



**Докладчик:** Щеляев Александр Евгеньевич

**Образование:** Московский авиационный институт им. Серго Орджоникидзе  
Факультет «Авиационная техника», выпуск 2004г.

**Трудовой стаж:** работа в области проектирования авиационной техники  
Сотрудник ТЕСИС с 2004 г.

**Специализация:** Теоретические обводы, Внешняя аэродинамика ЛА,  
Проектирование ЛА

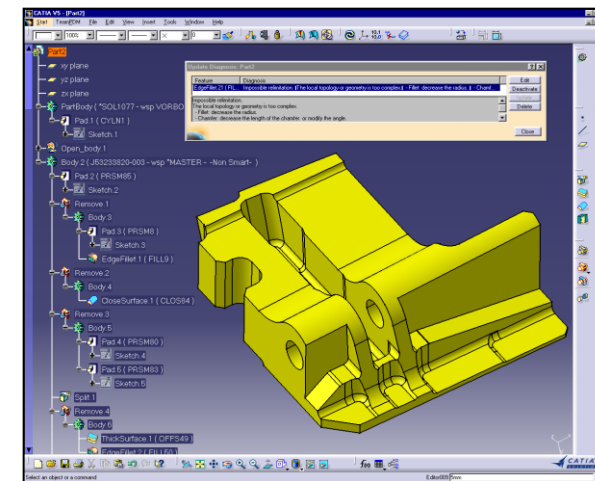
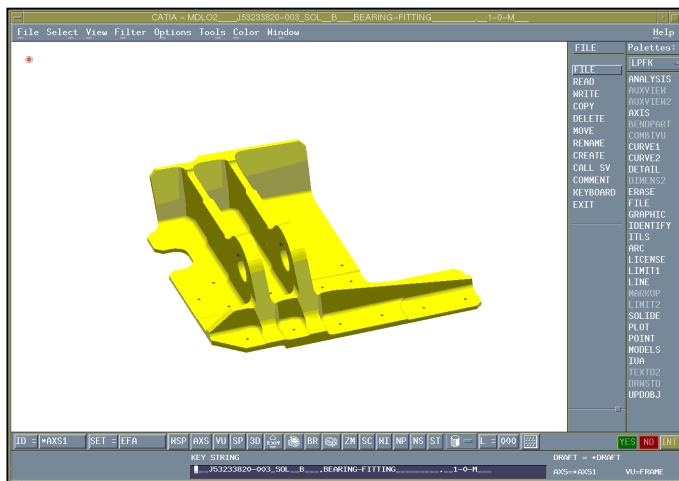
## Международный и отечественный опыт валидации и трансляции данных. Формат QIF

*Заседание комитета по ИКТ 25.08.2021*

Автор:

Александр Евгеньевич Щеляев

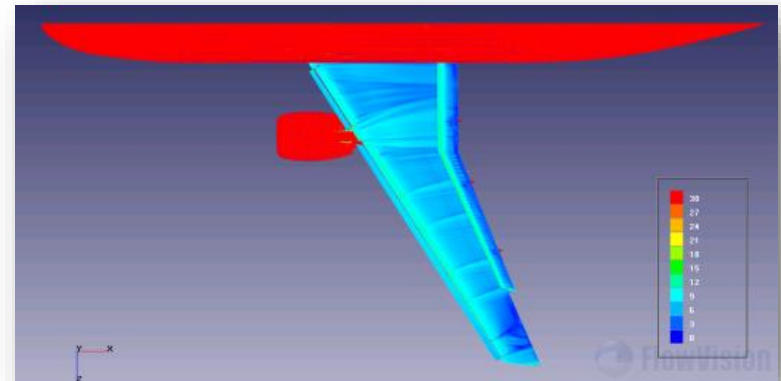
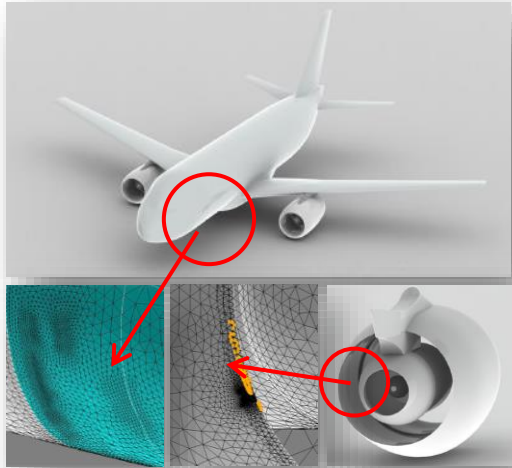
[alex@flowvision.ru](mailto:alex@flowvision.ru)



## Компания ТЕСИС

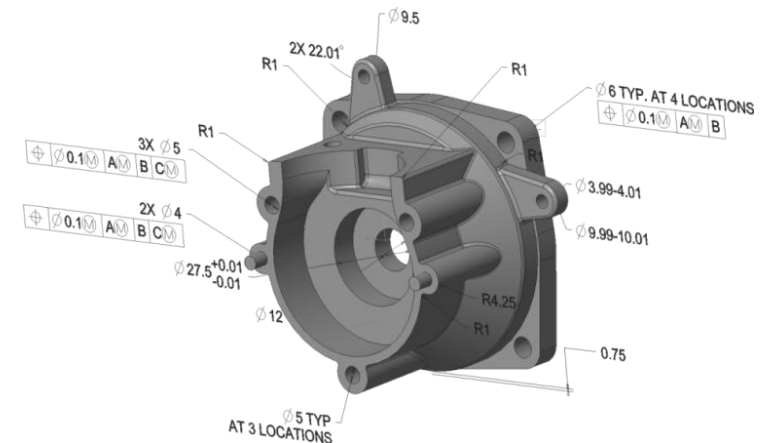
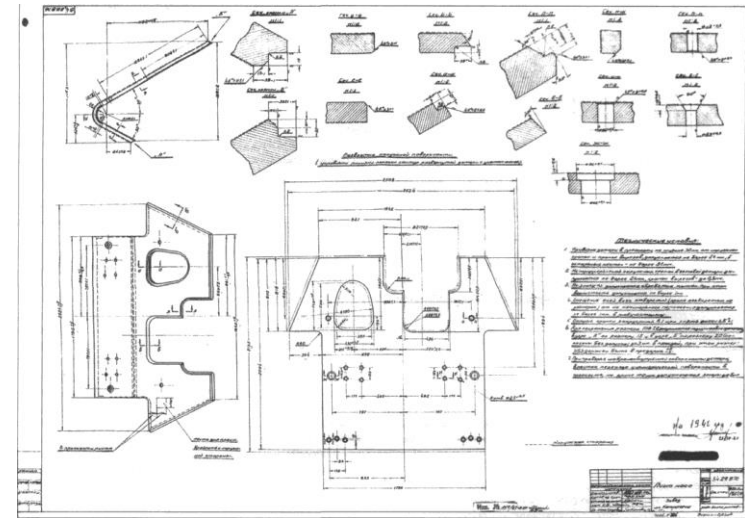
---

- Опыт разработки инструментов и методик в области передачи электронной модели между различными приложениями
- Опыт разработки инструментов и методик в области валидации электронной модели изделия
- Доступ к геометрическим ядрам ведущих разработчиков CAD-систем



# Современный технологический уклад

- Старый уклад – ЕСКД 68
  - Окончательное формирование облика ЕСКД в виде ГОСТ 2.001—70
  - Универсальная символично-графическая система обмена информацией в системе типа человек-человек
  - В поздние годы были внесены изменения в написание символов с целью оптимизацию под вывод данных на плоттере
  - Описание облика изделия через проекционные виды и комплект документации
- Новый уклад – Цифровое производство
  - Универсальная символично-графическая система обмена информацией в системе типа машина-машина
  - Все еще везде в процессе становления
  - Описание облика изделия через электронную модель изделия с техническими требованиями



## Цифровое производство

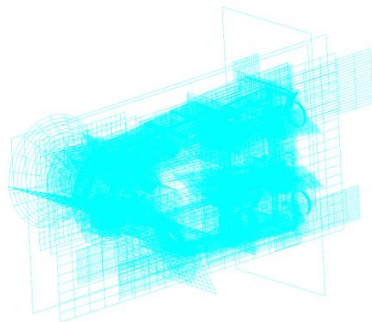
---

- Начало широкого фронта работ лежит в 60гг XX века в процессе развития станков и обрабатывающих центров с ЧПУ и автоматизации проектно-конструкторских работ за счет разработки технологий САПР
- Целью работы является:
  - Сокращение роли человека до принятия решения на принципиальных этапах, включая творческую составляющую
  - Автоматизация рутинных операций за счет:
    - механизации и роботизации производственного комплекса;
    - внедрения автоматических или автоматизированных методик конструирования и ТПП;
    - автоматизации бизнес-логики предприятия;
    - прочее.
- Автоматизация процесса предполагает жесткую регламентацию облика и содержания изделия оперируемыми ресурсами – материальными или информационными.

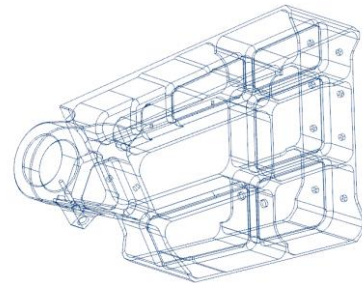
Пример: базирование заготовки требуемых габаритов на станке; формат данных на входе в станок ЧПУ

# Требования системы качества к электронной модели

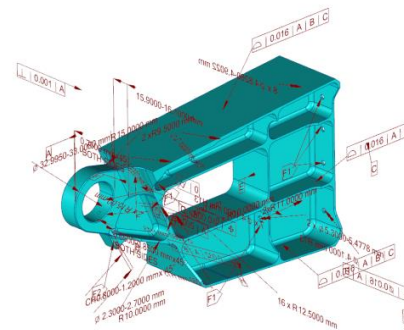
- Система контроля качества должна обеспечить целостность модели и данных в ней:
  - Геометрия и топология
  - Технические требования (PMI и GD&T данные), включая их правильную расстановку
  - Атрибуты
- Основным инструментом контроля является валидация/проверка модели и данных на соответствие требованиям



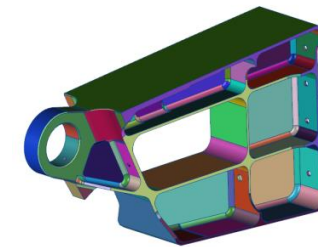
Геометрия



Топология

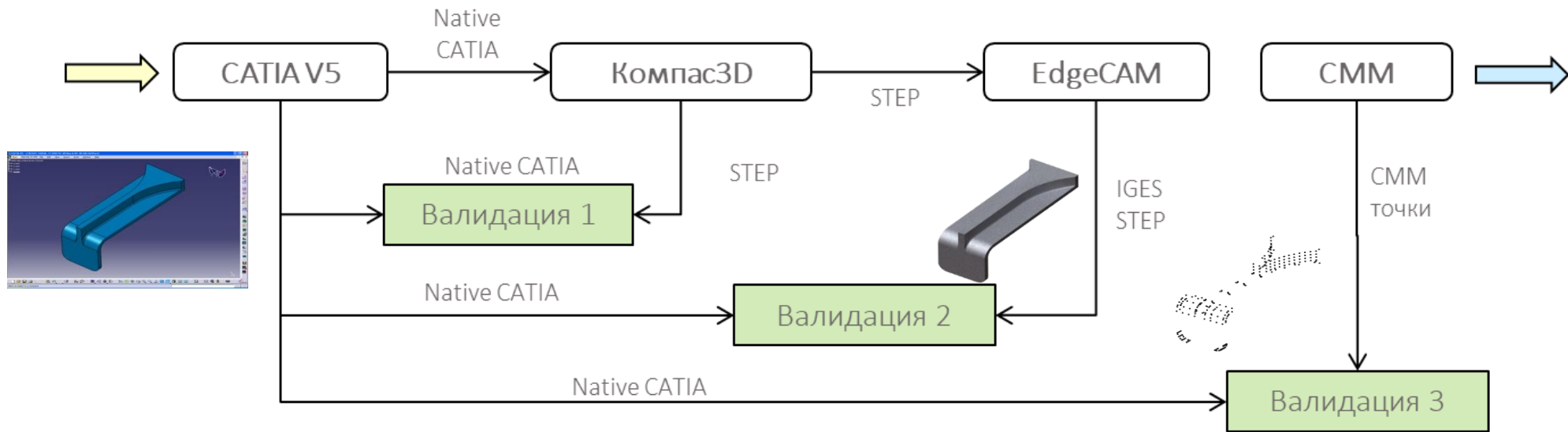


Технические требования  
PMI (GD&T, FT&A)



Атрибуты

## Валидация модели после трансляции - CompareVidia



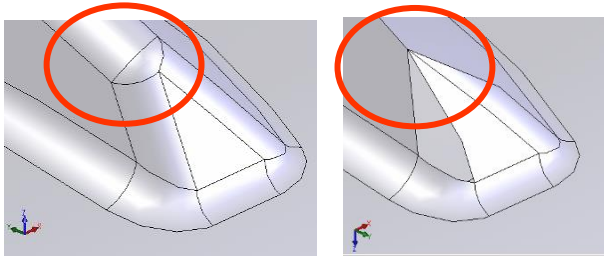
- Методология была предложена компанией **Boeing** и была оформлена в виде стандарта **D6-51991**, а впоследствии в виде приложения **CompareVidia**, которое используется у 90% смежников **Boeing** в США
- Проверка выполняется на четырех уровнях:
  - Интегральный – проверка площади поверхности, объема и геометрического центра модели;
  - Локальный – проверка каждой поверхности модели и элемента топологии на предмет искажения формы;
  - PMI – проверка технических требований на предмет их представления ил содержания;
  - Атрибуты – проверка атрибутов



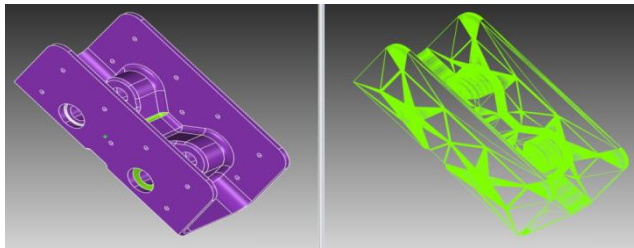
# CompareVidia

9.2 **Translations** - Suppliers are responsible for all dataset translations used for manufacturing and inspection, and must have a clear documented process for each. The documented process must include a method to verify the accuracy of translations. (See definitions for description of “translation”.)

FROM BOEING D6-51991-REV-J



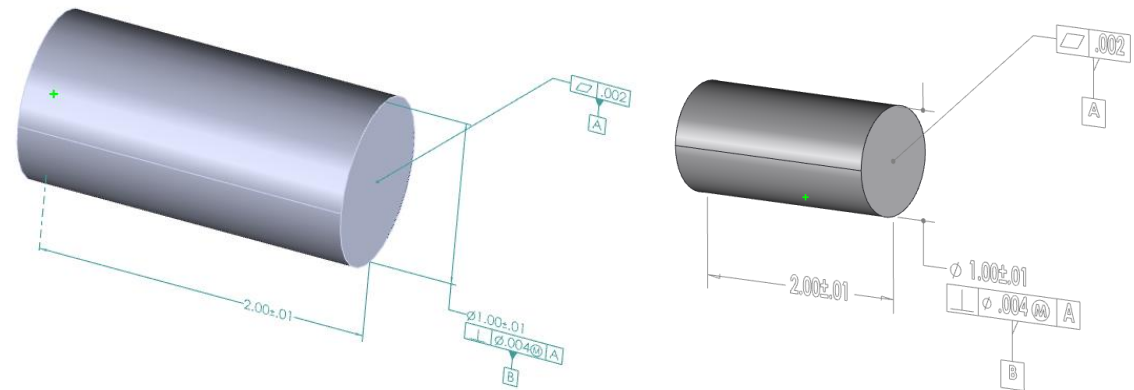
Контроль целостности обводов модели



Валидация сеточной модели по CAD-модели



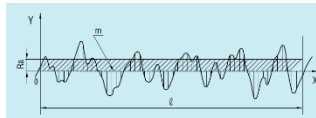
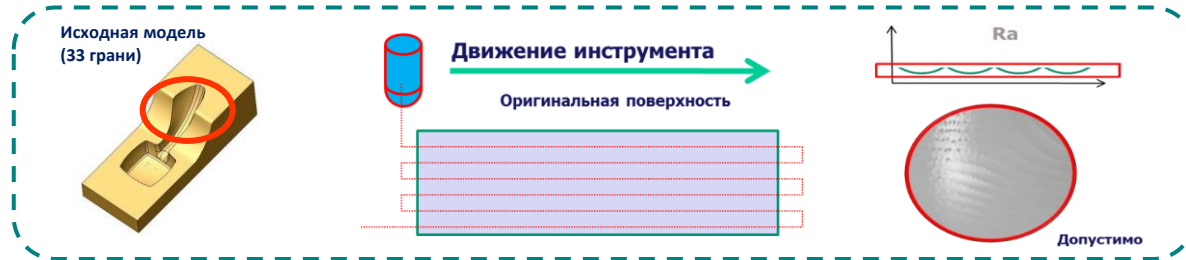
Автоматическое базирование



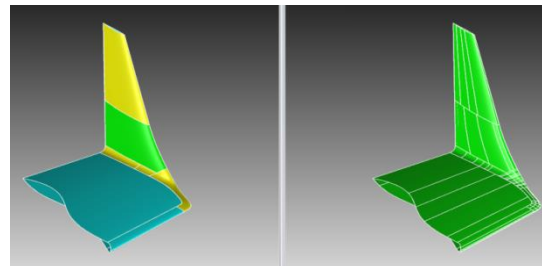
Проверка PMI на их содержимое и представление



# CompareVidia



Шероховатость Ra



Контроль топологии модели

- «Проходимость» инструмента
- Влияние топологии на маршрут инструмента
- Влияние маршрута на качество обработки

**CAD Model Validation Report**

Authority file: Pflpart V5.CATPart      Check file: Pflpart V5.stp

- General information	
Initial file name	Part1
Modification Date	05.11.11 13:08:31
Author	
Organization	
Source System	CATIA V5
Version	CATIAV5R19
Units	mm
Comment	
Tolerance	0.001000
Document Type	Part
Toolkit Version	_210003
	Pflpart V5
	05.11.11 14:39:44
	Wojtek Zietak
	Capvidia
	3DTransVidia 2011
	mm
	0.004233

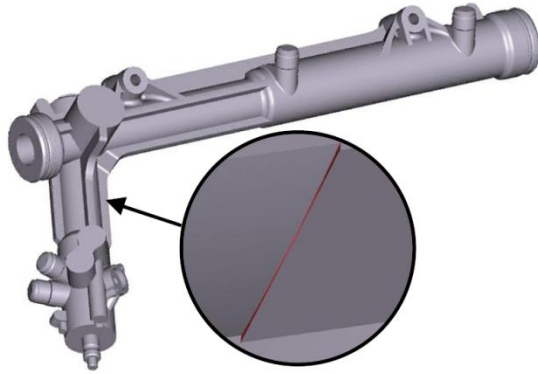
Validation: **Failed**

Date: Sat Nov 05 15:09:57 2011

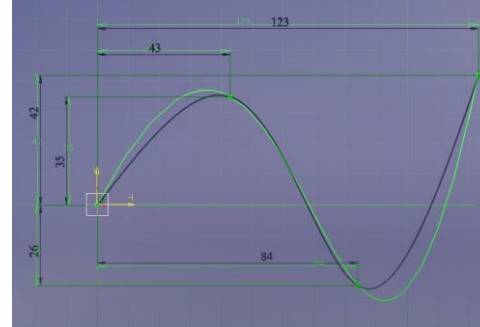
QA Acceptance Signature: \_\_\_\_\_ Stamp: \_\_\_\_\_

Автоматическая генерация отчета

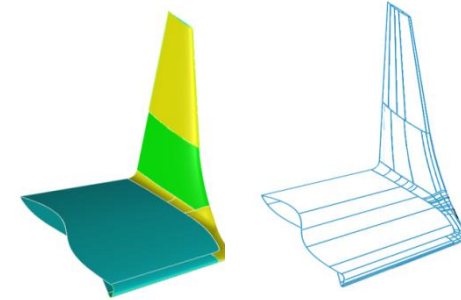
# 3DTransVidia и причины ошибок



Причина 1: человеческий фактор



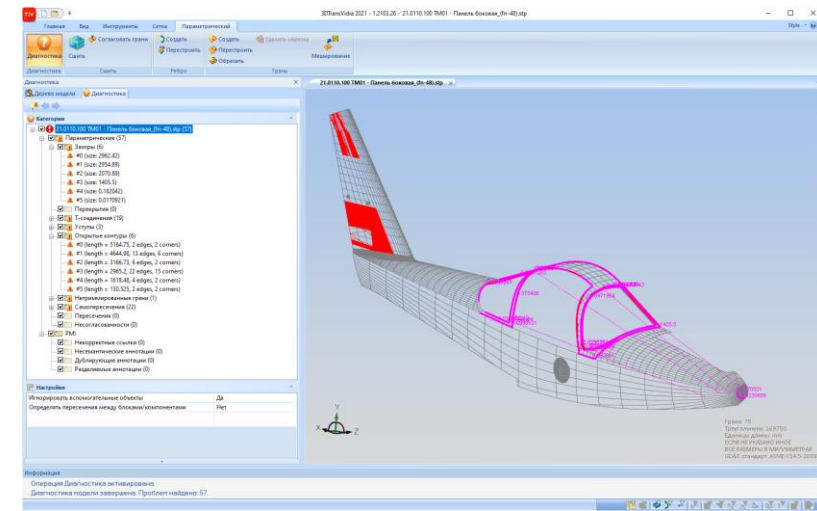
Причина 2: отличия в математике ядер



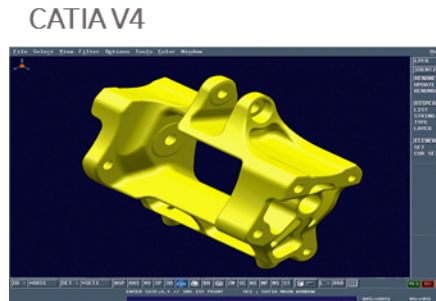
13 поверхностей 226 поверхностей

Причина 3: используемый формат данных

- 3DTransVidia обеспечивает передачу данных в одиночном и пакетном режимах между различными CAD-форматами на уровне детали и сборки
- В процессе чтения модели устраняется более 70 видов ошибок в описании геометрии и топологии в пределах заданной точности. Прочие ошибки устраняются дополнительными инструментами
- Чтение собственных форматов CAD-систем осуществляется с помощью лицензированных библиотек CAD-систем, а также методом прямого чтения



# Получение эталонной геометрии – QualityVidia в рамках PDQ процедуры

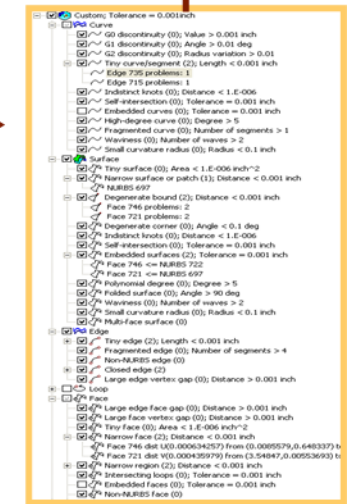


STEP  
0.004

3DTransVidia

STEP  
0.00004

CompareVidia



Нет

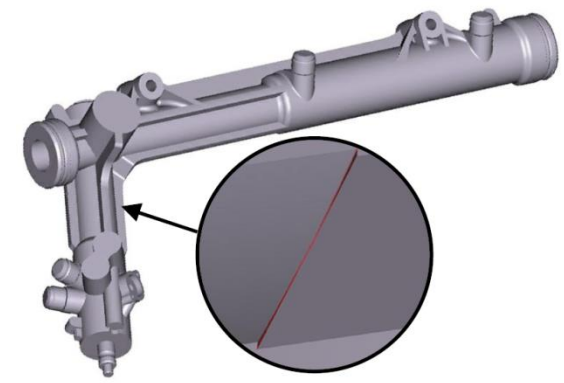
ДА

STEP Эталон

Проверка качества

Criteria
<b>Curve criteria</b>
Large curve or segment gap (G-CU-LG)
Non-tangent curves or segments (G-CU-NT)
<b>Surface criteria</b>
Fragmented surface (G-SU-FG)
Tiny surface or patch (G-SU-TI)
<b>Edge loop criteria</b>
Large edge gap (G-LO-LG)
<b>Face criteria</b>
Large edge face gap (G-FA-EG)
Large vertex gap (G-FA-VF)
Tiny face (G-FA-TI)
<b>Shell criteria</b>
Large face gap (G-SH-LG)
Free edge (G-SH-FR)
Over-used edge (G-SH-NM)
<b>Solid body criteria</b>
Embedded solids (G-SO-EM)

Проверка на соответствие требованиям качества






Пример: Микроуступы  
Причина: Неаккуратность конструктора

## Product Data Quality Check

- проверка модели на наличие геометрических элементов, не соответствующих требованиям стандарта предприятия под последующее применение

# Нейтральные форматы

PDF/E	JT	STEP
 <p><b>ISO 24517:2</b> Started in 2002</p> <p><b>Content</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 3D (precise and tessellated)</li><li>• Product Structure</li><li>• PMI</li></ul> <p><b>Use Cases</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• MBD</li><li>• 3D Visualization</li><li>• Archiving</li></ul> <p><b>Increasing usage in Model Based Enterprise</b></p>	 <p><b>ISO 14306</b> Started in 1990</p> <p><b>Content</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 3D (precise and tessellated)</li><li>• Product Structure</li><li>• PMI</li></ul> <p><b>Use Cases</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 3D Visualization</li><li>• DMU</li><li>• Archiving</li></ul> <p><b>Increasing usage in Engineering</b></p>	 <p><b>ISO 10303</b> Started in 1984</p> <p><b>Content</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 2D/3D (precise)</li><li>• Product Structure</li><li>• PMI</li><li>• Additional life cycle data</li></ul> <p><b>Use Cases</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• CAD/PLM Data Exchange</li><li>• Various AP</li><li>• LOTAR</li></ul> <p><b>High usage and wide dissemination</b></p>

- **STEP ISO 10303** – базовый открытый стандарт для долговременной архивации и обмена геометрической информацией. Развивается PDES Inc. и ProSTEP, низко мобилен в развитии, допускает трактования
- **JT ISO 14306** - стандарт для легковесного представления и обмена геометрической информацией. Развивается Siemens окружением под собственные нужды, допускает трактования
- **3DPDF ISO 24517** – стандарт для легковесного представления и просмотра трехмерных моделей

## Цифровое производство сегодня – Model Based Enterprise/Definition

---

- Электронная модель, как основа для определения параметров детали на производстве
  - Полное геометрическое описание обводов детали
  - Размещение технических требований на изготовление непосредственно на геометрических элементах модели
  - Задание технических требований для метрологического контроля непосредственно на геометрических элементах модели
- Производное использование
  - Разработка управляющих программ (G-code) для станков с ЧПУ с последующим запуском в производство
  - Разработка плана инспекции с последующей инструментальной проверкой и хранением данных в модели
- Долговременное архивирование

# Quality Information Framework

---

- Платформенно независимый формат на базе XML структуры
- Расширенное структурирование хранимых данных:
  - геометрическое описание поверхности
  - технические требования
    - результаты телеметрического контроля ЧПУ
  - требования метрологического контроля
    - результаты метрологического контроля
- Единое хранилище методологически связанных данных
- Расширение формата под дальнейший охват данных – CAM, CAE, долговременное архивирование, PDM модели



Mitutoyo



NIST



PAS TECHNOLOGY  
CMM Programming Automation

PS & DMIS  
PROGRAMMING SOLUTIONS FOR DMIS

RENISHAW  
apply innovation™

SIEMENS



Applied Automation Technologies

ADV|DM

Advanced Dimensional Management LLC

capvidia

Deere & Company

Honeywell

innovalia  
METROLOGY

KOTEM

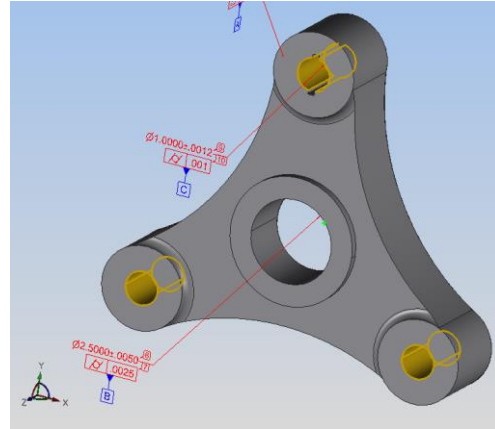
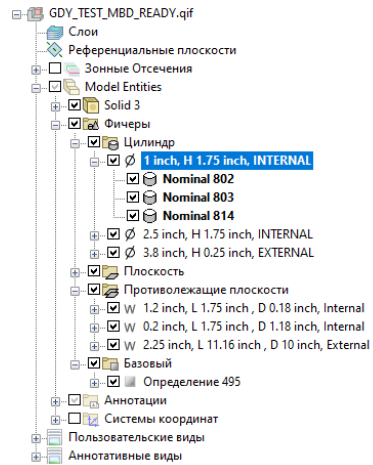
MBD 360  
MBD360 LLC

METROSAGE

University of North Carolina, Charlotte  
UNCC



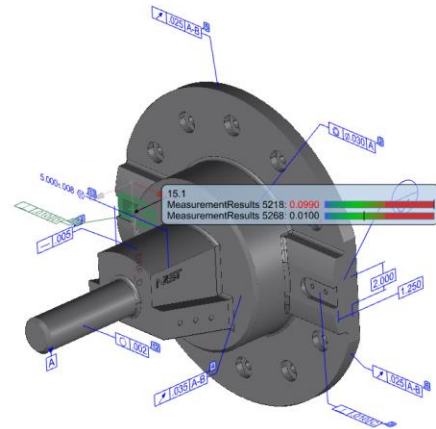
# Quality Information Framework



Тип отчета	Вид	Фичер	Имя аннотации	GD&T	(+)	/	(-)	DRF	Критичность	
✓	1	BA...	Generic 833	gp11	⊖ .05 [A] [B] [C] [D]	.05	-	-	AB⊖C⊖ Major	
✓	2	BO...	Cylinder 847	ad118	⊘3.800 ±0.12	.012	3.800	-0.12	-	Major
✓	4	DA...	Plane 813	gp1	∥ .0025	.0025	-	-	-	Critical
✓	6	DA...	Cylinder 805	ad75	⊘2.5000 +0.050	.0050	2.5000	-0.050	-	Critical
✓	7	DA...	Cylinder 805	gp3	∥ .0025	.0025	-	-	-	Critical
✓	9	DA...	Cylinder 814	ad76	⊘1.0000 +0.012	.0012	1.0000	-0.012	-	Critical
✓	10	DA...	Cylinder 814	gp2	∥ .001	.001	-	-	-	Critical
✓	12	FR...	Opposite Planes 821	ad89	2000 ±0.012	.0012	2000	-0.012	-	Major
✓	13	FR...	Opposite Planes 821	gp8	⊕ .0005 [A] [B] [C] [D]	.0005	-	-	AB⊖C⊖	Critical
✓	14	FR...	Opposite Planes 816	ad86	12000 ±0.050	.0050	12000	-0.050	-	Critical
✓	15	FR...	Opposite Planes 816	gp7	⊕ .0025 [A] [B] [C] [D]	.0025	-	-	AB⊖C⊖	Critical
✓	16	FR...	Generic 842	gp4	⊖ .05 [A] [B] [C] [D]	.05	-	-	AB⊖C⊖	Major
✓	18	FR...	Cylinder 802	ad80	⊘1.0000 ±0.025	.0025	1.0000	-0.025	-	Major
✓	19	FR...	Cylinder 803	ad80	⊘1.0000 ±0.025	.0025	1.0000	-0.025	-	Major
✓	19	FR...	Cylinder 802	gp5	⊕ .005 [A] [B] [C] [D]	.005	-	-	AB⊖C⊖	Critical
✓	19	FR...	Cylinder 803	gp5	⊕ .005 [A] [B] [C] [D]	.005	-	-	AB⊖C⊖	Critical
✓	20	XS...	Plane 822 - Plane 848	ad111	500 ±0.05	.005	500	-0.05	-	Critical
✓	21	XS...	Plane 822	gp12	∥ .0025 [A]	.0025	-	-	-	Critical

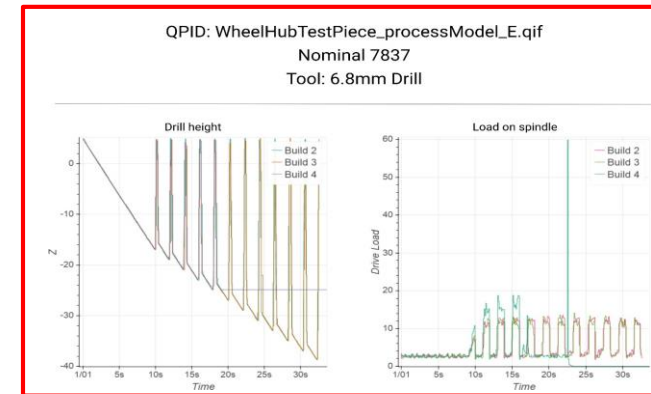
Структурированное параметрическое представление модели, как набора геометрических элементов

Использование технических требований (PMI), как числовых параметров для создания плана первичной проверки



Back	Forward	Generate Illustrations	Show Illustration	Import	Export	Bind	QPID: 153b4342-2480-4b12-471e-13b7ed37468f					
✓	2	MBD_A	Cylinder 5129	AE_GTOL9	⊕ .0030 [A]	0.03	-	-	A	Undefined	0.0100	0.0280
✓	3	MBD_A	Plane 5134	AE_GTOL13	∥ .0010 [C]	0.01	-	-	C	Undefined	0.0100	0.0100
✓	4	MBD_A	Plane 5133	AE_GTOL12	∥ .0035 [A-B]	0.035	-	-	A-B	Undefined	0.0250	0.0250
✓	5	MBD_A	Cylindrical Segment 5131	AE_GTOL10	∥ .0025 [A-B]	0.025	-	-	A-B	Undefined	0.0230	0.0230
✓	6	MBD_A	Cylindrical Segment 5132	AE_GTOL11	∥ .0025 [A-B]	0.025	-	-	A-B	Undefined	0.0100	0.0100
✓	10	MBD_B	Cylinder 5120 (B)	AE_DRIVEN...	⊘10.000 ±0.001	0.001	10	-0.001	-	Undefined	10.0000	10.0000
✓	12	MBD_A	Cylinder 5116 (A)	AE_GTOL1	⊖ .0002	0.002	-	-	-	Undefined	0.0010	0.0010
✓	13	MBD_A	Opposite Planes 5137	AE_DRIVEN...	5.000 ±0.008	0.008	5	-0.008	-	Undefined	4.9990	4.9990
✓	14	MBD_A	Cylindrical Segment 5125	AE_GTOL0	∥ .005	0.005	-	-	-	Undefined	0.0020	0.0020
✓	14	MBD_A	Line 5126	AE_GTOL0	∥ .005	0.005	-	-	-	Undefined	0.0010	0.0010
✓	15	MBD_A	Plane 5137	AE_GTOL8	∥ .0010 [D]	0.01	-	-	D	Undefined	0.0090	0.0100
✓	20	MBD_B	Cylinder 5120 (B)	AE_GTOL5	∥ .002 [A]	0.002	-	-	A	Undefined	0.0010	0.0010
✓	21	MBD_B	Plane 5135	AE_GTOL6	∥ .015 [B]	0.015	-	-	B	Undefined	0.1400	0.1500

Сбор и сортировка полученных характеристик контроля и анализ расхождения замеров по месту на модели



Добавление телеметрических данных станка – высокая нагрузка на шпиндель, как источник брака



## Заключение

---

1. Процедура трансляции геометрии должна быть принята в промышленности как технологическая операция со всеми сопутствующими мерами по ее контролю.
2. Требуется разработка и внедрение стандартов в области качества электронной модели.
3. Отечественная промышленность, в лице ее технологически развитых лидеров, вплотную подошла к мировому уровню в части своих производственных возможностей и начинает озабочиваться теми же проблемами цифрового производства, что и западные коллеги.
4. Практика перепечатывания зарубежных стандартов себя изживает, т.к. практически значимый национальный стандарт должен появляться исключительно как результат успешной апробации уже отработанной методики в отечественной промышленности.
5. Создание и развитие стандартов в области нового технологического уклада должно лечь на плечи экспертов из среды разработчиков CAD-систем и системообразующих отечественных предприятий, как непосредственных участников производственных отношений в данной области.