последующим проектом становилась бы все более эффективной. Для этого в институт пригласили экспертов разного профиля: специалистов по основным сооружениям, оборудованию, сметно-экономической составляющей, водохранилищам и др. Сформированный изначально для работы над Канкунской ГЭС, в последующие годы департамент успешно развивался, реализовал порядка десяти крупных проектов и зарекомендовал себя как серьезный подрядчик в области проектирования гидроэлектростанций.



**РусГидро**

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Autodesk®



Визуализация внутренних помещений и сетей ГЭС в интерактивной модели на основе визуализации модели в 3ds Max

#### Решение

К моменту формирования отдела во ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева использовались методы двумерного проектирования с выполнением чертежей в среде AutoCAD, которой, по словам Олега Морозова, на тот момент не было альтернативы. Изначально AutoCAD был выбран институтом, в частности, поскольку мог быть адаптирован с помощью программирования. «Плотины, водосбросы, здания ГЭС – это уникальные, но вместе с тем характерные объекты для нашей отрасли», – говорит Олег Морозов. – Для нас важно, что программу можно было «научить» размещать эти объекты». Глубокое знание AutoCAD проектировщиками института повлияло и на выбор платформы при переходе на трехмерное моделирование. После выделения функции проектирования в отдельный департамент институт стал наращивать портфель продукции Autodesk.

Так, в 2005 году специалисты сегодняшнего отдела АПИММ начали использовать Mechanical Desktop для того, чтобы, не прибегая к языку программирования, создавать элементы параметрических моделей для библиотек, а затем из них, как из кубиков, складывать модели электростанций. Также

программу планировалось использовать для проверки правильности сделанных ранее расчетов. Впервые программа была применена при работе над созданием полной модели Бурейской ГЭС: на финальном этапе проектирования (тогда в ОАО «Ленгидропроект») на основе чертежей AutoCAD была построена 3D-модель. С ее помощью были уточнены объемы по бетону, которые уже были ранее определены на основе двумерных чертежей. При этом расхождение в расчетах составило порядка 10%. «Строительство ГЭС – очень дорогостоящее предприятие, – вспоминает работу над проектом Олег Морозов. – Поэтому определение объемов как по бетону, так и по земле должно быть высокоточным».

Также после построения трехмерной модели на основе ранее выпущенных плоских чертежей было обнаружено, что турбинный водовод – окутанный слоем бетона металлическая труба диаметром 6 метров – не ложился на низовую грань плотины. Погрешность в данном случае составляла 105 см на высоте около 140 метров. Строительство ГЭС в тот момент уже началось, поэтому полученные данные были несколько раз перепроверены и в результате подтвержде-

ны. В результате поиска причин, по которым произошла ошибка, стало очевидно: при выполнении геометрических расчетов вручную конструкторы пользовались таблицами Брадиса, дающими точность до шестого знака после запятой. Компьютерное моделирование предполагает точность вычисления до 18-го знака после запятой, что в результате позволило внести изменения в проект до того момента строительства, когда ошибка могла бы стать фатальной.

Вскоре для проверки соответствия планируемого объема работ фактическому при построении 3D-модели институтом стал использоваться и AutoCAD Civil 3D. Начатый в Mechanical Desktop процесс разработки параметрических моделей ГЭС был продолжен в среде Autodesk Inventor и AutoCAD Civil 3D. Отделом были разработаны алгоритмы по созданию основных моделей сооружений. Все необходимые параметры объектов модели, в частности напор, мощность, стали описываться в Microsoft Excel, с которым Inventor имеет связь на уровне параметров. На основе описанных в Excel характеристик из элементов библиотеки Inventor компонуется модель. «В процессе работы над каждым новым объектом мы

Единая модель, созданная на базе ПО Autodesk, позволяет осуществлять совместную работу над проектом, получать комплект непротиворечивой проектной документации, получать визуализацию проектных решений и осуществлять проверку их качества на всех этапах, контролировать график выполнения работ.

меняем значения в Excel, «перетаскиваем» элемент из библиотеки в трехмерное пространство, где за счет параметрических свойств модель адаптируется, – рассказывает Олег Морозов. – Следующим этапом проводятся работы по моделированию земли – котлованов, насыпей, выемок. Части рельефа также передаются в Inventor и становятся параметрическими элементами библиотеки. Они в автоматическом режиме подстраиваются под сооружения, вписываются в рельеф. Затем контуры котлованов в качестве структурных линий передаются в AutoCAD Civil 3D, где уже выполняется детальная проработка с выпуском необходимой проектной документации».

На определенных этапах создания модели между продуктами Autodesk Inventor и AutoCAD Civil 3D происходит обмен данными с помощью ПО Navisworks. «Нам очень не хватало такого продукта, – говорит Олег Морозов. – С его помощью можно объединить разноплановое ПО в стройную и четкую технологическую линию проектирования ГЭС. В нашем случае – AutoCAD, Inventor, Civil 3D и Autodesk Revit, который мы стали использовать для проектирования зданий ГЭС. В Navisworks проводится и календарное планирование проекта». Уже с 2005 года специалистами сегодняшнего отдела АПИММ во ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева используется программный продукт для технического документооборота Autodesk Vault. «Для нас Vault – это не просто хранилище файлов AutoCAD, – говорит Олег Морозов. – Нами разработана структура проектов, структура файлов, которые хранятся в среде Vault, определены

права доступа, роли пользователей. Одни проектировщик и расчетчики имеют доступ на чтение некоторых частей проекта, другие обладают правами на редактирование. Определены и поддерживаются Autodesk Vault технологические потоки: по каким принципам взаимодействуют между собой участники проекта, какие действия и на каком этапе должен предпринять каждый из них и так далее. Vault отлично справляется с организацией совместной работы при трехмерном моделировании». Функции хранилища Autodesk Vault делит с системой сетевых папок, в которых хранятся «тяжелые» исходные данные – видео, отсканированные чертежи. Для визуализации институт использует zds Max. Таким образом, к настоящему моменту компания использует единую информационную систему на всех стадиях жизненного цикла объекта. В единой среде, созданной на базе ПО Autodesk, объект проектируется, строится, эксплуатируется, обслуживается, реконструируется и выводится из эксплуатации.

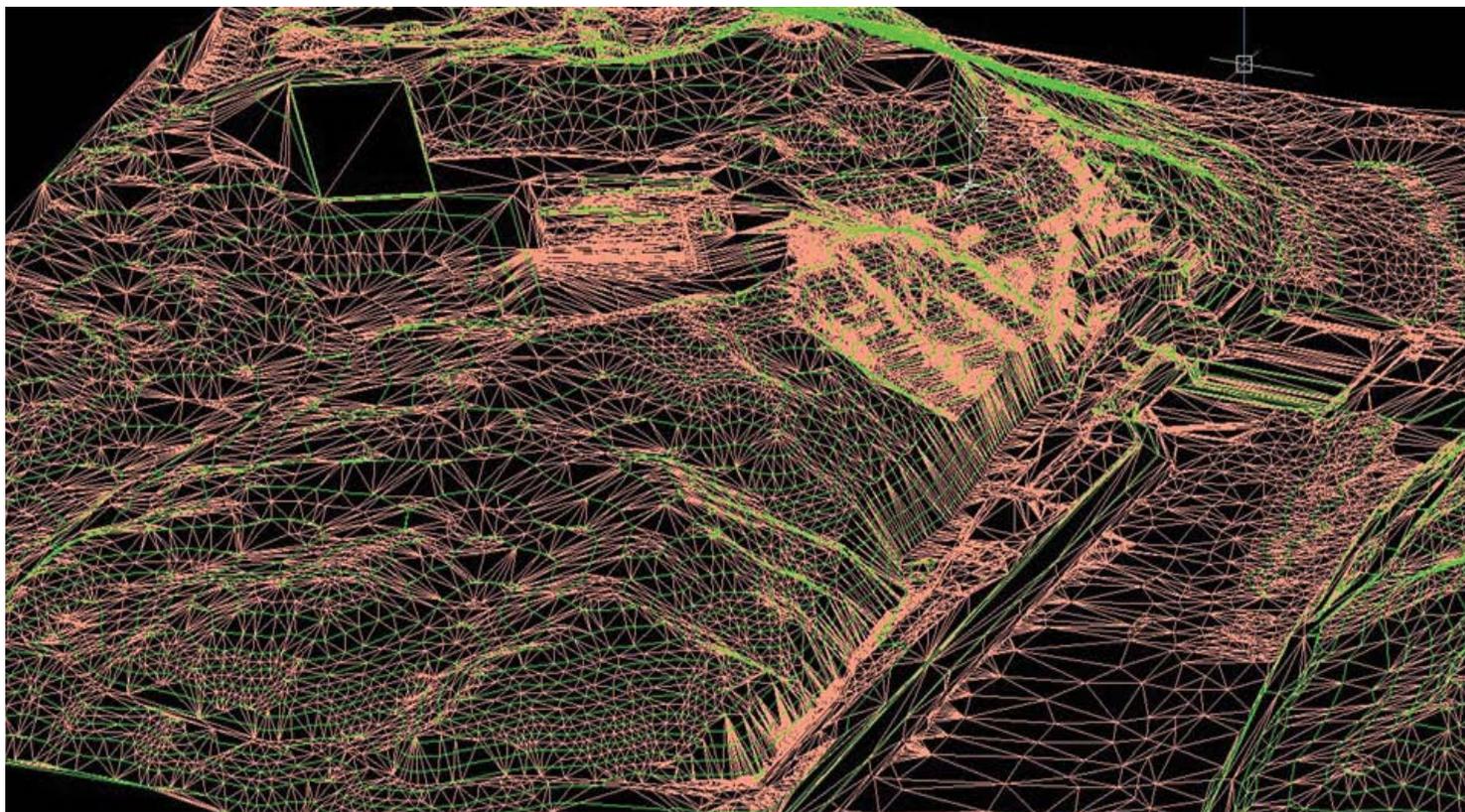
В основе единой системы лежит трехмерная модель, которая включает в себя модели всех основных сооружений, их оборудование, рельеф местности, на которой находится сооружение, зону водохранилища, зону нижнего бьефа. Также она включает в себя подсистему банка данных с текстовой, графической, проектной документацией, подсистему интерактивной модели, подсистему прав доступа и ряд других подсистем. В единой модели выполняются все проектные и конструкторские работы, формируются заготовки и окончательные варианты чертежей, моделируется оборудо-

вание, получаются расчетные схемы. Также на ее основе прорабатывается производство работ и календарное планирование.

Модель позволяет:

- осуществлять совместную работу над проектом;
- получать комплект непротиворечивой проектной документации;
- получать визуализацию проектных решений и проверку их качества на всех этапах;
- контролировать график выполнения работ.

На базе имеющихся данных создается интерактивная модель объекта, с которой можно работать в режиме реального времени. «Каждый объект модели связан с базой данных, текстовой записью, архивом проектной и исполнительной документации, – поясняет Олег Морозов. – Подсистема создает эффект присутствия на объекте. В процессе изучения модели в режиме реального времени можно получать различные геометрические параметры: высотные отметки, расстояние от точки до точки, площади». Интерактивная модель – это клиент-серверная платформа. Базы данных размещены на сервере, подключившись к которому клиенты оказываются в одном и том же виртуальном пространстве. Они видят друг друга в виде анимированных персонажей, имеют возможность обмениваться текстовыми и звуковыми сообщениями. С помощью интерактивной модели решается целый ряд задач, в частности, моделируются сценарии развития аварийных и чрезвычайных ситуаций. В системе предусмотрено включение и задание параметров таких событий, как возгорание, задымле-



Использование AutoCAD Civil 3D для моделирования поверхности рельефа гидроузла



Визуализация проектных решений в Autodesk 3ds Max

ние, выброс газа, утечка жидкости, ударная волна, угрозы прорыва и перелива через напорный фронт и другие. Также на основе модели создан тренажерный комплекс для визуализации технических процессов и обучения работе во время нештатной ситуации.

#### Результат

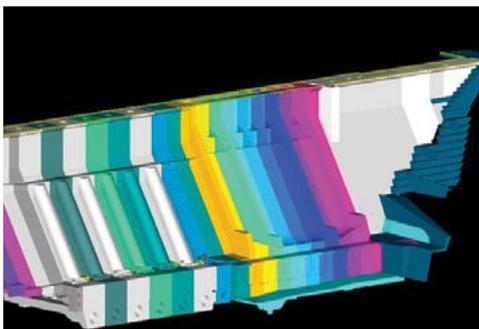
«На данный момент мы сумели отработать технологию в первом приближении, – подводит итог Олег Морозов. На ее полную отработку нужно потратить годы. Однако уже сейчас можно сказать, что автоматизированное проектирование гидроэнергетических объектов позволяет сократить сроки и стоимость разработки проектируемой системы, осуществить на глубоком уровне анализ, а интерактивная система, представляющая собой интеграцию проектных решений, средств визуализации, хранения и извлечения данных и виртуальных тренажерных систем, может выступать в качестве одного из средств повышения эффективности управления жизненным циклом ГЭС». На сегодняшний день специалистами отдела «АПИММ» продолжается свершение технологий создания «Объектно-информационных систем ГЭС», пред-

назначенных для управления жизненным циклом ГЭС любой мощности и типа гидроэлектростанций и охватывающих все его этапы. Одним из основополагающих этапов жизненного цикла ГЭС является проектирование. «В выполнении большого проекта по техническому перевооружению ряда гидроэлектростанций с применением программных средств автоматизации проектирования компании Autodesk нашей организации помогает сотрудничество с компанией ПСС – основным консультантом по вопросам применения средств САПР, – уточняет Олег Морозов. – Специалисты компании ПСС предоставили по нашим запросам исчерпывающую информацию о возможностях внедряемых программных продуктов и о специфических особенностях их интеграции, провели обучение как сотрудников департамента, так и проектировщиков. И сегодня в режиме непрерывного диалога, советами и консультациями, они поддерживают процессы трехмерного моделирования».

Autodesk Inventor Professional, Autodesk Inventor LT, AutoCAD Electrical, Autodesk Simulation CFD, Autodesk Moldflow, Autodesk

Inventor Publisher, Autodesk Vault входят в состав программного комплекса Autodesk Product Design Suite для проектирования изделий.

<http://autodesk.ru/productdesignsuite>



Планирование проекта строительства ГЭС в Autodesk Navisworks

С помощью Navisworks было объединено разноплановое программное обеспечение, в частности, AutoCAD, Autodesk Inventor, AutoCAD Civil 3D, а также Autodesk Revit, который институт стал использовать для проектирования зданий ГЭС. Кроме того, в Navisworks проводилось календарное планирование проекта.

**Autodesk®**

AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, Autodesk Inventor, Autodesk Revit Architecture, Autodesk Revit Structure, Autodesk 3ds Max, Autodesk Vault, Navisworks является либо зарегистрированным товарным знаком, либо товарным знаком компании Autodesk, Inc. и/или ее дочерних компаний и/или филиалов в США и/или других странах. Все остальные товарные знаки принадлежат соответствующим владельцам. Компания Autodesk оставляет за собой право изменять характеристики продуктов в любое время без уведомления, а также не несет ответственности за возможные ошибки в данном документе.

© 2012 Autodesk, Inc. Все права защищены.