

УДК 631.35.008.94

3D-МОДЕЛЬ, КАК ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК ДАННЫХ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА, ИЗГОТОВЛЕНИИ, ЭКСПЛУАТАЦИИ

И.А. Кольцова¹, В.И. Козлов¹, Н.В. Грудина², Е.П. Поздняков²

¹Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь;

²УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

В соответствии с государственной политикой цифровизации в Республике Беларусь и концепцией Индустрия 4.0, требованиями постоянного повышения качества выпускаемой продукции приоритетность использования 3D-моделей в жизненном цикле изделия приобретает первостепенную значимость.

Под 3D моделью объекта понимают его пространственную (трехмерную) компьютерную геометрическую модель, которая обязательно включает в себя полный набор атрибутов, описывающих объект (далее по тексту 3D-модель). Говоря, популярно, всю необходимую информацию для изготовления, контроля, эксплуатации ДСЕ, или изделия в целом.

Современные предприятия содержат колоссальные источники данных. Сегодня 3D-модели с заполненными атрибутами требуются на этапах всех жизненного цикла изделия (ЖЦИ), которые взаимосвязаны между собой. Детальная схема применения 3D-моделей включает в себя следующие основные этапы (рисунок 1):

- маркетинг
- проектирование
- технологическая подготовка производства
- производство
- реализация
- эксплуатация
- ремонт и обслуживание
- утилизация.

Роль 3D-моделей на каждом этапе жизненного изделия в большой степени значима. Сегодня 3D-модель необходима всем специалистам, задействованным в жизненном цикле изделия.

Маркетинг - применяют 3D-модели для рекламной деятельности, для интернет торговли, используют в каталогах, для сайтов и прочее.

Проектирование - 3D-модели используются как при концептуальном, так и при рабочем проектировании для компьютерного инженерного анализа принимаемых конструкторских решений. Конструктор выполняет разработку, модификацию 3D-моделей и чертежей; выполняет инженерные расчеты на базе 3D-моделей, проводит виртуальные и натурных испытаний с использованием 3D-моделей; выполняет конструкторские изменения с учетом версий 3D-моделей; проводит бизнес процессы электронного согласования 3D-моделей, чертежей; согласование извещений на изменение.

Технологическая подготовка производства (ТПП). До появления средств компьютерного 3D-моделирования исходной информацией для этапа ТПП служила чертежно-конструкторская документация (рис.1).

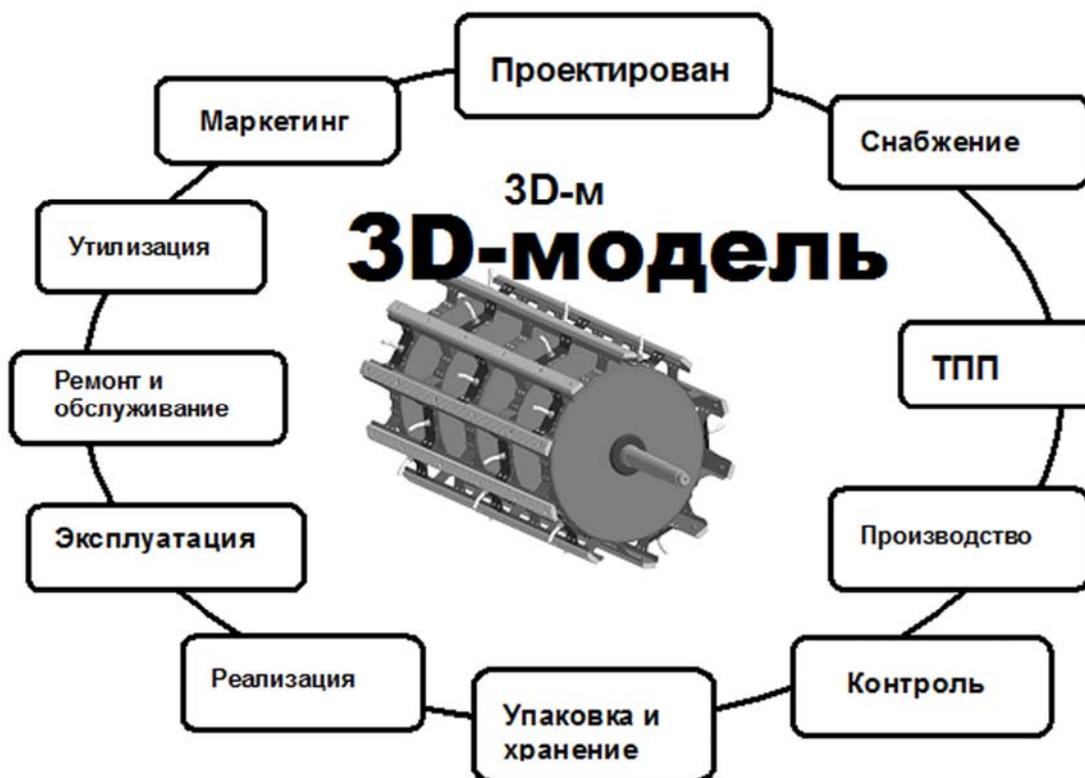


Рис. 1. Полный жизненный цикл изделия

В настоящее время 3D-модели рассматриваются как составная часть конструкторской документации на изделие. При этом появляется возможность непосредственного использования геометрии 3D-моделей в задачах ТПП. К таким задачам можно отнести:

- формирование управляющих программ обработки деталей сложных форм на станках с ЧПУ;
- построение операционных эскизов при разработке технологических процессов;
- проектирование сложной формообразующей оснастки и инструмента – пресс-форм, штампов и электродов;

- моделирование процессов формообразования (литья, штамповки,ковки и др.) с целью выявления возможных дефектов и их последующего устранения, а также с целью экономии материала.

Важно отметить, что роль 3D-моделей в ТПП не ограничивается использованием модели изделия и его компонентов. Для изготовления сложных приборов и систем необходимо спроектировать и изготовить большое число приспособлений, пресс-форм, штампов, различные виды специального инструмента, а также нестандартное оборудование. При решении этих задач роль 3D-моделей во многом сходна с их ролью на этапе проектирования основного изделия. Еще один аспект использования 3D-моделей в сфере ТПП – это создание 3D-моделей сложного технологического оборудования с целью виртуального моделирования процесса обработки. Такое моделирование позволяет выявить и устранить возможные коллизии (столкновения) в системе «станок – приспособление – инструмент – деталь».

Производство. На базе для 3D-моделей выполняют процессы сборки/демонтажа и др. видов обработки. 3D-модели связаны с контрольно-измерительной машиной, где она выступает, как эталон. На современных предприятиях, на производственных участках соответствующих стандартам Индустрия 4.0 устанавливаются «интерактивно-сенсорные системы» (взамен бумажных альбомов), системы «дополненной виртуальной реальности» для визуализации 3D-моделей, которые помогают в повседневной производственной деятельности, ускоряют получение информации, уменьшают количество ошибок.

Здесь моделирование возможно использовать для анализа и оптимизации производственных процессов. Например, в роботизированной линии по сборке сложного изделия необходим не только контроль столкновений, но и временная синхронизация действий отдельных роботов, оборудования и людей. Создав 3D- модели технологического оборудования и используя систему виртуального моделирования производственных процессов, можно решать указанные выше задачи. Предприятие получает возможность моделировать процессы изготовления изделия параллельно с его проектированием, оперативно учитывая возникающие конструктивные изменения, множественность версий и исполнений изделия, ограничения, налагаемые оборудованием и человеческим фактором. Это позволяет существенно сокращать сроки разработки и запуска в производства новых изделий, повышать их качество и технологичность.

Реализация. Здесь 3D-модели могут использоваться для создания электронных инструкций, для проведения рекламы, для создания сайтов, для электронных каталогов, слайдов и анимационных фильмов, выгодно представляющих созданное изделие и поясняющих принципы его работы.

Эксплуатация. 3D-модели могут, как и для этапа реализации, использоваться для создания слайдов и анимационных фильмов, которые, в

свою очередь, используются в качестве элементов или составных частей эксплуатационной документации. 3D-модели используются для сбора информации о работающей технике.

Ремонт и обслуживание. Обучающие системы на базе интернет технологий (интернета вещей) с использованием платформы ThingWorx, которые позволяют обучить, осуществить оперативный ремонт. Здесь 3D-модели могут использоваться для создания так называемых интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР), которые предназначены для решения следующих задач: обеспечение пользователя справочными материалами об устройстве и принципах работы изделия; обеспечение пользователя справочными материалами, необходимыми для эксплуатации изделия, выполнения регламентных работ и ремонта изделия; обеспечение пользователя информацией о технологии выполнения операций с изделием, о потребности в необходимых инструментах и материалах, о количестве и квалификации персонала; подготовка и реализация автоматизированного заказа материалов и запасных частей; планирование и учет проведения регламентных работ; обмен данными между потребителем и поставщиком.

Утилизация. Когда срок службы изделия окончен, оно должно быть подвергнуто утилизации, которая представляет собой регламентированный процесс. Этот процесс может быть обеспечен инструктивными материалами в форме ИЭТР, разработанными на основе использования 3D-моделей.

3D-модель создается на этапе проектирования и особенно важна для технологической подготовки производства изделий.

В соответствии с ГОСТ 2.102-2013 «ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов» электронная модель детали - документ, содержащий электронную геометрическую модель детали и требования к ее изготовлению и контролю и в настоящее время в НТЦК уже 100% проектируемых изделий разрабатываются с использованием 3D-моделей. (В НТЦК 3D-модель - эта электронная модель, выполненная в аксонометрии, триметрической ориентации в системе CREO. Данные сохраняются в PDM Windchill).

Вместе с тем, на текущий момент, 3D-модели ещё не являются главным источником информации об изделии в ОАО «Гомсельмаш». Несмотря на то, что, как и многие предприятия, проектируют свои изделия в виде 3D, в итоге на их основе выпускаются конструкторскую документацию – традиционно бумажные чертежи, которые в дальнейшем и являются основным источником информации, в том числе и в производстве. Сами исходные 3D-модели не отслеживаются (не актуализируются) и не могут использоваться совместно с чертежами.

Такое отношение к 3D-моделям является расточительным и не позволяет получить максимальный эффект от их использования. Для полноценного

использования 3D-моделей, необходимо внедрение единой PDM системы, создание единой информационной среды предприятия, внедрение сквозных САПР для конструкторско-технологической подготовки, разработка и выполнение стандартов предприятия (ТНПА), внесение организационных изменений в существующих бизнес-процессы. То что имеется в настоящий момент, стандарты существуют, однако, не выполняются в полном объеме. Без описанных комплексных мероприятий, 3D-модели останутся лишь вспомогательными инструментами инженерной подготовки производства, с минимальной отдачей затраченных в них средств.

Разработка и выпуск конструкторской документации. Исторически, инженерные процессы были сосредоточены вокруг 2D чертежей. Конструктор выполняет разработку конструкторской документации. Трудоемкая часть оформления чертежа выполняется в Creo, Autocad и других системах. Конструкторская документация (разработка чертежей 2D-моделей) выполняется в CREO (НТЦК), далее распечатывается на бумажном носителе, выдается в производство, для технологической подготовки производства.

Использование 3D-моделей совместно с чертежами. Сегодня получается, что данные на 3D-модели и на чертеже имеют разночтения. Конструктивные данные хранятся в нескольких источниках данных: на модели и чертеже. Конструктор затрачивает много время для разработки 3D-моделей, корректировки 3D-моделей и отдельно затрачивает большую часть времени для оформления чертежа, который генерируется из модели.

В случае корректировки чертежей:

- конструктор изменяет 3D-модель (а иногда и не корректирует; человеческий фактор; основные изменения проходят на бумаге);
- проверяет 3D-модели;
- корректирует чертеж; проверяет чертеж;
- специалисты, подписывающий чертеж (зав.отделом, тех.контроль, нормоконтроль и т.д) проверяют чертёж повторно.

Модель, ее качество, актуальность данных остается на ответственности, компетенции конструктора, а для производства, для станков с ЧПУ нужна именно актуальная 3D-модель.

Текущие критические ситуации по чертежам:

2D-чертежи не подходят для обмена информации между подразделениями. 2D-чертежи более подвержены ошибкам интерпретации и приводят к несоответствию конструкции и неточности данных.

Часто, для использования моделей для инженерного анализа, технологической подготовки, обработки ЧПУ выполняется повторное моделирование по чертежам для загрузки информации в цифровую систему у станка.

Одновременное использование трехмерных 3D-моделей и чертежей, как основных конструкторских документов влечет за собой следующие последствия:

1. Увеличивает объем конструкторской документации (и соответственно трудозатраты на работу с этими документами: оформление, согласование, учет, изменения);
2. Увеличивает объем работы при корректировке конструкции;
3. Требуется поддержания актуальности данных в чертеже и 3D-модели (всегда есть риск расхождения этих данных)

Решением данного вопроса является, переход на передачу информации от конструктора в производство посредством 3D-моделей с заполненными атрибутами, с исчерпывающей информацией для дальнейших стадий жизненного цикла изделий (квази - бесчертежные технологии).

Сейчас никто не отрицает важность и необходимость применения трехмерного моделирования, все же, когда речь заходит о придании трехмерным моделям легитимного (законного) статуса, выясняется, что внедрение 3D-моделирования совместно с чертежами значительно увеличивает объем документооборота (это и согласование, и необходимость учета документов, необходимость внесения изменений и в чертеж, и в модель и т.д.). Поэтому данная методология проходила бы легче, при упрощении чертежей, с возможным переходом на бесчертежную технологию по – крайней мере, на некоторых этапах жизненного цикла изделия. Применение старых подходов в современных условиях получаем увеличение трудоемкости, вместо ее сокращения.

Внедрение новых автоматизированных систем совместно с современными методиками проектирования. Переход на использование САД-систем, PDM-систем достаточно сложен, Требуется широкого применения сложного, наукоемкого, высокотехнологичного программного обеспечения, современных ИТ ,понятно, многие пользователи продолжают работать по-старому, использовать традиционные подходы и технологии.

Ожидание какого-то чуда от современных ИТ (возможно, что система начнет проектировать, чертить все за них, заполнять атрибуты), является необоснованным.

Переход к новому технологическому укладу, требует серьезных инноваций и изменений привычной технологии проектирования на технологию, которую несут в себе современные САД: применение функционального и параметрического моделирования предшествующего процессу конструирования, параллельная разработка с применением подхода «сверху-вниз», применение инструментов управления требованиями для автоматизированной проверки соответствия. Уже сейчас очевидна эффективность подхода - разработку модели , чертежа, спецификации в одной системе и т.д.

В противном случае – без применения современных подходов мы получим результат, неотличимый от результатов работы САД-систем начального или среднего уровня, но с более весомыми затратами.

Глобальное внедрение системы управления инженерными данными. Внедрение САД-систем, PDM-систем в локальном подразделении, (например, только у конструктора в НТЦК), без вовлечения технологов и производителей и других получателей данных, может дать увеличение трудоемкости. Это связано с необходимостью внесения в PDM дополнительной информации, заполнение дополнительных атрибутов, в том числе и на 3D-моделях.

Работа в смежных подразделениях может сократиться за счет исключения двойного ввода информации (перечерчивания чертежей). Таким образом, эффект от внедрения PDM может прослеживаться не в отдельном подразделении, а заключаться в **сокращении всей цепочки конструкторско-технологической подготовки производства в единой информационной среде.**

Новые технологии для новой техники. Использование аннотаций вместе с 3D-моделями. Разработка новой техники становится все более сложной и динамичной, в условиях сжатых сроков выполняются множество проектов.

Целесообразно уходить от бумажных носителей (чертежей). Работать с 3D-моделями проще. Легче в понимании. Все, что конструктор выполнял на чертежах вносить на 3D-моделях. Модель могут в электронном виде просматривать все заинтересованные специалисты, руководители.

Придать 3D-модели – основной приоритет и значимость. В последние десятилетия появился метод, называемый цифровое определение продукта на основе моделей (MBD). MBD новая, прогрессивная технология (англ. *Model-Based Definition (MBD)*, синоним *Digital product definition (DPD)*) «Определение основанное на модели», мировой тренд, поддерживается в программе Creo для сокращения сроков проектирования, улучшения качества 3D-моделей. Технология MBD избавляет от рутинного и трудоемкого оформления чертежей.

В MBD информация, полученная программным приложением САД (например, Creo), автоматически передается в приложение САМ (автоматизированное производство) и переводится через постпроцессор на другие языки, такие как G-код, который выполняется станком с ЧПУ. В MBD набор данных, а не чертеж, является приоритетным.

Цифровое определение продукта – практика использования 3D-цифровых данных (например, твердотельных моделей и связанных с ними метаданных) в рамках программного обеспечения 3D САД, что обеспечивает предоставление спецификации для отдельных компонентов и собранных продуктов. Виды информации, содержащиеся в MBD, включают в се-

бя геометрические размеры и допуски, инженерные спецификации на уровне сборок, описание материалов на уровне деталей, инженерные конфигурации, дизайнерский замысел и т.д.

Технология MBD основана на выполнении аннотирования 3D-моделей. Конструктор на 3D-моделях проставляет надписи, заметки, размеры, допуски, геометрические допуски, технические требования, шероховатости и др. атрибуты, данные необходимые для производства. Т.е на 3D-модели конструктора наносят аннотации (описания рис.2).

Преимущества работы с 3D-моделями:

- 3D-модели проще в понимании; сокращается время на оформление;
- уменьшение ошибок, конструктор сосредоточен только на редактировании модели, что повышает качество разработки;
- передача информации, осуществляется в электронном виде;
- актуальная 3D-модель – основной источник данных для всех заинтересованных подразделений, что соответствует концепции Индустрии 4.0 и выше (исправления типа исправил чертеж, а модель не исправил, исключаются и не допускаются).

Действия, внимание конструктора – направлено для работы только с одной 3D-моделью (с одним источником информации). Сегодня актуальная 3D-модель необходима для многопользовательской работы для конструкторов и подразделений ОАО «Гомсельмаш».

Вся информация о модели, заполненных атрибутах храниться в цифровом (электронном виде). Сегодня в НТЦК есть 3D-модели с заполненными аннотациями (рис. 3).

Чем сложнее чертежи, тем выше эффективность применения технологии MBD.

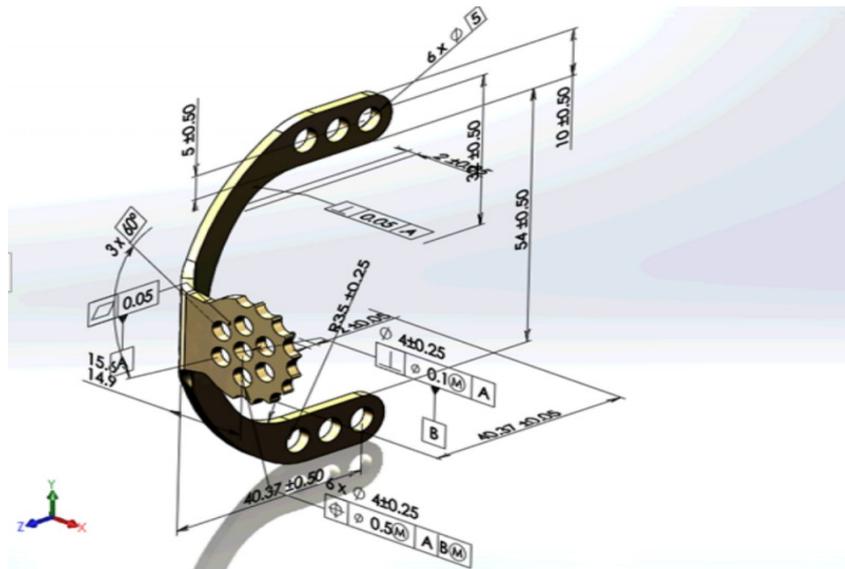


Рис. 2. Технология MBD на 3D-модели

Следует отметить, что действующие ТНПА подтверждают, что электронная 3D-модель должна содержать все данные, необходимые для изготовления и контроля детали в соответствии с требованиями ГОСТ 2.052 «ЕСКД Электронная модель детали», ГОСТ 2.102 «Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов» и др.

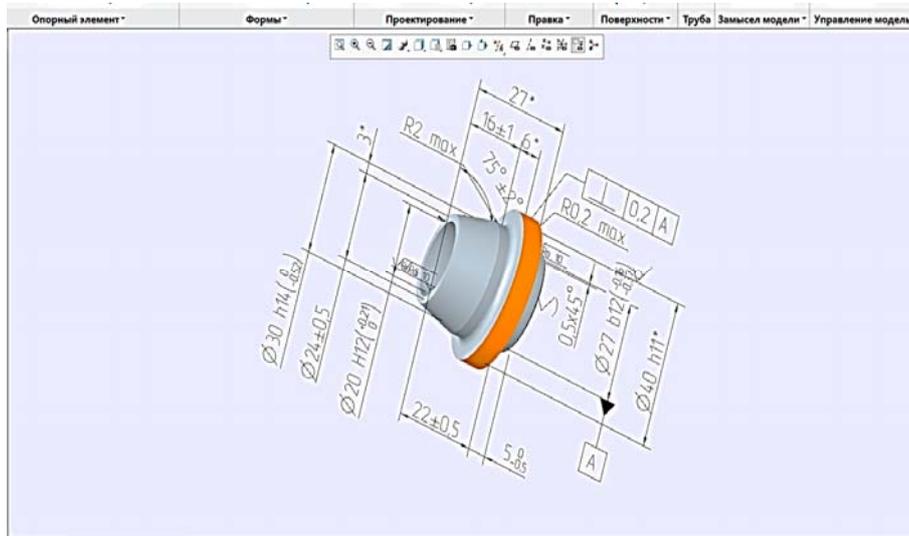


Рис. 3. Пример выполнения 3D-модели в системе CREO, сохранение данных в PDM Windchill с использованием технологии MBD с аннотированными данными. Имя файла KVK 0144624A.PRT

Заключение: Пять ключевых бизнес-факторов говорят в пользу использования **3D-моделей** как средства передачи информации:

- Быстрее – за счет передачи данных без преобразования в бумажный чертеж;
- Умнее – благодаря наглядности и цифровому представлению;
- Лучше – через упрощение восприятия информации рабочим изготовителем;
- Дешевле – отсутствие процесса создания чертежа, печати, размножения и физического распространения копий по цехам и управлениям;
- Безопаснее – благодаря централизованному хранению информации.

Литература

1. ГОСТ 2.102-2013 «Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов»

2. ГОСТ 2.052 «Единая система конструкторской документации. Электронная модель детали»

3. Проект госпрограммы «Цифровое развитие Беларуси» на 2021-2025 гг
4. Кондаков, А.И. САПР технологических процессов : учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Кондаков. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 272 с
5. Почему внедрение новых технологий PLM происходит медленно? «ПЛИМ Урал»/П.Ведмедь, Щейников С.П., www.up-pro.ru, http://www.up-pro.ru/print/library/information_systems/management/plm-tehnologii.html
6. Системно-ориентированный подход к разработке продукции на базе продуктов Siemens PLM Software / Щейников С.П.
7. Интернет-ресурс: Материал из Википедии
8. Интернет-ресурс:<https://pavel-samuta.livejournal.com>
9. Интернет-ресурс: <https://berladinyu.wixsite.com/mysite>