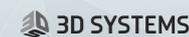




i3D

3D - INTEGRATION
Общий доклад по 3D-сканированию:
Поверка и сертификация устройств, погрешность измерений,
методики, программное обеспечение





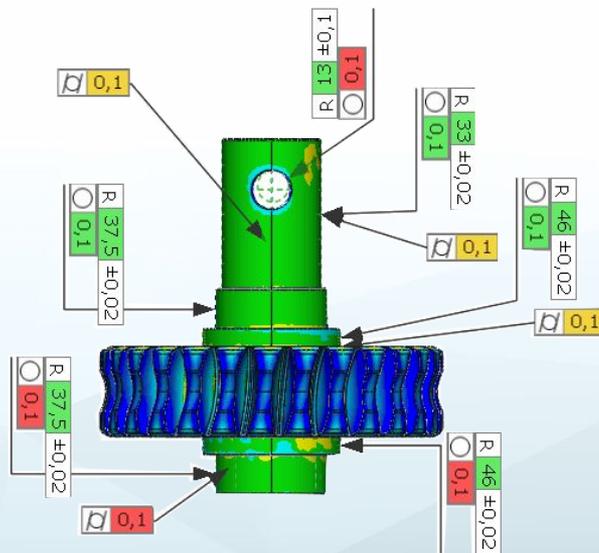
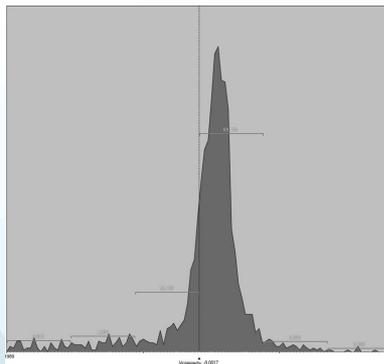
Яков Бондарев – специалист по 3D-сканированию и аддитивным решениям компании

i3D
С 2010 года работаю с 3d-моделированием (проектирование, композитные материалы, ЧПУ обработка)
с 2014 год работаю в сфере аддитивных технологий (3D-сканирование, обработка данных, 3D-моделирование, 3D-

печать)
Контактные данные:

Телефон +7(926)555-73-30

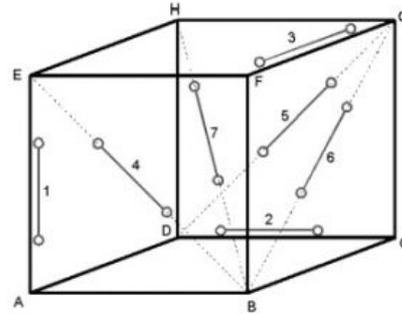
Почта bondarev@i3d.ru



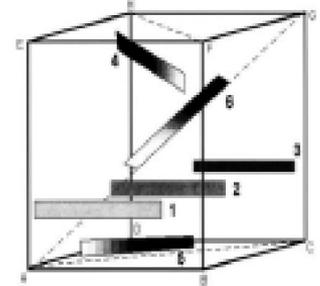
$$\Delta S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n} - S_0 \right) \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n S_{ij}}{n})^2}{n-1}}$$



VDI/VDE 2634



Объёмная погрешность измерений



Измерение плоскостной ошибки

Единственным в общемировом стандартом трехмерного изображения является VDI/VDE 2634, который является немецким стандартом, впервые опубликованным в августе 2002 года. Пересмотрен для задач захвата нескольких изображений в декабре 2008 года.

Лазерная интерферометрическая измерительная система Renishaw XL-80



Согласно VDI 2634, часть 3 стр.

11:

1. Пространственная диагональ измеряемого объема для приемочного испытания должна в 2 раза превышать рабочий объем датчика. Максимальная длина, подлежащая проверке, должна составлять не менее $\frac{2}{3}$ длины пространственной диагонали измеряемого объема. Наименьшая длина, подлежащая проверке, не должна быть меньше, чем $\frac{2}{3}$ самой короткой длины стороны при измерении объема. По возможности, следует избегать исследования двух сфер артефакта в одном изображении. Выделение сфер осуществляется с использованием точек измерения, распределенных как можно более равномерно по всей поверхности
2. По возможности избегать снимков двух сферических артефактов на одном изображении.

Насколько это позволяет измерительная система, испытания должны проводиться с измеряемым объемом в форме кубоида, который больше, чем датчик, измеряющий объем. Если не согласовано иное, пространственная диагональ измеряемого объема должна, по меньшей мере, в два раза превышать длину измерительного объема датчика. Максимальная длина, подлежащая проверке, должна составлять не менее $\frac{2}{3}$ длины пространственной диагонали измеряемого объема. Наименьшая длина, подлежащая проверке, не должна быть меньше, чем $\frac{2}{3}$ самой короткой длины стороны при измерении объема. По возможности, следует избегать исследования двух сфер артефакта в одном изображении. Выделение сфер осуществляется с использованием точек измерения, распределенных как можно более равномерно по всей поверхности

All rights reserved. © Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf 2008

VDI/VDE 2634 Blatt 3 / Part 3 - 11 -

Erfolgt durch den Hersteller keine Spezifikation des Materials und die Oberfläche des Prüfkörpers, sind diese frei wählbar.
Die Kalibrierunsicherheit des Prüfkörpers muss dokumentiert und deutlich kleiner als die vom Hersteller angegebene maximale zulässige Kugelabweichung des zu prüfenden Messsystems sein (siehe hierzu DIN EN ISO 14253-1). Die Abstände wie auch die Form aller für die Prüfung benötigten Ansatzformelemente eines Prüfkörpers müssen kalibriert und die Rundheit der Ansatzformelemente sollte vorzugsweise klein sein.

If the manufacturer does not specify the material and the surface of the artefact, these are freely selectable.
The calibration uncertainty of the artefact must be documented and distinctly smaller than the maximum permissible sphere spacing error stated by the manufacturer for the measuring system to be tested (cf. DIN EN ISO 14253-1). Both the spacings and the form of all probed elements of an artefact must have been calibrated and the roughness of the elements to be probed should be negligibly small.

4.2.3 Durchführung
Die vom Hersteller angegebene Kugelstandsabweichung SD muss an gesamten Messvolumen für jede beliebige Anordnung des Prüfkörpers eingehalten werden. Ihre Bestimmung erfolgt nachprobewertung an sieben vorteilhaftesten Positionen. Es wird empfohlen, den Prüfkörper, wie in Bild 3 dargestellt, aufzustellen und zu messen.

4.2.3 Procedure
The sphere spacing error SD specified by the manufacturer must be complied with in the whole measuring volume for any arrangement of the artefact. Its determination is carried out on a random basis in seven different positions. It is recommended to arrange and measure the artefact as represented in figure 3.

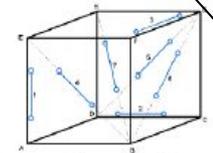


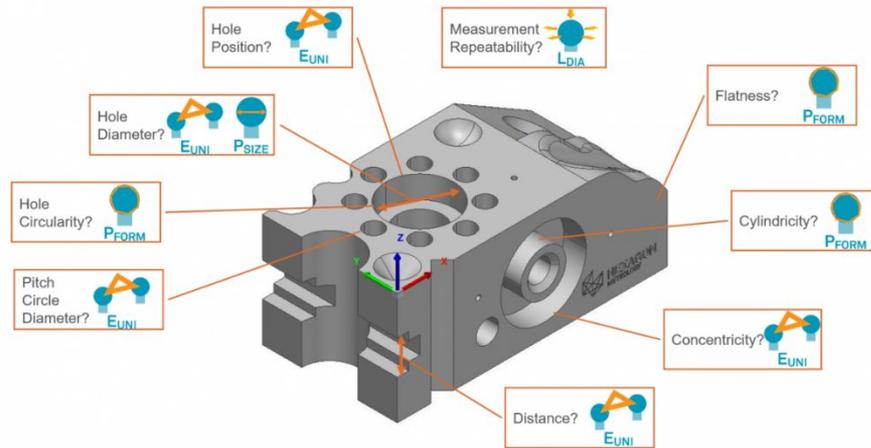
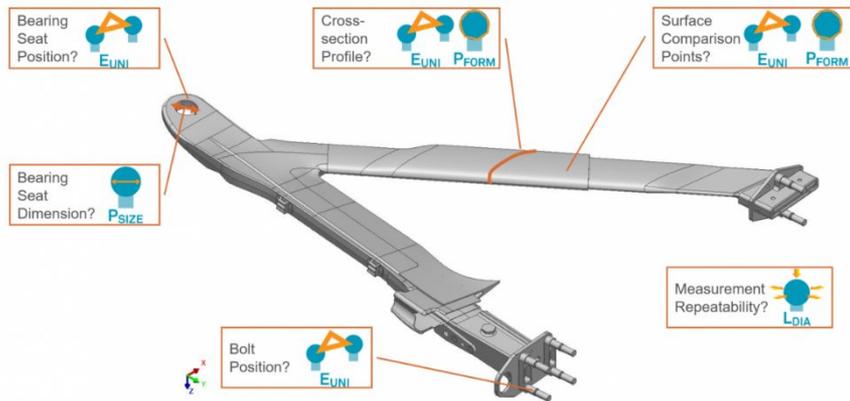
Bild 3. Empfehlung für die Anordnung von Prüfkörpern bei der Bestimmung der Kugelstandsabweichung

Figure 3. Recommended arrangement of artefacts for the determination of the sphere spacing error

Soweit das Messsystem es ermöglicht, wird für die Prüfung ein quaderförmiges Messvolumen empfohlen, das größer ist als das Sensormessvolumen. Wenn nicht anders vereinbart ist, sollte die Raumdiagonale des Messvolumens mindestens doppelt so lang sein wie die des Sensormessvolumens.
Die größte zu prüfende Länge muss mindestens $\frac{2}{3}$ der Länge der Raumdiagonalen des Messvolumens betragen. Die kleinste zu prüfende Länge sollte nicht kleiner als $\frac{2}{3}$ der kürzesten Seitenlänge des Messvolumens sein.
Die Anordnung beider Kugeln des Prüfkörpers in einer Ansicht soll möglichst vermeiden werden. Die Messung des Kugeln erfolgt durch möglichst gleichmäßig auf der gesamten Oberfläche verteilte Messpunkte.

As far as permitted by the measuring system, testing should be carried out with a measuring volume in the form of a cuboid which is greater than the sensor measuring volume. Unless agreed otherwise, the spatial diagonal of the measuring volume should at least have twice the length of the sensor measuring volume.
The greatest length to be tested must at least be $\frac{2}{3}$ the length of the spatial diagonal of the measuring volume. The smallest length to be tested should not be smaller than $\frac{2}{3}$ the shortest length of side of the measuring volume.
If possible, probing of the two spheres of the artefact in one image should be avoided. The measurement of the spheres is carried out using measuring points distributed as uniformly as possible over the whole surface.

Сканирование различной геометрии = различная погрешность



Стандарт ISO 10360-12 для шарнирных КИМ

Применяется так же для мобильных КИМ

**Линейные размеры; Сферы и цилиндры
Позиции отверстий; Конусы и т.д.**

**Допуски форм и расположения:
Концентричность, Цилиндричность и т.д.**



Каждый лазерный 3D-сканер Scantech перед отгрузкой клиенту проходит ряд тестов по методике соответствующей Стандарту VDI/VDE 2634 И комплектуется сертификатом о прохождении испытаний

Эталон	Расстояние между сферами 1000,9099 мм				
Температура	20° C				
№ Теста	1	2	3	4	5
Данные	1000,9087	1000,9042	1000,9018	1000,9075	1000,9028
Отклонение	0,0012	0,0057	0,0081	0,0024	0,0071
Результат, мм	Максимальное отклонение 0,0081				
	Минимальное отклонение 0,0012				
	Среднее отклонение 0,0049				

SCANTECH Hangzhou Scantech CO., Ltd
 Add: Building4 Room607, Zhejiang Overseas High-level Talents Innovation Park, NO.998 WenYi West Road, Hangzhou
 Tel: 86-4008809059
 E-mail: sales@scantech.com

TEST REPORT

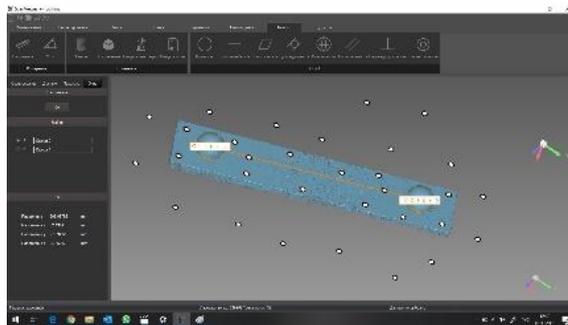
NO: 2019011701

Product Name	Handheld 3D Scanner	Type	AXE-G7		
S/N	SK00HX0E0032	Date	2019.1.17		
Items	Sphere center distance				
Criterion	The step gauge which was standardized according to the JJF 1258-2010				
Standard	The standard distance is 1000.9099mm				
Temperature	20°C				
Test Times	1	2	3	4	5
Data	1000.9087	1000.9042	1000.9018	1000.9075	1000.9028
Deviation	0.0012	0.0057	0.0081	0.0024	0.0071
Conclusion	The maximum deviation: 0.0081				
	The minimum deviation: 0.0012				
	The average deviation: 0.0049				
Comment	The test items meet the requirement of VDI/VDE 2634 part 2.				
	Inspector:				

Пример тестирования ручного лазерного 3D-сканера ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ



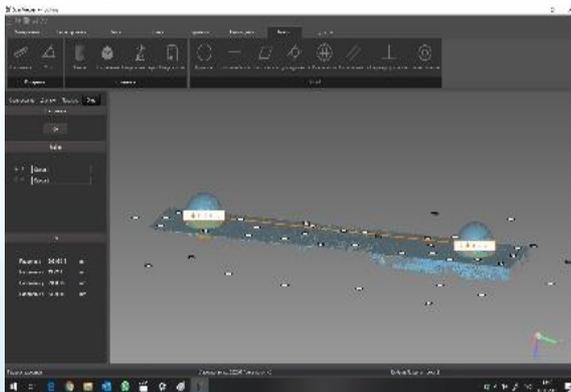
ScanTech Prince775



Ball Plate



Размер эталона 299,959
МКМ



Температура
в помещении – 22
С°

Общее время
ТЮСТОВ

1 час 34 минуты

РЕЗУЛЬТАТЫ СКАНИРОВАНИЯ ЭТАПОННОГО ОБЪЕКТА

№ ТЕСТА / ТИП ЛАЗЕРА	РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЙ	ОТКЛОНЕНИЕ ОТ ЭТАЛОНА	ДАТА / ВРЕМЯ
ТЕСТ 1 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,949 мм	10 МКМ	10/09 – 11:48
ТЕСТ 2 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,953 мм	6 МКМ	10/09 – 12:06
<u>ТЕСТ 3 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР</u>	<u>299,958 мм</u>	1 МКМ	10/09 – 12:18
ТЕСТ 4 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,955 мм	4 МКМ	10/09 – 12:24
ТЕСТ 5 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,953 мм	6 МКМ	10/09 – 12:29
ТЕСТ 6 / СИНИЙ ЛАЗЕР	299,955 мм	4 МКМ	10/09 – 12:33
ТЕСТ 7 / СИНИЙ ЛАЗЕР	299,941 мм	18 МКМ	10/09 – 12:39
ТЕСТ 8 / СИНИЙ ЛАЗЕР	299,938 мм	21 МКМ	10/09 – 12:46
ТЕСТ 9 / СИНИЙ ЛАЗЕР	299,941 мм	18 МКМ	10/09 – 12:49
ТЕСТ 10 / СИНИЙ ЛАЗЕР	299,939 мм	20 МКМ	10/09 – 12:52
ТЕСТ 11 / СИНИЙ ЛАЗЕР	299,939мм	20 МКМ	10/09 – 12:54
ТЕСТ 12 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,953 мм	6 МКМ	10/09 – 13:02
ТЕСТ 13 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,954 мм	5 МКМ	10/09 – 13:06
ТЕСТ 14 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,956 мм	3 МКМ	10/09 – 13:09
<u>ТЕСТ 15 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР</u>	<u>299,930 мм</u>	29 МКМ	10/09 – 13:19
ТЕСТ 16 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,946 мм	13 МКМ	10/09 – 13:22
СРЕДНЕЕ ОТКЛОНЕНИЕ 10,375 МКМ		ЛУЧШИЙ РЕЗУЛЬТАТ – 1 МКМ (тест 3)	ХУДШИЙ РЕЗУЛЬТАТ – 29 МКМ (тест 15)

Размер эталона 299,959

МКМ

Пример тестирования ручного лазерного 3D-сканера результаты с использованием климатической камеры



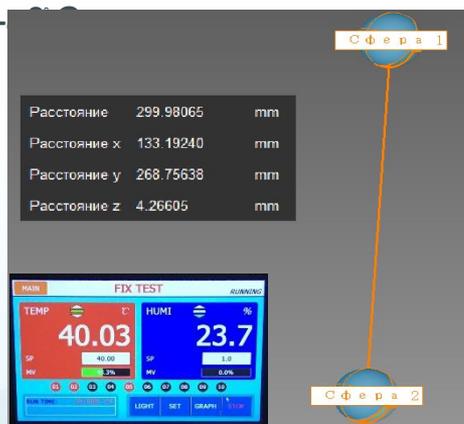
Климатический тест 3D-сканера ScanTech PRINCE775 – размер эталонного объекта – 299.959

Температурный тест при



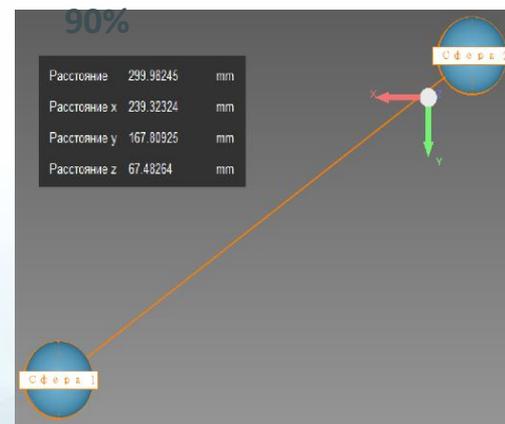
Отклонения 18
МКМ

Температурный тест при



Отклонения 21
МКМ

Тест при влажности



Отклонения 23
МКМ

результаты сканирования эталонного объекта

№ ТЕСТА / ТИП ЛАЗЕРА	РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЙ	ОТКЛОНЕНИЕ ОТ ЭТАЛОНА	ДАТА / ВРЕМЯ
ТЕСТ 1 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	<u>299,956 мм</u>	3 мкм	16/01/2020 – 12:35
ТЕСТ 2 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,946 мм	13 мкм	17/01/2020 – 14:48
<u>ТЕСТ 3 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР</u>	299,949 мм	10 мкм	17/01/2020 – 14:51
ТЕСТ 4 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,947 мм	13 мкм	17/01/2020 – 14:56
ТЕСТ 5 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,946 мм	13 мкм	17/01/2020 – 15:00
ТЕСТ 6 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,941 мм	18 мкм	17/01/2020 – 15:03
ТЕСТ 7 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,949 мм	10 мкм	17/01/2020 – 15:07
ТЕСТ 8 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,936 мм	22 мкм	17/01/2020 – 15:15
ТЕСТ 9 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,939 мм	20 мкм	17/01/2020 – 15:18
ТЕСТ 10 / КРАСНЫЙ ЛАЗЕР	299,939 мм	20 мкм	17/01/2020 – 15:24
ТЕСТ 11 / СИНИЙ ЛАЗЕР	299,950мм	9 мкм	16/01/2020 – 12:15
ТЕСТ 12 / СИНИЙ ЛАЗЕР	299,948 мм	11 мкм	17/01/2020 – 15:34
ТЕСТ 13 / СИНИЙ ЛАЗЕР	299,963 мм	4 мкм	17/01/2020 – 15 : 42
СРЕДНЕЕ ОТКЛОНЕНИЕ 12,238 мкм Размер эталона 299,959 мм		ЛУЧШИЙ РЕЗУЛЬТАТ – 3 мкм (тест 1)	ХУДШИЙ РЕЗУЛЬТАТ – 22 мкм (тест 8)

ММ

Точность и повторяемость на эталонах

Отклонения – Ball Plate (299,959мм)



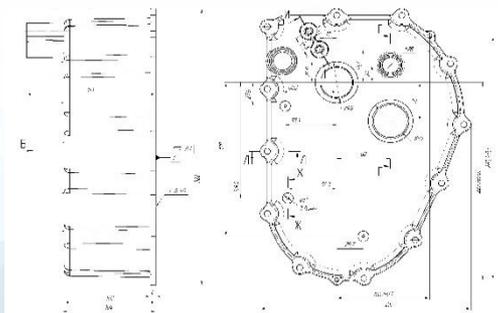
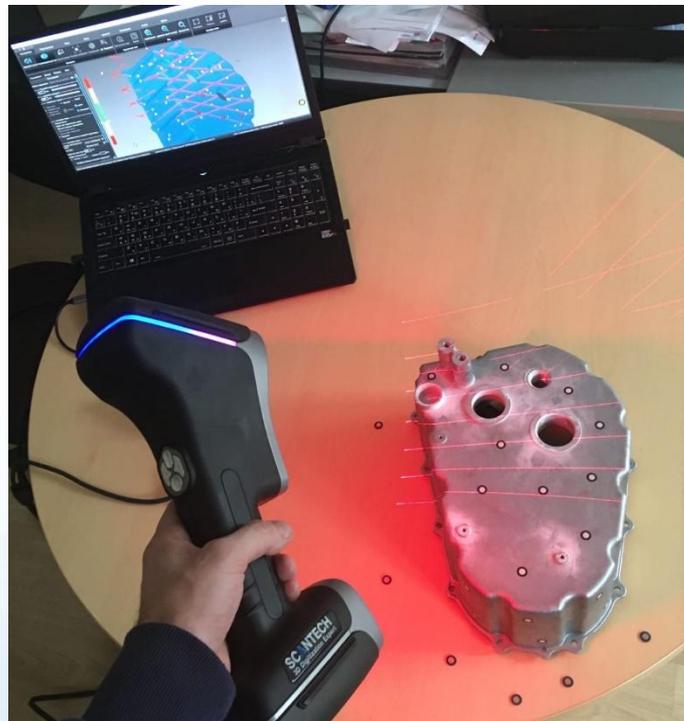
№ 76939



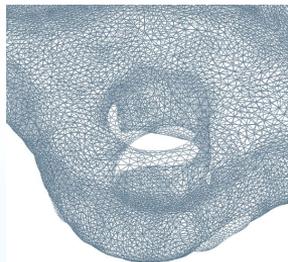
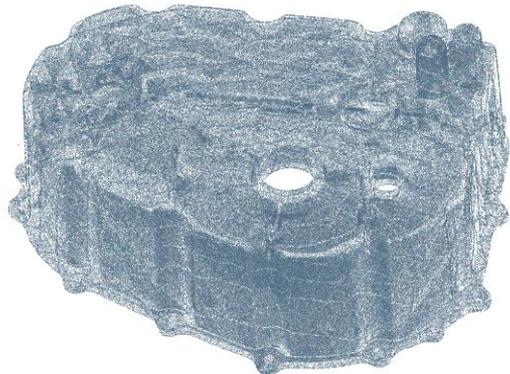
№ 77021

**Модель сканера
Prince775**

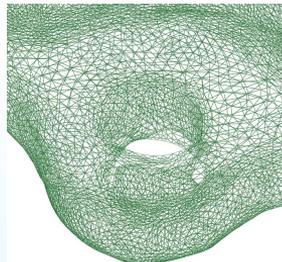
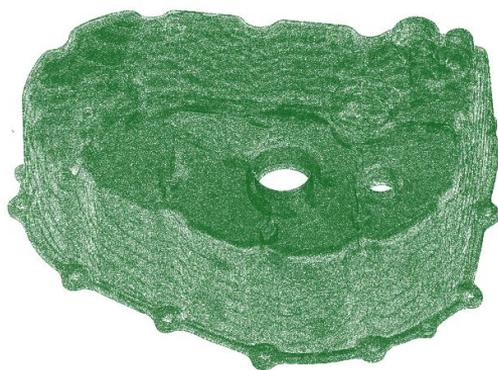
**Модель сканера
KScan20**



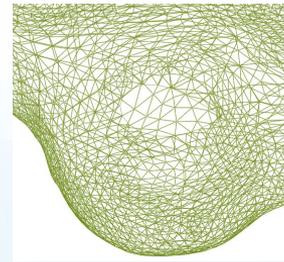
Крышка вариатора – алюминиевая отливка с мех. обработкой



- Разрешение сетки 0,3мм
- 2 933 625 точек
- 4 004 004 Полигона
- Размер файла – 190 мб

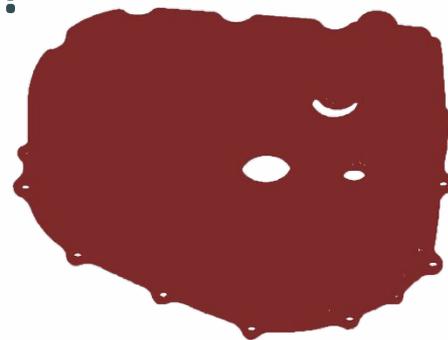
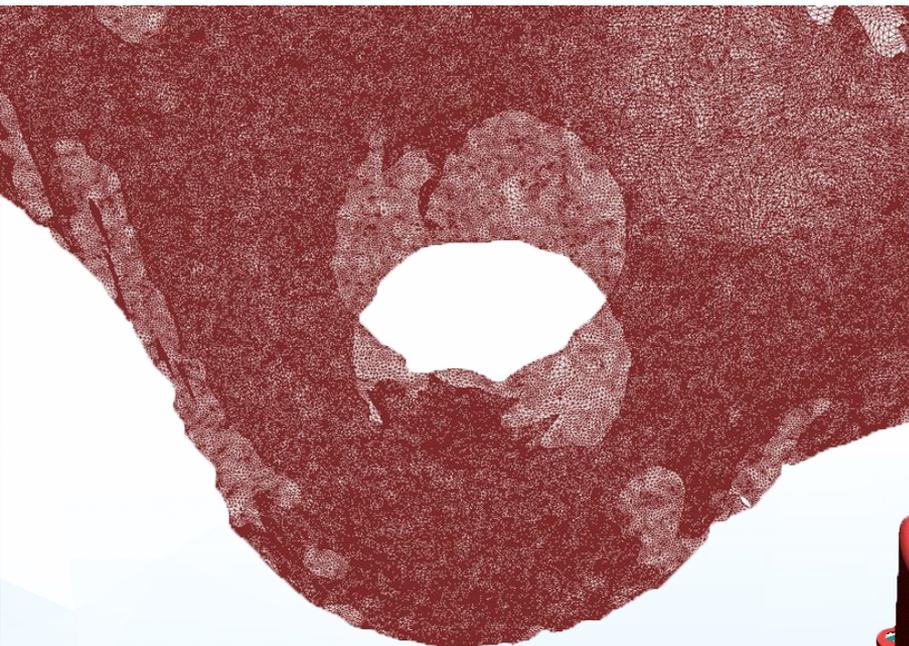


- Разрешение сетки 0,5мм
- 856 812 точек
- 1 708 036 Полигонов
- Размер файла – 81,4 мб



- Разрешение сетки 1 мм
- 337 557 точек
- 671 800 Полигонов
- Размер файла – 32 мб

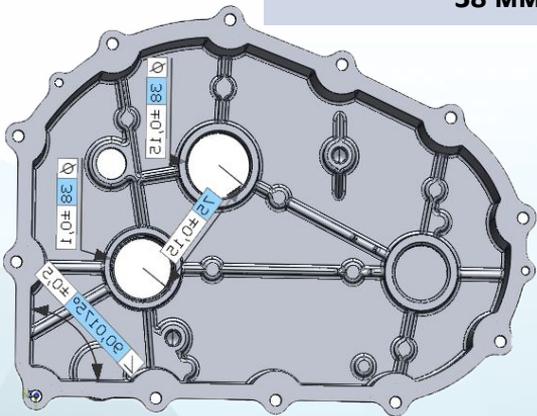
Что мы можем сказать о точности?! Какой из сканов наиболее точный?!



- Разрешение сетки 0,1мм
- 34 290 543 точки
- 68 216 878 Полигонов
- Размер файла – 3.17 ГБ

Что мы можем сказать о точности?! Какой сканов наиболее точный?!

Разрешение скана	Посадочное место цилиндр № 1 (диаметр)	Посадочное место цилиндр № 2 (диаметр)	Межцентровое расстояние	Угол между плоскостями
0,1 мм	38,036 мм	38,042 мм	74,991 мм	90,11°
0,3 мм	38,048 мм	38,044 мм	74,992 мм	90,1°
0,5 мм	38,026 мм	38,017 мм	74,996 мм	90,08°
1 мм	38,022 мм	38,013 мм	74,995 мм	90,08°
Эталонные размеры				
	38 мм	38 мм	75 мм	90,0175°



Важно - Разрешение НЕ РАВНО точности!!!
Мы ничего не можем сказать о точности по разрешению сканирования. Вершины полигонов совпадают
Разрешение в большей степени отвечает за детализацию

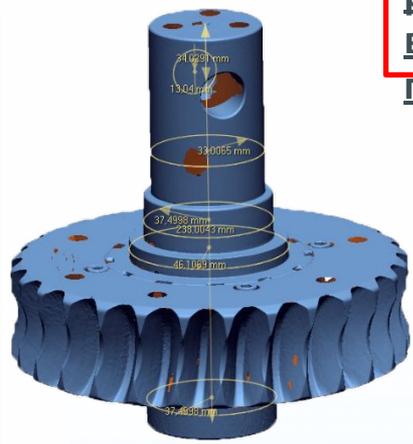
Сканирование и контроль сборки вал + венец



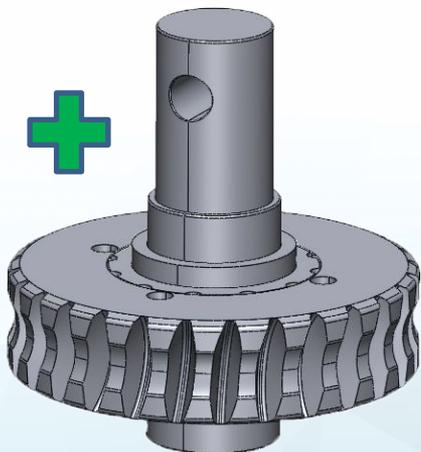
SCANTECH
3D Digitization Expert

Cx Geomagic® Control X

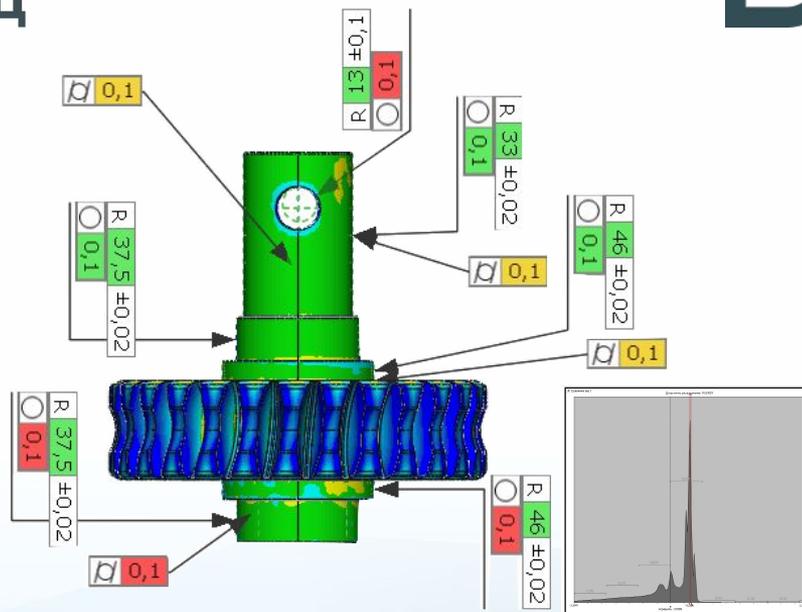
**Ручные сканеры могут
работать в условиях цеха и не
восприимчивы
к
производственным вибрациям !**



Ска
н



CAD



Имя	Название результатов	Допуск	Откл.	Эталонное значение	Изм. Значение
Линейный размер1	Данные результата - 1	±0,2	-0,0166	238	237,9834
Линейный размер2	Данные результата - 1	±0,1	0,0165	27	27,0165
Линейный размер3	Данные результата - 1	±0,15	-0,0085	84	83,9915
Линейный размер4	Данные результата - 1	±0,15	0,048	60	60,048
Линейный размер5	Данные результата - 1	±0,15	0,0052	34	34,0052
Радиальный разм.1	Данные результата - 1	±0,02	0,0032	46	46,0032
Радиальный разм.2	Данные результата - 1	±0,02	-0,0018	46	45,9982
Радиальный разм.3	Данные результата - 1	±0,02	0,0052	37,5	37,5052
Радиальный разм.4	Данные результата - 1	±0,02	0,0063	33	33,0063
Радиальный разм.5	Данные результата - 1	±0,02	-0,0088	37,5	37,4912
Радиальный разм.6	Данные результата - 1	±0,1	-0,0267	13	12,9733

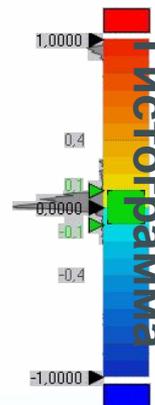
Софт и ВОЗМОЖНОСТИ



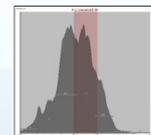
Ска
н

CAD

3D-
сравнение



Цветовая шкала



Мин.	-1,0905
Макс.	1,0074
Сред.	-0,1689
RMS	0,3608
Стд. Откл.	0,3188
Где.	0,1016
Сред. +	0,1854
Сред. -	-0,329
В поле деп. (%)	41,8634
Вне поле деп. (%)	58,1366
Макс. Положительная погрешность (%)	12,5813
Макс. отрицательная погрешность (%)	45,5553

Исходные данные
Процесс сканирования
Данные результата -1

- Эталонные данные
- Измеренные данные
- Построенная геометрия
- Селекционный
- Карта сопоставлений
- Анализ
- Сравнить
 - 3D Сравнение вид 1
 - 2D Сравнить1
- 3D (6/26/1)
- Диаметры Ваза
- Геометрические погрешности
- Перпендикулярное сечение
- Аэродинамическая поверхность
- Местоположение отклонения
- Кривые
- Порядок отбора образца
- Собственные виды

Навигатор по результатам

Построенная геометрия

Точка Вектор Плоскость Цилиндр

Размер Линейный размер Угловой размер Радиальный размер Эллиптический размер

Задание геометрических погрешностей

Построенная геометрия

Данные Прямолинейность Плоскостность Круглость Цилиндричность Параллелизм Перпендикулярность Погрешность угла Позиция Концентричность Симметричность Профиль линии Профиль поверхности Биение

Задание геометрических погрешностей

Софт и ВОЗМОЖНОСТИ



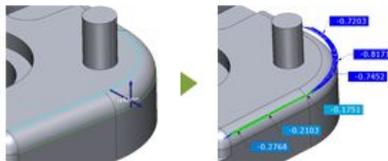
Отклонение границы

Сравнить и отобразить отклонения границы между эталонными и измеренными данными.



Отклонение виртуального ребра

Сравнить и отобразить отклонения для эталонных и измеренных данных реального или теоретического острого ребра.



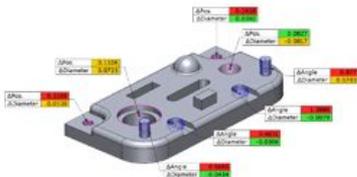
Отклонение силуэта

Сравнить силуэты эталонных и измеренных данных для отдельного направления и отобразить отклонения.



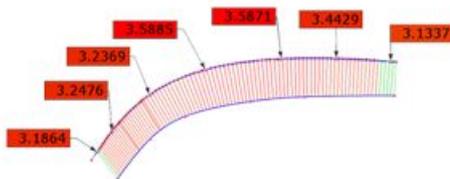
Отклонение геометрии

Отобразить эталонные и измеренные позиции любого геометрического элемента, а также рассчитанные внутренние отклонения между двумя построенными геометриями



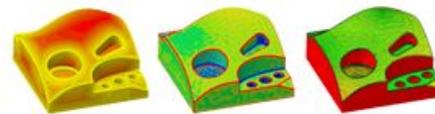
Отклонение кривой

Сравнить и отобразить отклонения между эталонной кривой и измеренной кривой.

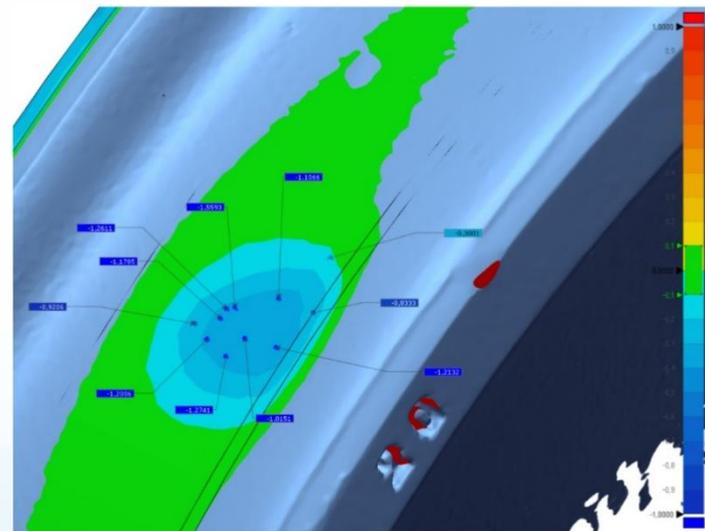
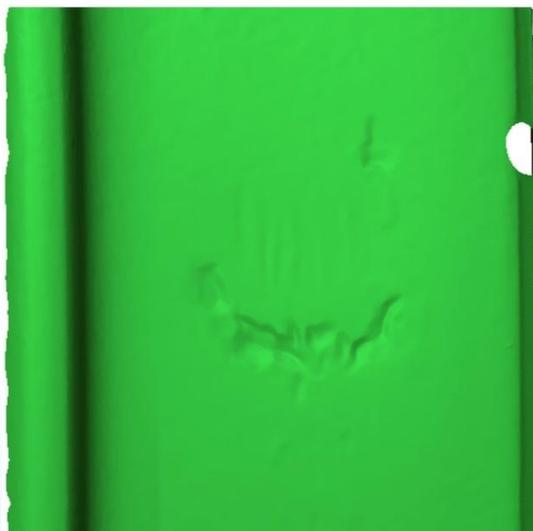
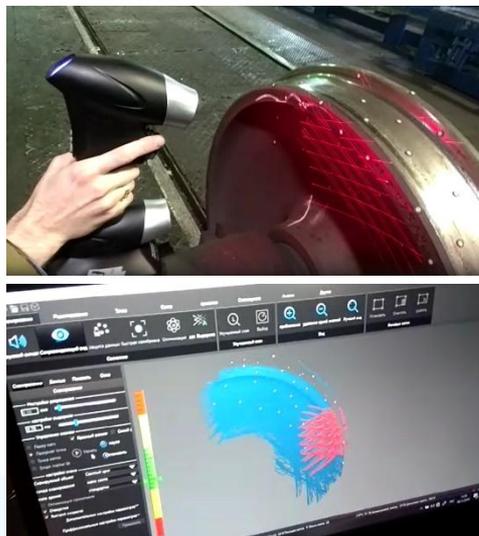


График

Анализировать и отобразить результаты для измеренных данных по толщине, кривизне и углу. Эталонные данные не требуются.



3D-сравнение	2D-сравнение	Точка сравнения	Отклонение границы	Отклонение виртуального ребра	Отклонение силуэта	Отклонение геометрии	Отклонение кривой	График	Анализ аэродинамической поверхности	2D- Анализ скручивания

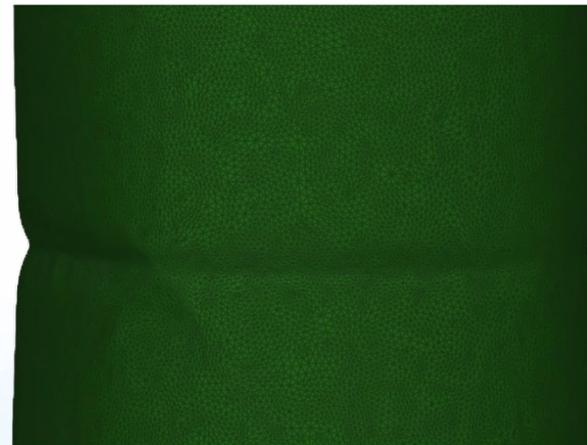
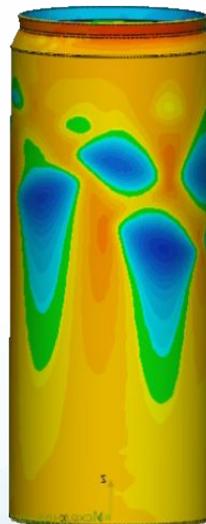
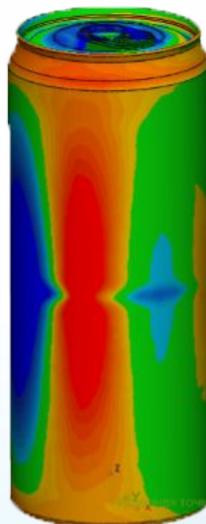


Сканирование
ДПК

Скан
ДПК

Сравнение с CAD-
моделью

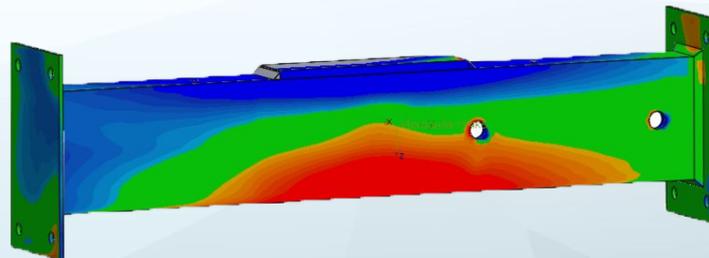
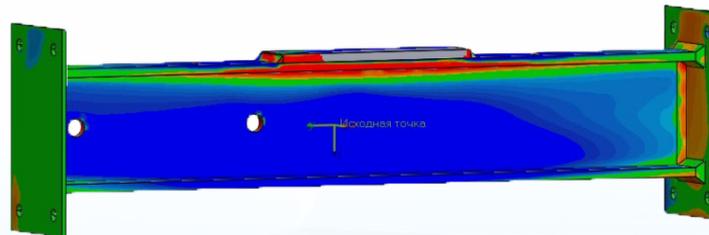
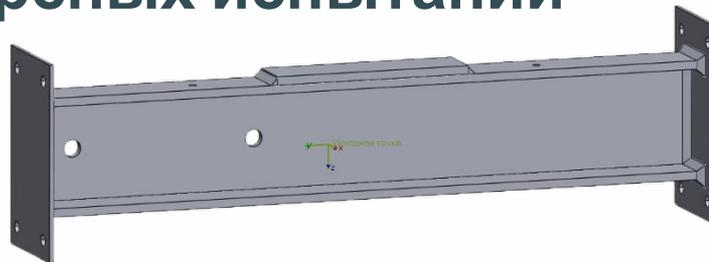
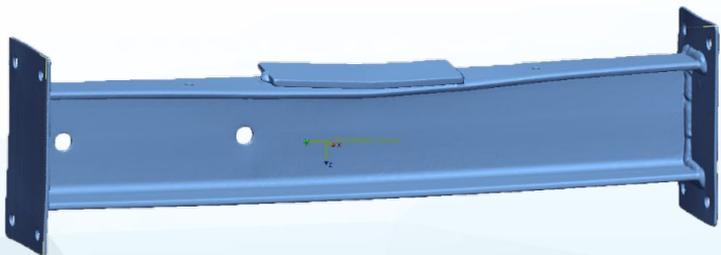
Применение ручных лазерных сканеров для проведения ресурсных испытаний



Сканируем деталь после
испытаний

Сравниваем деталь до испытаний и
после

Применение ручных лазерных сканеров для проведения ресурсных испытаний



Сканируем деталь после
испытаний

Сравниваем скан с эталонной CAD-
моделью

Примеры контроля сварных конструкций

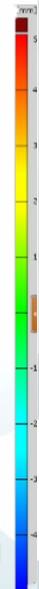
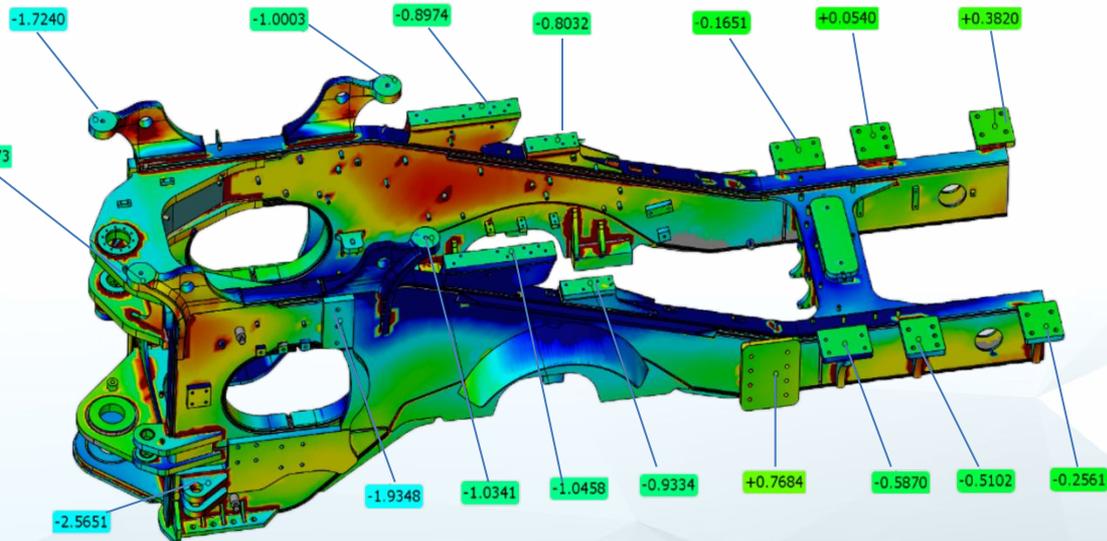
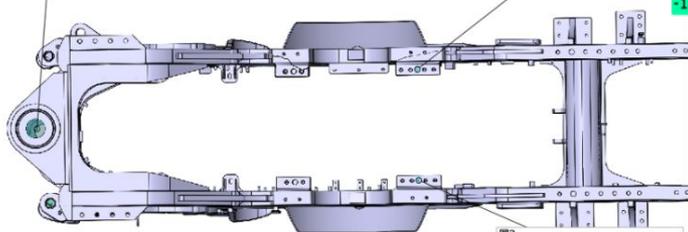


Результат: Отчёт по отклонениям

И	Имя	Центр	Смещение	Смещение	Смещение
1		+0.0000	+0.0000	+0.0000	
		+258.0000	+258.0000	+0.0000	
		-0.0000	-0.0000	-0.0000	

И	Имя	Центр	Смещение	Смещение	Смещение
2		-2730.0000	-2729.9080	+0.0920	
		Y +474.5000	+474.5000	+0.0000	
		Z -400.0000	-400.0000	-0.0000	

И	Имя	Центр	Смещение	Смещение	Смещение
3		-2730.0000	-2729.6924	+0.3076	
		Y +474.5000	+474.5000	-0.0000	
		Z +400.0000	+399.7016	-0.2983	

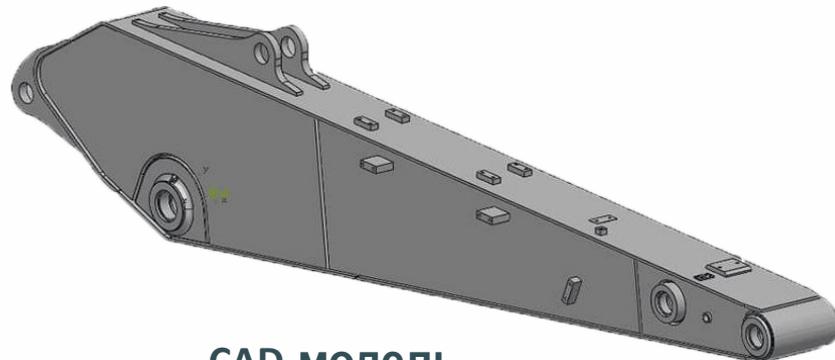


Рама грузового автомобиля

Примеры контроля сварных конструкций

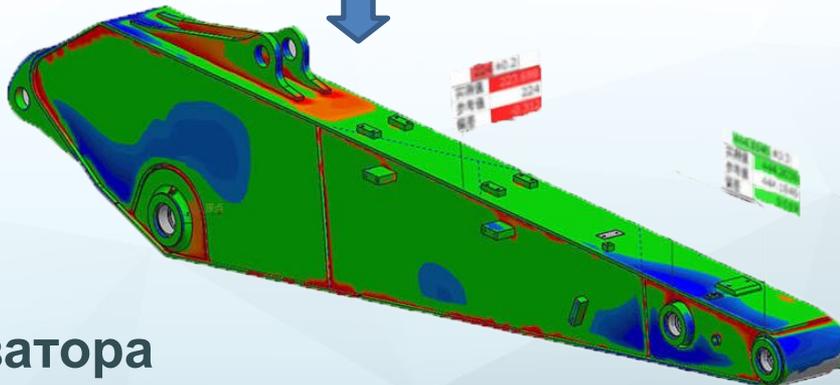


Скан (STL-
модель)



CAD-модель

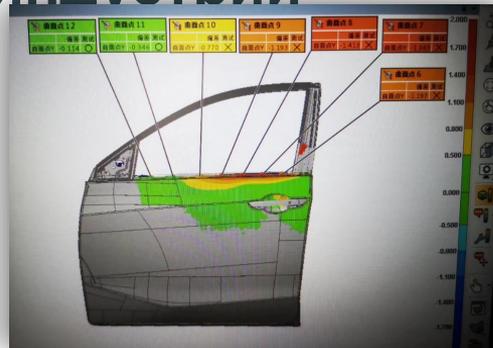
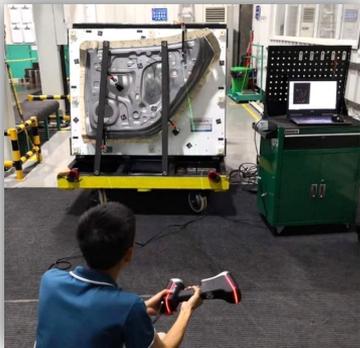
Сканирование
+
Обработка данных
15 минут



Карта
отклонений
10 минут

Стрела ковша экскаватора

Пример сканирования сварных деталей и штампованных деталей для автомобильной ИНДУСТРИИ



3D-Сканеры



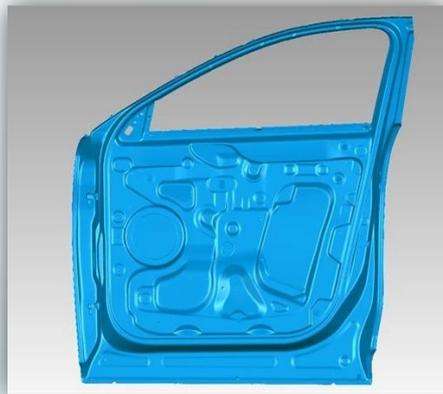
HScan 771



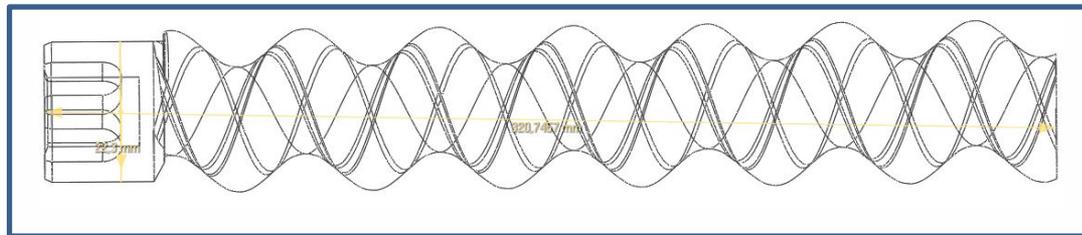
KScan



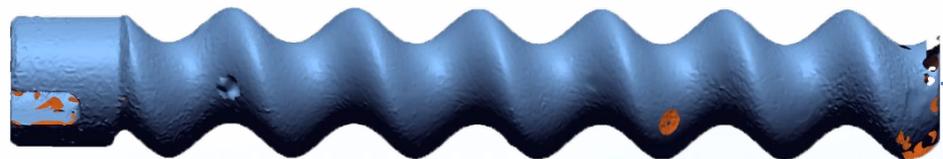
Axe



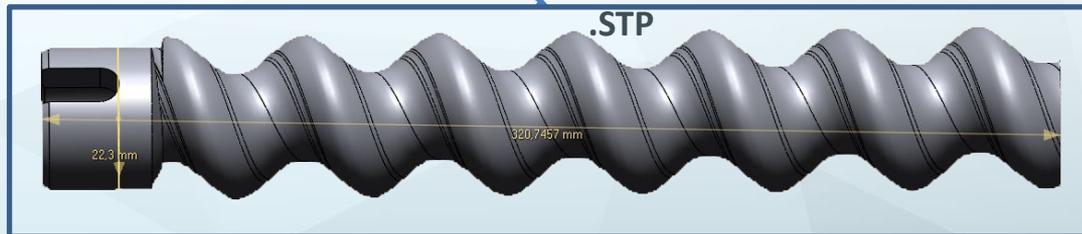
Пример сканирования и обратного проектирования шнека в программном обеспечении Geomagic Design X



CAD-модель в формате
.STP
каркасный вид



Скан – 3D-модель в формате
.STL



CAD-модель в формате
.STP

Благодарю за внимание!

Сессия «вопрос-ответ»

Вопросы?



Яков Владимирович Бондарев
Специалист по 3D-сканированию и
аддитивным решениям

Email: Bondarev@i3d.ru

Телефон: +79265557330

Ответы!





Яков Владимирович Бондарев

Должность: Специалист по 3D-сканированию и аддитивным
решениям

Email: Bondarev@i3d.ru

Телефон: +79265557330