

**3D-МОДЕЛЬ ПЕРВОИСТОЧНИК КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ
И СИНЕРГИИ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**3D-MODEL THE PRIMARY SOURCE OF PRODUCT QUALITY
AND SYNERGY OF MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES**

Кольцова И. А.¹, рук. сек., **Кадолич Ж. В.**², канд. техн. наук, доц.,

¹Научно-технический центр комбайностроения

ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь,

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

I. Koltsova¹, Sector Leader,

J. Kadolich², Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

¹Scientific-and-Technical Center of Combine Engineering
of JSC «Gomselmash», Gomel, Belarus,

²Educational Institution «Gomel State Technical University
named after P. O. Sukhoi», Gomel, Belarus

В данной статье описано взаимодействие цифрового проектирования и технологии MBD, улучшение качества 3D-моделей с использованием цифровых технологий и методик качества. Переход на «безчертежные» технологии, выпуск конструкторской документации в виде электронных 3D-моделей (с применением технологии MBD), содержащих трехмерные 3D-аннотации.

This article describes the interaction of digital design and MBD technology, improving the quality of 3D models using digital technologies and quality techniques. Transition to «drawingless» technologies, release of design documentation in the form of electronic 3D models (using MBD technology) containing 3D annotations.

Ключевые слова: синергия, взаимодействие цифрового проектирования и технологии MBD, устранение несоответствий на 3D-моделях с использованием информационных технологий.

Keywords: synergy, interaction of digital design and MBD technology, elimination of inconsistencies on 3D models using information technology.

ВВЕДЕНИЕ

Определение синергии для НТЦК ОАО «Гомсельмаш» (далее – НТЦК) рассматривается, как синергия технологий цифрового проектирования, методик контроля качества электронных 3D-моделей деталей и сборок, их состава, технологий управления жизненным циклом изделия, испытаний с использованием современных информационных технологий, цифровых компетенций специалистов при использовании данных технологий.

Этап проектирования является базовым и основополагающим в процессе жизненного цикла изделия. Для качественного проектирования и выпуска качественной конструкторской документации (далее – КД) необходимы актуальные 3D-модели, с актуальной геометрией, актуальными атрибутами (параметрами) и актуальной версией.

СИНЕРГИЯ НОВЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Синергия новых цифровых технологий проектирования и технологии MBD модели-ориентированного проектирования (MBD – Model Based Definition) необходима для повышения качества 3D-моделей. Понятие синергии определено в [1, 2].

Стратегия «Индустрии 4.0» предполагает использование электронных конструкторских 3D-моделей, в качестве основного исходного источника информации для технологической подготовки производства и производства, для многопользовательской работы групп специалистов с привлечение к совместной работе над изделием специалистов смежных подразделений, на максимально ранних этапах работы. Например, согласование конструкции с технологами, с производственниками в процессе разработки конструктивных 3D-моделей; параллельное проектирование и подготовка производства.

В перспективе с использованием новых передовых цифровых технологий в НТЦК основой будет, является конструкторская документация в виде электронных моделей (с применением технологии MBD), содержащих трехмерные 3D-аннотации, что дает возможность отказаться от бумажных традиционных чертежей и использовать электронную 3D-модель детали, сборочной единицы, с заполненными атрибутами и 3D-аннотациями, как основной конструкторский документ на всем жизненном цикле изделия. Состав электронной геометрической модели представлен на рис. 1.

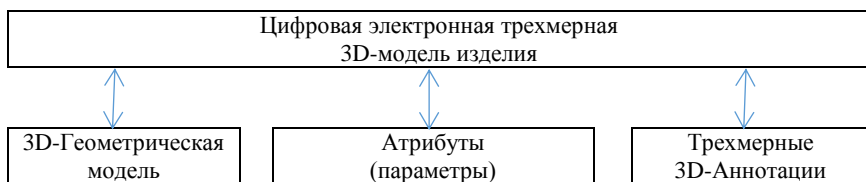


Рисунок 1 – Состав электронной геометрической модели

Использование цифровых электронных 3D-моделей позволяет оценивать конструктивные характеристики изделий на этапе проектирования и принимать верное решение об особенностях конструкции без изготовления опытного образца в металле.

Технология (стратегия, идея) модели-ориентированного проектирования MBD (Model Based Definition) заключается в том, что вся информация необходимая для производства, для изготовления и контроля, приемки, сборки, эксплуатации, ремонта и утилизации, закладывается непосредственно в трехмерную 3D-модель, большая часть из них в процессе проектирования (табл. 1).

Таблица 1 – Перспективы использования 3D-моделей

Бумажные носители – традиционные технологии	Цифровые электронные данные Перспективные цифровые технологии
Чертеж	Электронная 3D модель, атрибуты, 3D-аннотации
Чертеж	Электронная 3D модель – виртуальное проектирование – виртуальная сборка – виртуальное обслуживание – виртуальное обучение
Чертеж Нормоконтролеры проверяют КД, сверяя изображения на бумажной КД с изображениями в ГОСТ	ГОСТ 2.111 «ЕСКД. Нормоконтроль». Нормоконтролеры проверяют электронные 3D-модели деталей, сборок, электронные конструкторские документы
Конструкторская спецификация	ЭСИ – электронная структура изделия; отчеты по составам
Чертеж	Электронная 3D модель - Технологическая подготовка производства – Производство этапы жизненного цикла
Инструкции по эксплуатации	Электронные руководства, эксплуатационного документации. Электронные инструкции по сборке/разборке изделия

Окончание таблицы 1

Опытный образец	Цифровые нити. Цифровые двойники
Старые ГОСТ, год издания 1970 и 1960. года и др.	Новые ТНПА для проектирования, для контроля качества и подготовки производства, по которым можно работать, передавать, оформлять для работы, контролировать качество цифровых электронных 3D-моделей и всех процессов
БУДУЩЕЕ – НОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ. ВСЕ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ РАБОТА С 3D-МОДЕЛЯМИ	

Производство в этой стратегии также использует трехмерную 3D-модель для технологической подготовки производства и изготовления изделия и называется термином «цифровое производство» при взаимодействии с «цифровыми нитями».

Главным, решающим фактором в технологии MBD является то, что электронная 3D-модель с атрибутами, 3D-аннотациями, должна быть, как читаемой пользователем (конструктором, технологом, и другими специалистами), так и машиночитаемой (машинопонимаемой); интерпретируемой пользователями и используемой компьютерами и их программным обеспечением с полной подконтрольностью по процессам. Вся информация закладывается в 3D-модель, на основе 3D-модели моделируются основные процессы производства. Оборудование должно понимать 3D-модель при использовании «цифровых нитей».

При использовании новых цифровых технологий появляются новые возможности широкого внедрения цифровых электронных данных (3D-моделей и атрибутов, 3D-аннотаций) подразделениями общества «Гомсельмаш», обмен электронными данными (3D-моделями) между подразделениями общества «Гомсельмаш» в едином информационном пространстве. Необходимо выработать и согласовать форматы передачи данных для каждого подразделения (входящие и исходящие данные) и требования к передаваемым моделям с актуальной версией.

СОБЛЮДЕНИЕ ПРИНЦИПА АССОЦИАТИВНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОННОМ ОБМЕНЕ 3D-МОДЕЛЯМИ В РАМКАХ ОБЩЕСТВА «ГОМСЕЛЬМАШ».

При использовании новых цифровых технологий должен соблюдаться принцип ассоциативности.

Ассоциативность – свойство объекта (геометрического элемента, атрибута, аннотации, параметра) модели поддерживать (наследовать) связь с родительским объектом и изменять (обновлять) дочерний элемент при изменении родительского элемента.

На каждом этапе жизненного цикла изделия, закладываются свои атрибуты (параметры), которые ассоциативно связаны с 3D-моделями. Большая часть на этапе цифрового проектирования.

Сегодня 3D-модели при использовании принципа ассоциативности, которые разрабатывает конструктор НТЦК, является источником для продвижения новых технологий и взаимодействия подразделений.

Электронные 3D-модели и параметры (атрибуты), аннотации далее могут использоваться в следующих процессах, например:

- инженерные расчеты;
- наследование в технологические документы; разработка технологической документации; технологическая подготовка производства;
- получение разверток и ссылочных моделей для разработки технологической документации;
- использование ссылочной 3D-модели для разработки программ ЧПУ; подготовка управляющих программ;
- автоматическое формирование контрольных характеристик для планов контроля качества; определение атрибутов, которые контролируются;
- автоматическое программирование координатно-измерительных машин (далее – КИМ); работа КИМ с 3D-моделями;
- сравнение электронной 3D-модели (замысел конструктора) с фактическим изготовлением детали в металле на КИМ и прочее.

Сегодня в НТЦК на базе электронной цифровой 3D-модели с заполняемыми атрибутами (параметрами) получается конструкторская документация – чертеж, а в перспективе (цифрового будущего) правильно практиковать цифровую электронную 3D-модель, с атрибутами, 3D-аннотациями, как первоисточник информации, далее использовать 3D-модель для подразделений общества и для «цифрового двойника» и организации «цифровых нитей».

Основная информация, которую можно заложить в 3D- модель в процессе проектирования, в виде 3D-аннотаций и затем применять

при подготовке технологий и программ изготовления и контроля, например:

- масса, плотность, материал изготовления, единицы измерения;
- технические требования, технические условия [3];
- требования к методу производства;
- требования к материалу или к методу производства заготовки (литье, штамповка и другие виды заготовок), указания о материалах (заменителях);
- размеры, предельные отклонения размеров, формы, взаимного расположения поверхностей, массы ит. п.;
- требования к термообработке (включая требования к упрочнению);
- требования к контролю;
- требования к покрытию;
- условия и методы испытаний;
- указания о маркировке и клеймении;
- правила консервации, хранения и транспортирования;
- дополнительные требования (при необходимости масса заготовки);
- требования к изготовлению (включая требования к методу обработки);
- размеры с допусками, отклонениями размеров;
- посадки в сборке;
- допуска формы и расположения, базовые поверхности;
- обозначения резьбовых отверстий и резьбы;
- обозначения шероховатостей поверхностей;
- обозначения текстовые (таблицы, заметки, примечания);
- обозначения неразъемных соединений (сварка, пайка, приклейка);
- обозначение зон покрытий;
- позиционные обозначения в сборке и другую подобную информацию и др.

Развитие новых цифровых технологий выдвигает современные требования - для оформления конструкторской документации (КД) в виде 3D-электронной модели и электронной структуры изделия с аннотациями, для внедрения стратегии MBD надлежит вводить новые ТНПА и новые правила работы, то есть стандарты и технические регламенты, которые регламентируют и утверждают, позволяют использовать КД в таком формате для целей подготовки произ-

водства, а также подготавливать технологическую и производственную документацию в деятельности общества «Гомсельмаш».

Для повышения качества 3D-моделей, аннотаций используются новые цифровые технологии и методики, которые позволяют анализировать инженерные данные, качество 3D-моделей, выполнять мониторинг, проводить испытания, согласовывать, учитывать, хранить данные для разработки изделий.

В НТЦК для контроля качества 3D-моделей и атрибутов в процессе проектирования используется методики (алгоритмы).

При проверке несоответствий (ошибок) и устранения несоответствий данные методики можно применять последовательно и по отдельности. [1, 2].

Виды применяемых методик для контроля качества 3D-моделей в процессе проектирования:

1. Контроль атрибутивной информации на соответствие ТНПА. Выполняется проверка атрибутивной информации (параметров) на 3D-моделях на основании разработанных ТНПА СТП 325-683 «Требования к электронной структуре изделия. Описание процессов разработки электронного изделия», ИН 325-2111 «Методика трехмерного проектирования с использованием программных средств Creo, Windchill».

2. Проверка качества 3D-моделей с применением методики – «Методика контроля качества 3D-моделей», разработана в НТЦК КИО ВС.

3. Проверка качества 3D-моделей с применением методики по работе с внешними связями и зависимостями на основании «Инструкции по устранению внешних связей» разработана в НТЦК КИО ВС.

4. Выявление несоответствий в окне «Центр уведомлений». Проверка качества 3D-моделей на основании данных, анализа информации в окне «Центр уведомлений» в CREO.

5. Проверка качества 3D-моделей на основании данных файла в САПР CREO TRAIL.TXT.

6. Несовпадения ModelCHECK в САПР CREO.

Сверх того, для получения качественных 3D-моделей требуется выполнять проверку качества проектирования 3D-моделей деталей, сборочных единиц используя механизмы технологии MBD. Синергия цифрового проектирования и технологии МВД повышают каче-

ство 3D-моделей. Для качественного проектирования следует выполнять анализы:

- расчет и анализ размерных цепей;
- анализ зазоров и пересечений; Анализ контроль геометрии;
- анализ достаточности нанесения трехмерных аннотаций для полного описания изделия;
- анализ геометрической целостности на соответствие критериям точности геометрии;
- анализ технологичности изготовления по определенной технологии по специальным алгоритмам;
- проверка собираемости изделия до этапа изготовления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Улучшить качества проектирования помогут направления:

– проверки качество 3D-моделей на этапах проектирования; Проектирование на основании требований и проверки на каждом этапе их исполнения;

– проведение виртуальных испытаний и оптимизационных расчетов на каждом этапе проектирования;

– бесчертежные технологии – 3D-модель, как основной источник конструкторской документации. Для развития «цифровых нитей», стратегии «Индустрии 4» и перехода на более высокий уровень развития общества «Гомсельмаш» помогут грамотно составленные стандарты проектирования и подготовки производства, по которым можно работать, оформлять и принимать документацию в виде трехмерных 3D-моделей, 3D- аннотаций.

Для дальнейшей работы над качеством 3D-моделей необходимо продвижение, развитие и усовершенствование:

– методик качества и мониторинг качества в процессе проектирования с использованием новых цифровых технологий;

– бизнес-процессов электронного согласования 3D-моделей. Порядок проверки, согласования и утверждения электронной модели;

– выполнение в одной системе извещений (ассоциативно связанных с 3D-моделью), хранение и учет электронных моделей, внесение изменений и оповещение об изменениях (ГОСТ 2.503 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила внесения изменений).

Новые цифровые возможности – переход на безчертежные (безбумажные) цифровые технологии, для выпуска наукоемкой, конкурентоспособной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кольцова, И. А. Синергия в вопросах качества 3D-моделей / И. А. Кольцова, Н. В. Грудина // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сборник научных статей 6-ой международной научно-практической конференции, Гомель, 2 ноября 2022 года / Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш». – Гомель: НТЦК ОАО «Гомсельмаш», 2022. – С. 9–18.

2. Кольцова, И. А. Синергия цифровых технологий проектирования, методик контроля качества 3D-моделей. Верификация 3D-моделей / И. А. Кольцова, Н. В. Грудина // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сборник научных статей 6-ой международной научно-практической конференции, Гомель, 2 ноября 2022 года / Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш». – Гомель : НТЦК ОАО «Гомсельмаш», 2022. – С. 3–8.

3. ЕСКД. Электронная модель детали : ГОСТ 2.056-2021. – Введ. 29.01.21 – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации .

4. РЛМ УРАЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.plm-ural.ru/>- Дата доступа 10.05.2023.

Представлено 22.05.2023