



СОЗДАНИЕ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ AUTODESK

единой трехмерной параметрической модели НПС

На сегодня в институте "Гипротрубопровод" компании "Транснефть" принята классическая последовательная технология проектирования нефтяной перекачивающей станции (НПС) с резервуарами. Все начинается с отдела изысканий, затем на основе генерального плана формируются задания для других отделов. В соответствии с этими заданиями отделы выбирают программные средства — с их точки зрения оптимальные. Так, архитекторы предпочитают исключительно ArchiCAD: идеальная для них программа позволяет быстро решить стоящую перед ними задачу. Да, ArchiCAD — это параметрическая система с обширной базой готовых архитектурных элементов, позволяющая работать в трехмерном пространстве, создавая трехмерные каркасные модели. Но в то же время она не очень-то хорошо стыкуется с системой документооборота Lotsia PDM PLUS и с AutoCAD (www.autocad.ru), в котором работает основная часть проектировщиков. А значит единая среда проектирования уже не складывается...

Современные жесткие условия рынка требуют резко сократить сроки разработки при одновременном повышении качества проекта. Подобную задачу можно решить только с переходом проектиров-

щиков к работе с единой трехмерной моделью проектируемого объекта в сочетании с групповой (бригадной) методикой проектирования данной модели.

В этом направлении компания Autodesk предложила два решения, которые и были опробованы при проектировании НПС.

Одно из них построено на базе Autodesk Civil 3D. Новая технология Autodesk, которой всего несколько лет, позволяет создавать трехмерную динамическую модель местности. Модель содержит основные элементы геометрии, а также поддерживает интеллектуальные связи между такими объектами, как точки, поверхности, земельные участки, дороги и планировка. Таблицы, метки объектов и отображение результатов анализа определяются параметрами модели. При любом изменении какой-либо части трехмерной модели все другие связанные с ней части немедленно обновляются. Например, изменение трехмерной траектории трассы приводит к автоматическому обновлению двумерных профилей, модели дороги, пересчету объемов, проектных горизонталей, а следовательно и к изменению итоговых чертежей. Обновление графического представления является следствием изменения данных модели, приводящего к изменению всего проекта. Актуальность чертежей отслеживается на всех этапах.

Кроме того, Autodesk Civil 3D поддерживает одновременный доступ нескольких пользователей к элементам проекта, что позволяет эффективно и плодотворно работать на протяжении всего цикла проектирования.

С учетом столь явных преимуществ Autodesk Civil 3D был выбран в качестве единой среды проектирования НПС.

Все трехмерные архитектурные решения передавались в Autodesk Civil 3D из Autodesk Architectural Desktop посредством внешних ссылок, благодаря чему сохранилась связь между графическими объектами, созданными в указанных программах. При редактировании здания в Autodesk Architectural Desktop соответствующее представление в среде Civil 3D автоматически изменяется по команде обновить внешнюю ссылку.

Одним из ключевых преимуществ Autodesk Civil 3D является возможность создавать непосредственно в программе цифровую модель рельефа (ЦМР). В нашем случае ЦМР была передана из другой известной программы, Autodesk Land Desktop. На экспортированной трехмерной модели рельефа средствами Civil 3D были созданы откосы, каре, дороги и другие трехмерные элементы генерального плана НПС.

Трехмерные параметрические модели резервуаров и металлоконструкций со-

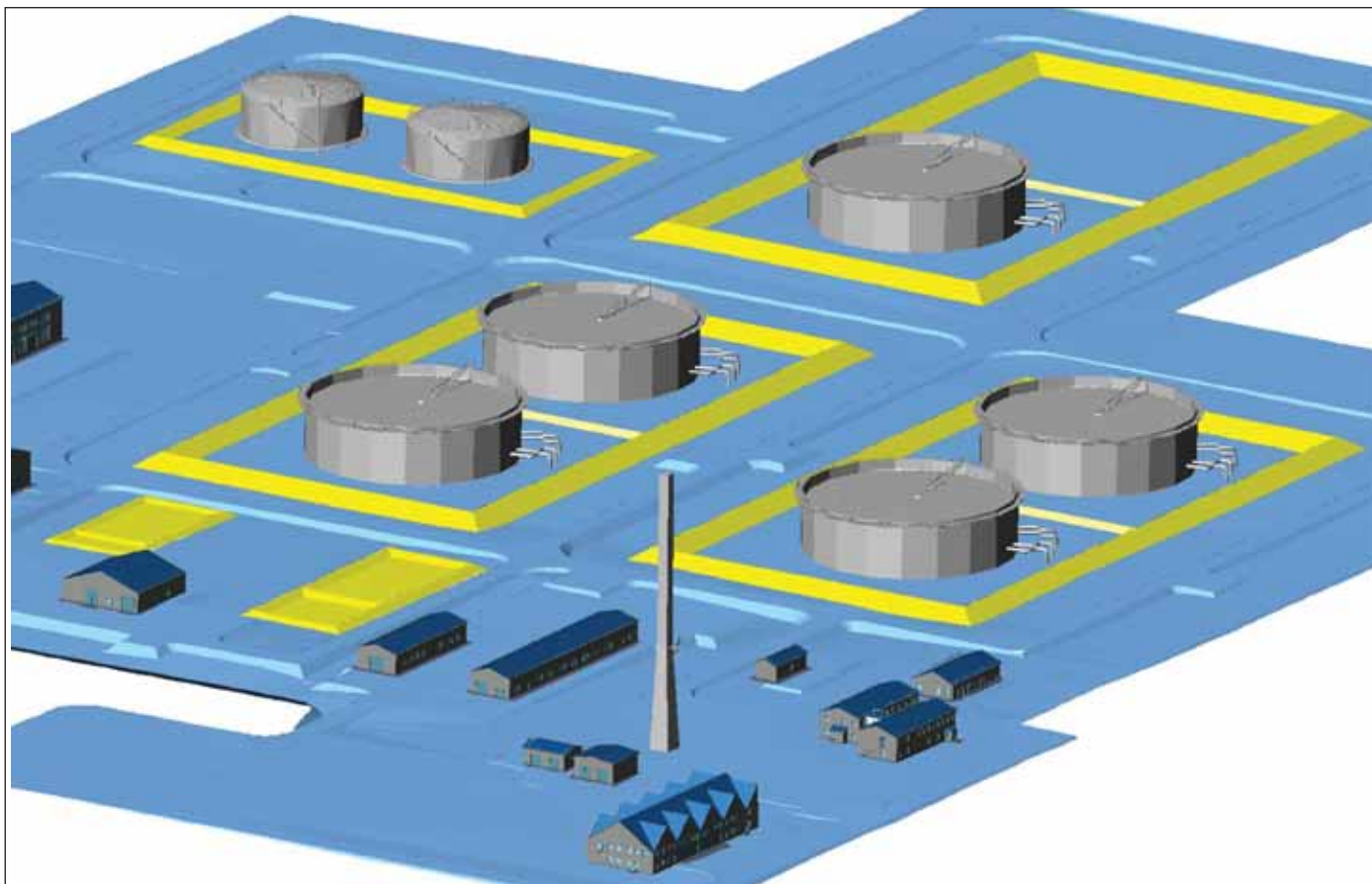


Рис. 1. Фрагмент компоновки в среде Autodesk Civil 3D головной НПС с резервуарным парком

здавались в десятой версии системы Autodesk Inventor (www.inventor.ru) и передавались в среду Civil 3D в твердотельном формате SAT.

Трехмерные модели технологических элементов (фильтры грязеуловителей, запорная арматура и т.д.) создавались в AutoCAD и экспортировались в Autodesk Civil 3D в режиме раскрашивания. Конечно, значительно лучшего отображения графики можно было добиться в режиме тонирования, — но это статический режим без вращения в режиме реального времени. На рис. 1 показан один из вариантов компоновки НПС.

Еще одним решением от Autodesk, призванным обеспечить пользователя наилучшими условиями для проектирования в объеме, стал комплекс программ Autodesk Inventor Series:

- Autodesk Inventor для дву- и трехмерного проектирования и подготовки технической документации;
- AutoCAD Mechanical, являющийся приложением к AutoCAD и предназначенный для создания двумерных машиностроительных чертежей и детализовки. Эта программа позволяет использовать файлы в формате DWG;
- Autodesk Vault — программа централизованного управления данными проекта.

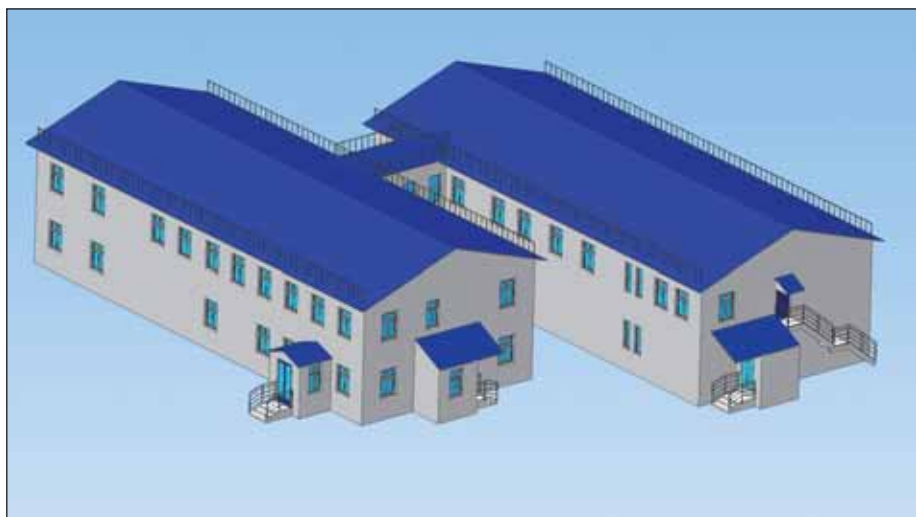


Рис. 2. Трехмерная модель служебно-бытового корпуса со столовой и узлом связи

Десятая версия Autodesk Inventor была принята за основу для построения всей компоновки площадки НПС. Моделирование осуществлялось в масштабе 1:1; чертежи генерального плана, сохраненные в формате DWG, экспортировались в Autodesk Inventor из AutoCAD. Программа автоматически преобразовывала контуры из линий и полилиний AutoCAD в параметрические двумерные графические объекты. На основе указанных контуров дорог, каре и других элементов рельефа генерального плана НПС стандартными командами Выдавливание, Сдвиг и Наклонная грань был сформирован трехмерный рельеф площадки НПС.

На подготовленную площадку были расставлены все здания и сооружения, полученные из Autodesk Architectural Desktop, — также в масштабе 1:1. К сожалению, при импорте твердотельных моделей отдельные цвета граней были утеряны и их пришлось восстанавливать уже средствами Autodesk Inventor. На рис. 2 представлена трехмерная твердотельная модель служебно-бытового корпуса со столовой и узлом связи.

Все металлоконструкции (резервуары, молниеотводы, прожекторные мачты) были созданы как параметрические объекты стандартными инструментами Autodesk Inventor. На рис. 3 вы можете ви-



Рис. 3. Трехмерная параметрическая модель вертикального стального резервуара со стационарной крышей

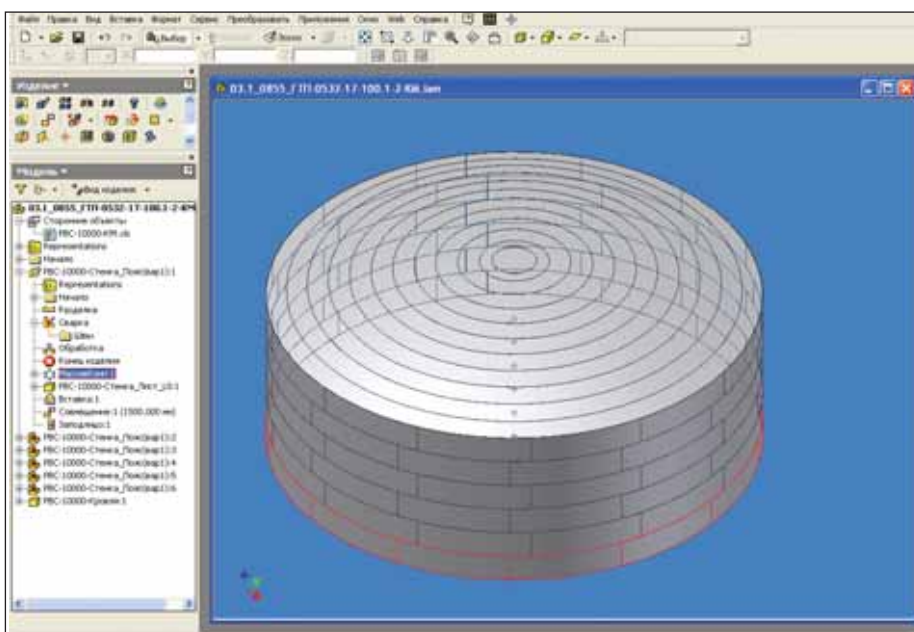


Рис. 4. Трехмерная модель "укладки" металлических листов оболочки резервуара

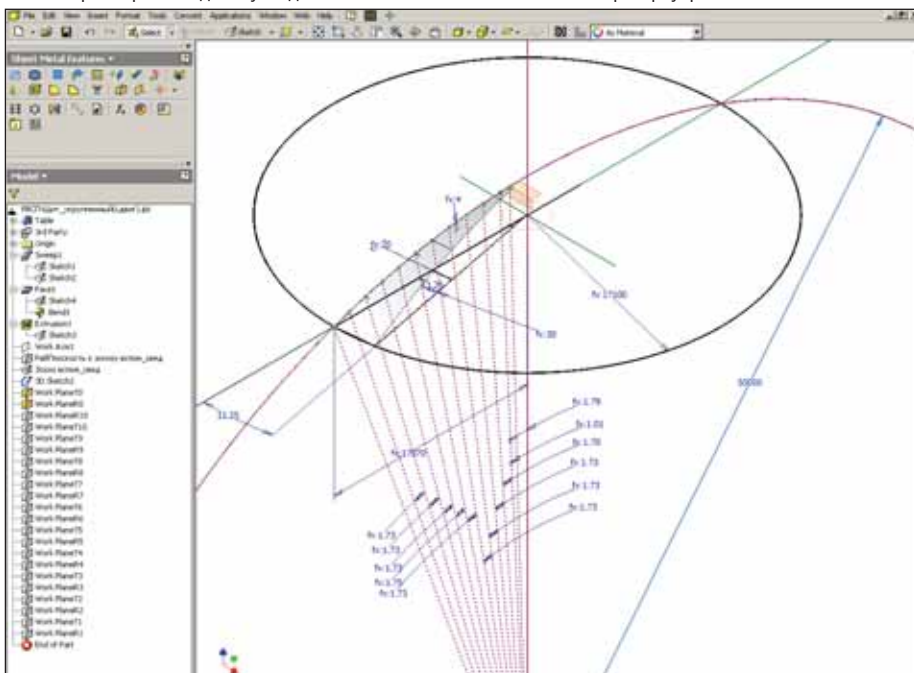


Рис. 5. Модель укрупненного щита сферической крыши резервуара с набором вспомогательных плоскостей для соединения в модуле сборки с поперечными элементами конструкции (уголки)

деть трехмерную параметрическую модель вертикального стального резервуара на 10 000 м³ со стационарной крышей.

При построении параметрической модели резервуара требуется найти решение нескольких довольно непростых задач. Прежде всего необходимо создать боковую оболочку резервуара из дуговых листов разной толщины. Геометрическая модель расположения металлических листов оболочки резервуара показана на рис. 4: она создавалась в специализированном модуле Inventor, предназначенном для проектирования изделий из листового материала.

Не очень простым оказался выбор механизма создания параметрической модели крыши резервуара. На первый взгляд представлялось логичным сформировать развертку укрупненного щита в уже упомянутом модуле работы с листовым материалом, а затем использовать операции сгиба по радиусу под определенным углом и в определенном порядке. Тем не менее при таком варианте возникают сложности с подбором угловгиба по эллипсу и с последующим наложением сборочных зависимостей при совмещении с каркасом из гнутого металлопроката. Поэтому был принят другой способ построения модели (рис. 5).

Модель сборки люка центрального кольца на крыше резервуара (рис. 6) также является общей для всех люков и патрубков независимо от их местоположения — на крыше или на стенках резервуара — и различается только вариантами текущих параметров входящих деталей (рис. 7).

Когда созданы основные трехмерные объекты сооружения, определиться с рациональной компоновкой НПС не составляет большого труда. Результат одного из вариантов трехмерной компоновки головной НПС в среде Autodesk Inventor показан на рис. 8 и 9.

Оба варианта выполнялись на двухпроцессорных рабочих станциях с процессорами Intel Xeon 3,60 ГГц. На компьютерах было установлено по 4 Гб ОЗУ. Видеоадаптер — из серии "Radeon X850" с интерфейсом PCI-Express. Дисковую систему рабочей станции составляли жесткие накопители IDE ATA, объединенные в единый RAID-массив.

Реальный объем описания всей трехмерной геометрии головной НПС, включая технологические трубопроводы, заборы, эстакады и ворота, составил 300 Мб, однако при загрузке в Autodesk Inventor графической модели всей НПС объем используемой оперативной памяти превышал 2 Гб. Это стандартное ограничение для задачи в среде Windows. Специальными настройками операционной системы предельный объем опе-

ративной памяти, который может использоваться Autodesk Inventor в среде Windows XP, пришлось расширить до 3 Гб. По результатам этой операции остался еще и резерв памяти для наращивания детализации графического описания НПС; впоследствии можно будет

достроить всю внешнюю трубопроводную и кабельные сети в масштабе 1:1.

Двухпроцессорный компьютер в указанной конфигурации позволяет пользователю Autodesk Inventor свободно вращать, масштабировать и панорамировать графическую модель НПС в ре-

жиме реального времени — причем с очень высоким качеством графического отображения. Правда, для ускорения процесса обработки графики на компьютере пришлось отключить современную технологию Hyper-Threading. Последняя, благодаря встроенной математике одновременной многопоточности, превращала двухпроцессорный компьютер в программный четырехпроцессорный. Autodesk Inventor может задействовать в своих графических вычислениях только два процессора (потока), и в данном режиме был полностью загружен только один процессор, обслуживающий два потока программы. Второй же полностью простаивал. Отключение Hyper-Threading обеспечило равномерную загрузку обоих процессоров (по одному потоку на каждый) и, следовательно, на 50% увеличило производительность работы Autodesk Inventor.

Особенность рассматриваемой твердотельной модели НПС заключается в том, что каждый графический трехмерный объект (здание, резервуар, молниеотвод и т.д.) хранится на диске в отдельном именованном файле. Такая структура хранения данных Autodesk Inventor позволяет организовать коллективную работу над проектом: проектировщики получают одновременный доступ к просмотру всей модели и редактированию своих объектов НПС. Inventor поддерживает несколько вариантов коллективного проектирования. При самом простом из них все файлы модели располагаются на едином сервере и все участники проектной группы имеют к этой модели доступ. Наиболее сложен вариант групповой работы над большим по составу объектом, распределенным на множество компьютеров. Программа поддерживает и многовариантность проектирования: по умолчанию предполагается до 99 вариантов каждой детали проекта.

Адаптивная сегментная модель представления информации трехмерных объектов позволяет Autodesk Inventor легко справляться с колоссальными массивами графиче-

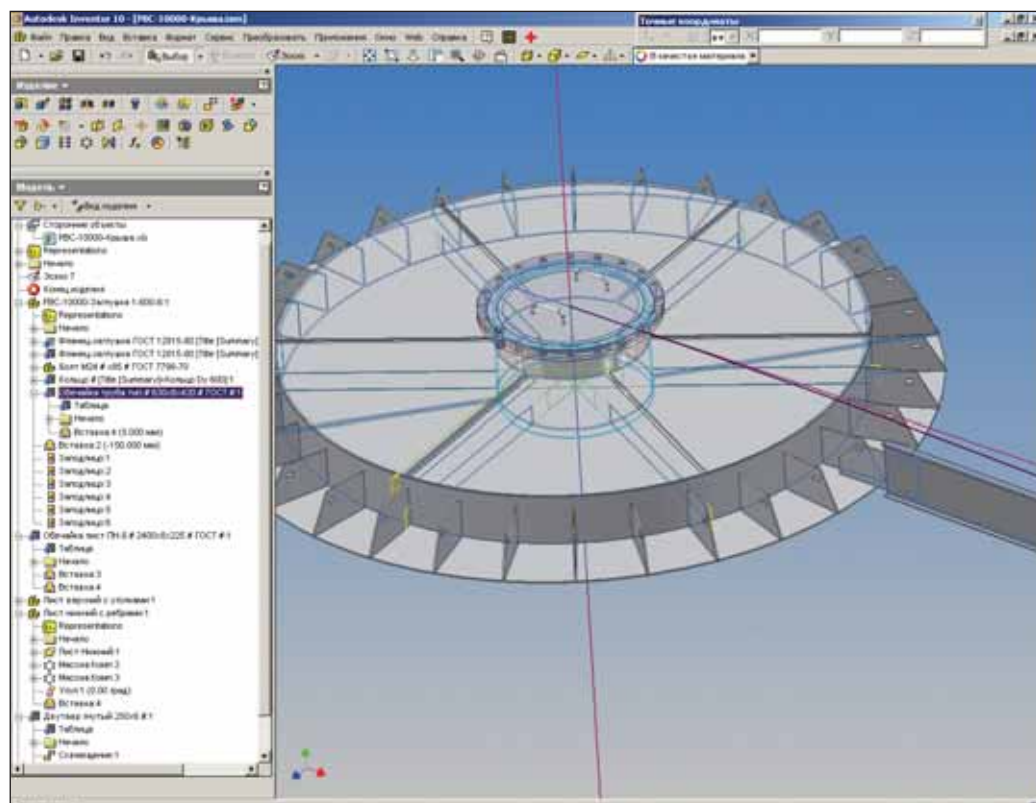


Рис. 6. Модель сборки укрупненных щитов сферической крыши резервуара

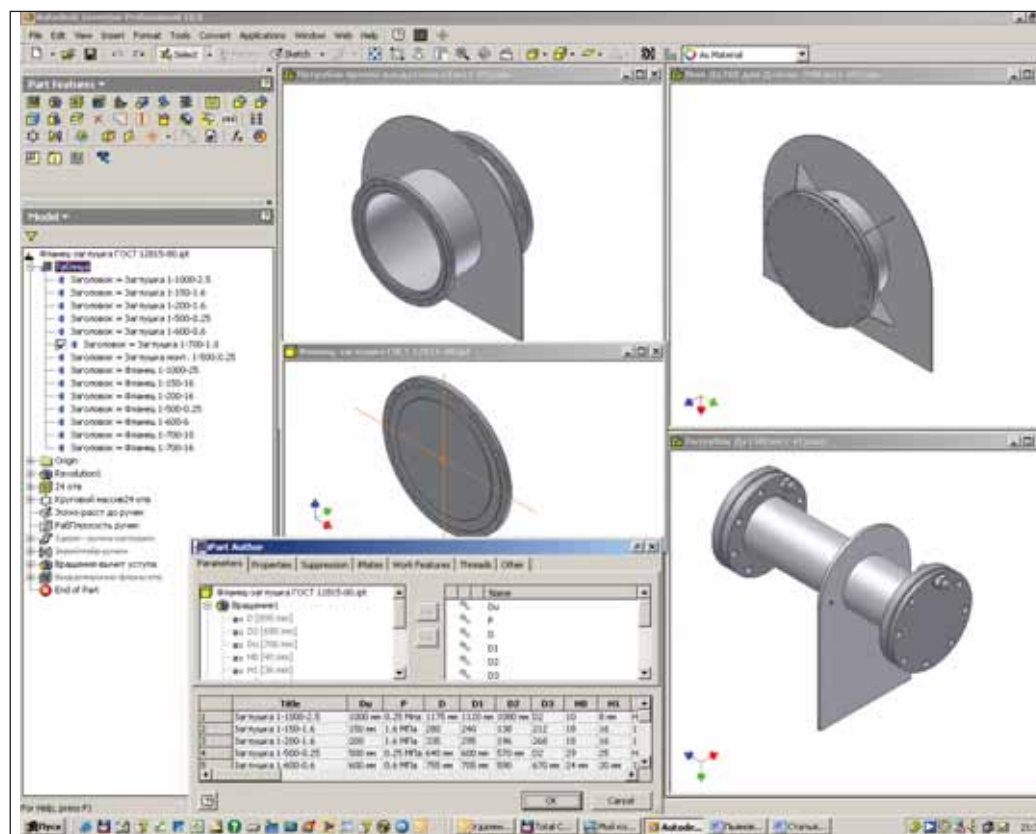


Рис. 7. Использование параметрических рядов деталей при создании сборки люков и патрубков

ческой информации. Время загрузки и регенерации всей графики НПС данной компоновки составляло 55 секунд.

Выводы очевидны: несмотря на безусловные достоинства программы

Autodesk Civil 3D, возможности Autodesk Inventor для концептуального проектирования, формирования компоновочного решения НПС — значительно выше. Причина в более мощном

твердотельном ядре основы математики Autodesk Inventor, которая идет от компании Spatial Technology. Последняя разработала ACIS — объектно-ориентированный пакет геометрического моде-



Рис. 8. Фрагмент варианта компоновки головной НПС с резервуарами в среде Autodesk Inventor (перспективная проекция)



Рис. 9. Фрагмент варианта компоновки головной НПС в среде Autodesk Inventor (перспективная проекция)

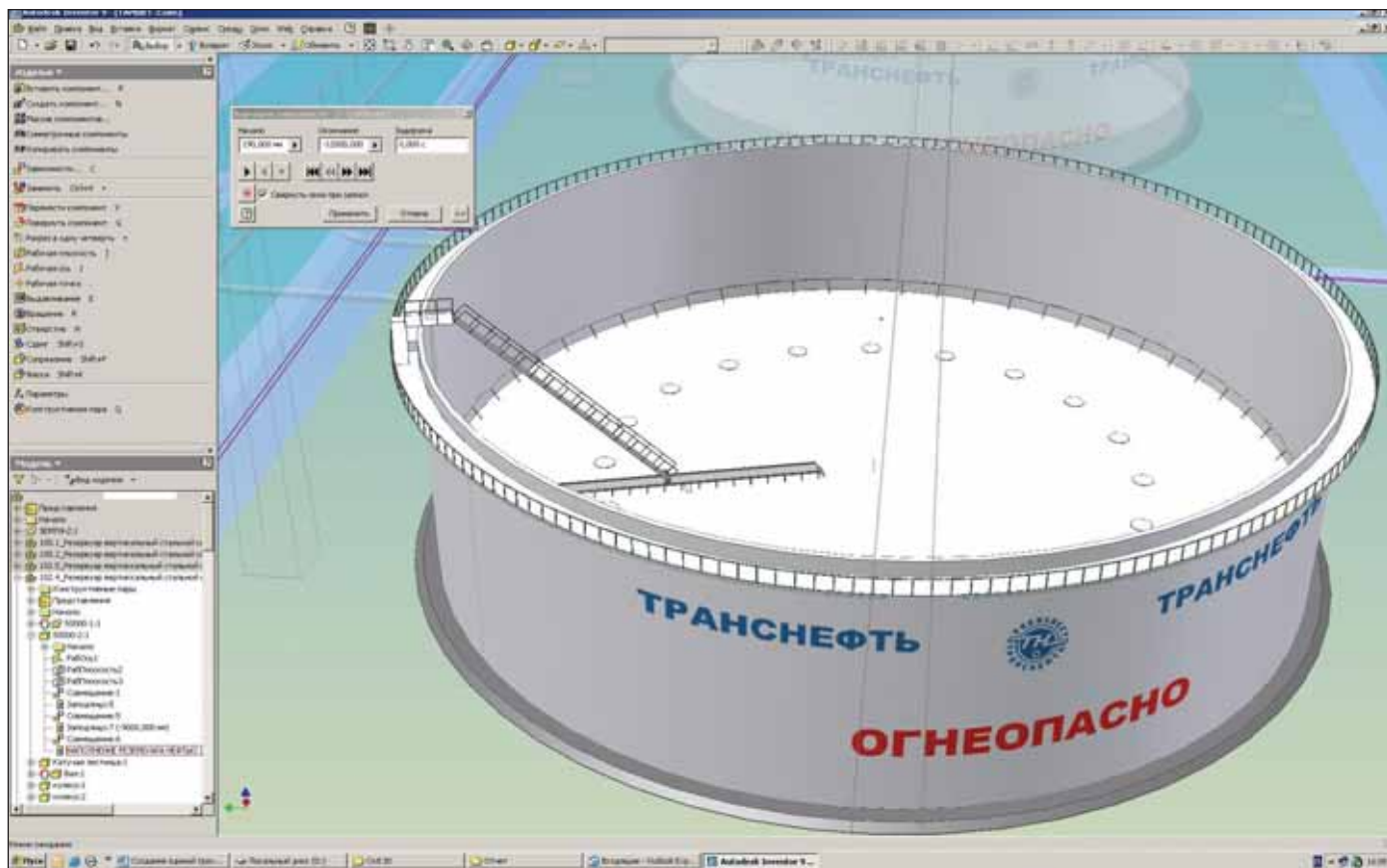


Рис. 10. Режим моделирования кинематических элементов в программе Autodesk Inventor



Рис. 11. Проекционное наложение варианта компоновки НПС с реальным рельефом местности

лирования для использования в качестве геометрической основы в приложениях для трехмерного моделирования. Продукт приобрела и усовершенствовала компания Autodesk, теперь он составляет основу графики Autodesk Inventor. Если сравнивать эту программу с автомобилем, то ACIS — это его двигатель. Качество графического "движка" обеспечивает высокое качество графической визуализации.

Программа позволяет дополнительно проверять кинематические элементы в динамике. Так, можно моделировать в

реальном режиме степень наполнения резервуара нефтью. При этом все элементы резервуара перемещаются, включая специальную перемещающую "катушку" лестницу, установленную на плавающей крыше резервуара. Одновременно вы можете установить режим проверки пересечений: программа будет автоматически осуществлять проверку на предмет коллизий (столкновений) перемещаемых твердотельных объектов в динамическом режиме с заданными шагом движений и геометрическими передельными перемещений (рис. 10).

Возможно наложение трехмерной модели компоновки НПС на фотографию реальной местности (рис. 11).

За Autodesk Civil 3D бесспорно остаются другие сильные стороны, такие как построение трехмерных дорог по профилям, моделирование рельефа с расчетом и оптимизацией объемов земляных масс, автоматическое построение профилей по рельефу. Однако возможности параметрической твердотельной графики Autodesk Inventor делают ее всё более привлекательной для применения в не свойственной для нее области.

Практическая ценность такого трехмерного проекта — в "контрольной сборке", когда по двумерным рабочим чертежам полностью отстраивается трехмерная модель НПС в масштабе 1:1. Это позволит выявить проектные ошибки и свести к минимуму потери при строительстве объектов такого масштаба.



Вадим Пьянов,
к.т.н., доцент,
главный
специалист отдела
управления технической
документацией
ОАО "Транспротрубопровод"
Тел.: (495) 950-8698
E-mail:
PyanovVL@gtp.transneft.ru