

Инструкция для пользователя
программного обеспечения
AIM.MEASUREMENT
PREDICTABLADE

Содержание

1.	Установка программного обеспечения.....	5
2.	Краткое описание программного обеспечения.....	9
3.	Функциональное назначение	10
4.	Обеспечение и поддержание жизненного цикла программного обеспечения.....	12
4.1.	Техническая поддержка	12
4.2.	Сообщения об ошибках	12
4.3.	Пользователи программного обеспечения.....	12
4.4.	Скачать обновленную версию.....	12
5.	Описание функций программного обеспечения	14
5.1.	Загрузка облака точек	14
5.2.	Загрузка CAD модели	Ошибка! Закладка не определена.
5.3.	Сохранение проекта	Ошибка! Закладка не определена.
5.4.	Сохранение проекта с заданным именем.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.5.	Создание нового проекта.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.6.	Открытие проекта.	Ошибка! Закладка не определена.
5.7.	. Комментарии.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.8.	Горячие клавиши.	Ошибка! Закладка не определена.
5.9.	Функции дерева объектов.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.9.1.	Переход к объекту	Ошибка! Закладка не определена.
5.9.2.	Переименование объекта.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.9.3.	Удаление объекта	Ошибка! Закладка не определена.
5.9.4.	Информация об объекте.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.9.5.	Скрыть/показать объект.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.10.	Работа с облаками точек.	22
5.10.1.	Экспорт облака точек	22
5.10.2.	Расчет нормалей для точек	Ошибка! Закладка не определена.
5.10.3.	Определение наибольшего скопления точек.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.10.4.	Выделение выбросов	Ошибка! Закладка не определена.
5.10.5.	Выделения облака точек	Ошибка! Закладка не определена.
5.10.6.	Снятие выделение точек.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.10.7.	Координатная сетка.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.10.8.	Инверсия выделения	Ошибка! Закладка не определена.
5.10.9.	Создать облако по выделенному.	Ошибка! Закладка не определена.
5.10.10.	Объединение облаков.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.10.11.	Переместить облако	Ошибка! Закладка не определена.

- 5.10.12 Удаление точки. **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.10.13 Построение примитива «Точка» по облаку точек **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.10.14 Построение примитива «Линия» по облаку точек **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.10.15 Построение примитива «Окружность» по облаку точек..... **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.10.16 Построение примитива «Плоскость» по облаку точек..... **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.10.17 Построение примитива «Сфера» по облаку точек. **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.10.18 Построение примитива «Цилиндр» по облаку точек. **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.10.19 Построение примитива «Конус» по облаку точек. **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.10.20 Построение примитива «Конус» по САД модели. **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.11 Работа с САД моделью. **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.11.1 Выделения части САД модели..... **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.11.2 Снятие выделение элементов САД модели **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.11.3 Инверсия выделения **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.11.4 Построение примитива «Точка» САД модели **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.11.5 Построение примитива «Плоскость» по САД модели. **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.11.6 Построение примитива «Цилиндр» по САД модели..... **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.12 Разметка по построенным геометрическим примитивам **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.12.1 Создание линии по двум примитивам «Точка» **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.12.2 Построение плоскости через примитив «Точка» и «Линия».... **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.12.3 Построение примитива «Точка» на пересечении двух примитивов «Линия» **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.12.4 Построение примитива «Линия» как перпендикуляра к другому примитиву «Линия» через примитив «Точка» **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.12.5 Построение примитива «Плоскость» повернутой относительно другой плоскости относительно оси **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.13 Действия с парой объектов **Ошибка! Закладка не определена.**
 - 5.13.1 Совмещение по примитивам облака точек и САД модели **Ошибка! Закладка не определена.**

- 5.13.1.1 Совмещение по трем и более точкам **Ошибка!** **Закладка не определена.**
- 5.13.1.2 Совмещение по плоскости, оси и точке **Ошибка!** **Закладка не определена.**
- 5.13.2 Создание сечений..... **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.14 Работа с объектами в сечении..... **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.14.1 Построение геометрических примитивов в сечении **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.14.1.1 Построение примитива «Точка» по облаку точек **Ошибка!** **Закладка не определена.**
- 5.14.1.2 Построение примитива «Линия» по облаку точек **Ошибка!** **Закладка не определена.**
- 5.14.1.3 Построение примитива «Окружность» по облаку точек..... **Ошибка!** **Закладка не определена.**
- 5.14.1.4 Создание линии по двум примитивам «Точка» **Ошибка!** **Закладка не определена.**
- 5.14.1.5 Построение примитива «Точка» на пересечении двух примитивов «Линия» **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.14.1.6 Построение примитива «Линия» как перпендикуляра к другому примитиву «Линия» через примитив «Точка» **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.14.2 Образмеривание в сечении..... **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.14.2.1 Нанесение линейных размеров **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.14.2.2 Нанесение угловых размеров **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.14.2.3 Нанесение радиальных размеров **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.14.2.4 Создание карты невязок в сечении **Ошибка!** **Закладка не определена.**

1. Установка программного обеспечения

Для установки программного обеспечения требуется на ЭВМ, соответствующей техническому заданию, открыть установочный файл AIM.measurement_v1.exe (прилагается на компакт диске).

Далее нужно выбрать язык (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1. Выбор языка.

После выбора языка нужно выбрать директорию установки (рисунок 1.2).

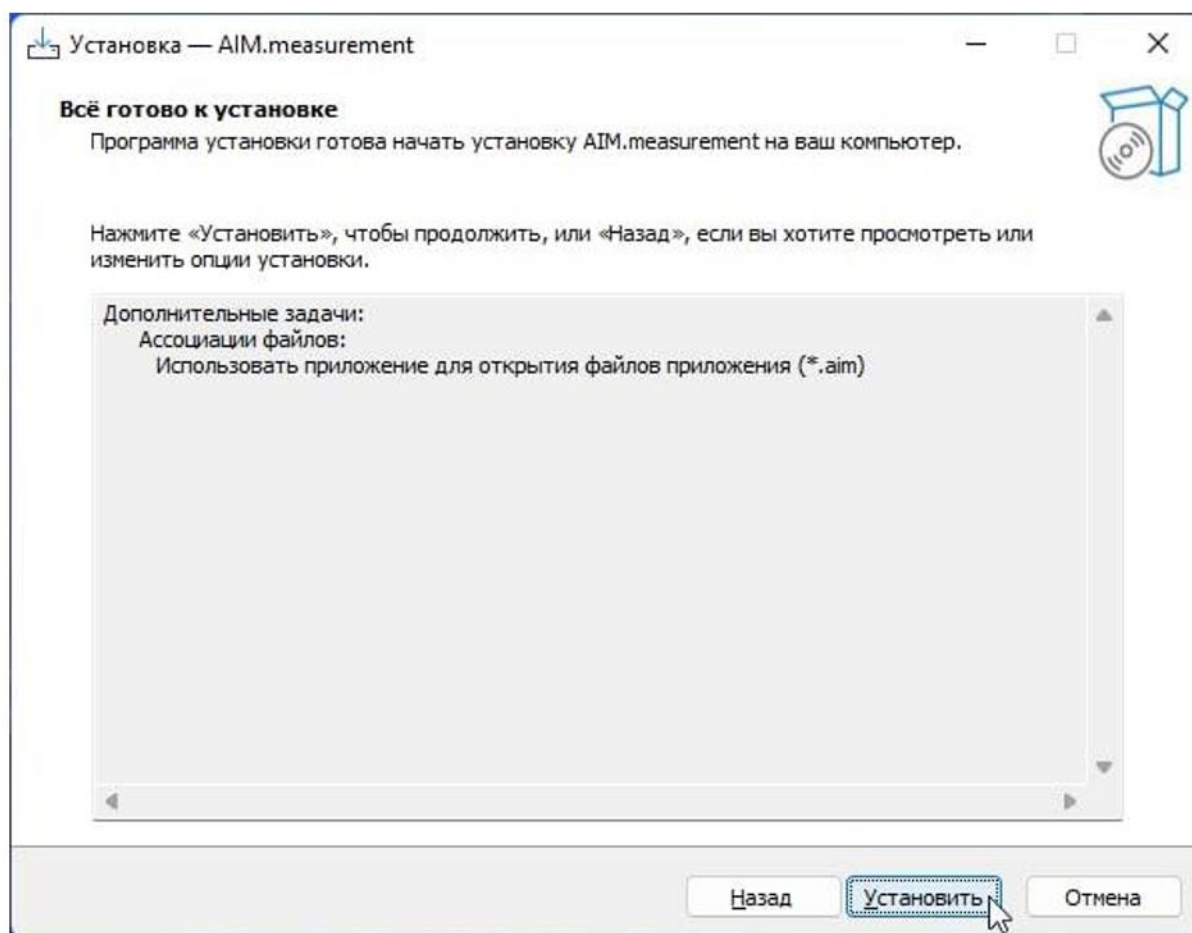


Рисунок 1.2. Выбор директории установки.

Процесс установки будет отображаться в установочном окне (рисунок 1.3.).

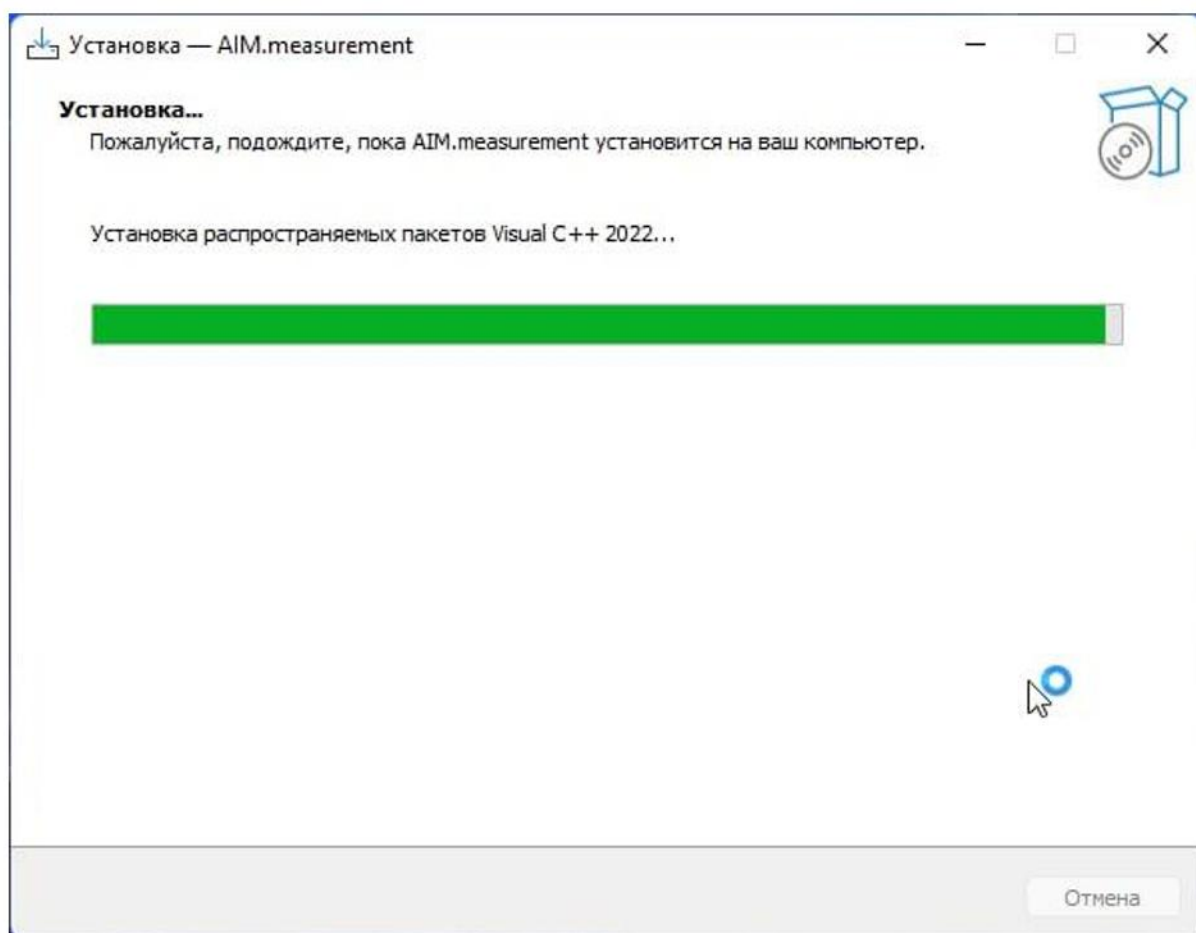


Рисунок 1.3. Установочное окно.

После чего программа предложит завершить установку (рисунок 1.4.).

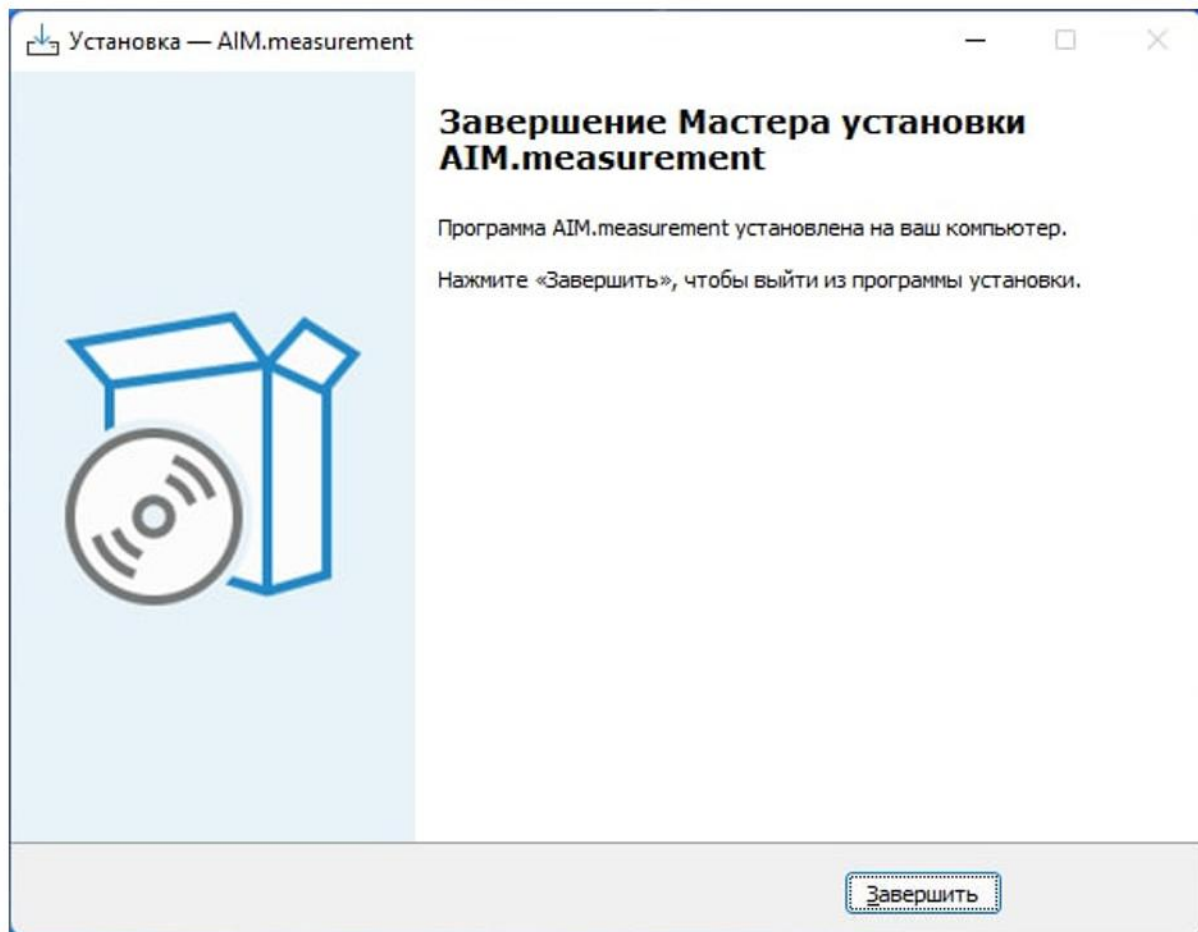


Рисунок 1.4. Завершение установки.

После окончания установки программа предложит выбрать дополнительные задачи (рисунок 1.5.).

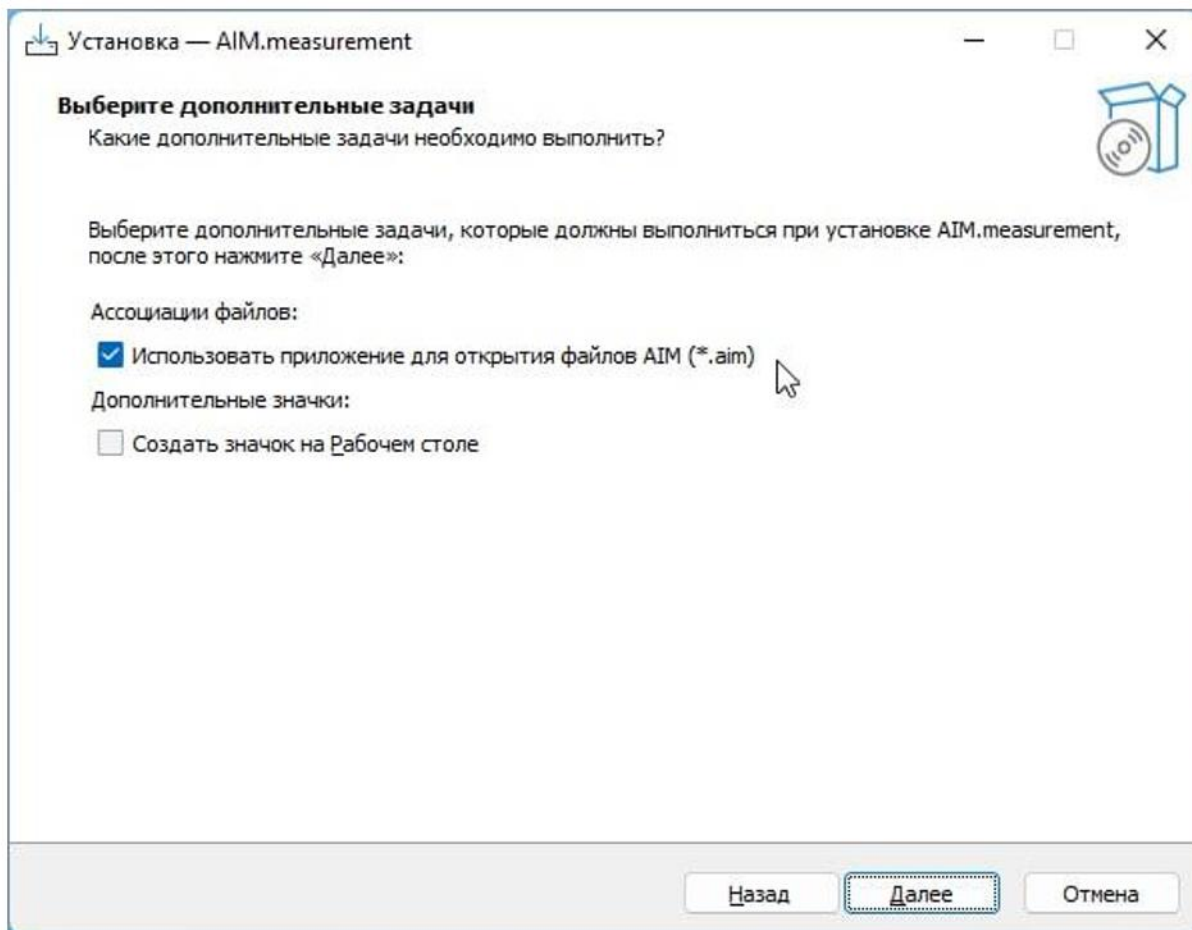


Рисунок 1.5. Выбор дополнительных задач.

Установка ПО на персональный компьютер со следующей спецификацией:

- Microsoft Windows 10
- Процессор не менее x64 архитектуры, 8 ядер (16 потоков), тактовая частота ядра менее 3,7 ГГц.;
- Оперативная память 32 Гб;
- 1 SSD объемом 940 Гб, хранилище данных HDD 1 Тб.
- Монитор;
- Клавиатура;
- Мышь.

2. Краткое описание программного обеспечения

Программа предназначена для установки на создаваемые различными вендорами системы измерения и сканирования геометрии газотурбинных лопаток. Программа может использоваться в пунктах мониторинга состояния оборудования металлообрабатывающих предприятий. Тип ЭВМ: РС. ОС: Windows 10 и выше. Функциональные возможности программы заключаются в том, что программное обеспечение осуществляет прогнозирование дефектов лопаток после их ремонта на основе облаков точек с поверхности изношенных газотурбинных лопаток, получаемых от систем измерения геометрии и систем трехмерного сканирования. Для выполнения своих функций, программное обеспечение оснащено модулем связи с системами сканирования, что позволяет получать трехмерные данные о геометрии детали, которые автоматически обрабатываются, поэлементно определяя невязки сравнивая твердотельные модели лопатки на разных этапах.

3. Функциональное назначение

Функциональное назначение разрабатываемого программного обеспечения в том, чтобы, получая от систем измерения геометрии систем трехмерного сканирования облако точек с поверхности изношенных газотурбинных лопаток, прогнозировать дефекты лопаток после их ремонта. Разрабатываемое программное обеспечение будет устанавливаться на создаваемые различными вендорами измерительные и сканирующие системы (например, производства Hexagon, Nikon, GOM, Zeiss).

Для решения задач на всех этапах ПО обладает следующими функциями:

- получать трехмерные данные о геометрии детали с различных систем сканирования;
- автоматически обрабатывать полученные данные, поэлементно определяя невязки сравнивая твердотельные модели лопатки на разных этапах (только что изготовленная, изношенная, отремонтированная, эталонная);
- генерировать прогноз качества каждого элемента детали после ремонта и отбраковывать заведомо неремонтопригодные образцы;
- вести базу данных геометрии проконтролированных деталей.

Потребительские качества ПО:

- удобство интеграции в существующий производственный процесс;
- полная автоматизация прогнозирования качества продукции;
- простота доступа к базе данных геометрии и отчетов для ускоренного решения любых вопросов на всех этапах производства и эксплуатации, что обеспечивает высокую репутацию у заказчиков;
- простота использования и доступность технической поддержки со стороны компании.

ПО обладает следующими параметрами:

- 1) Погрешность определения отклонения в сечении лопатки до и после ремонта не более 98%.
- 2) Погрешность определения невязок геометрии лопаток до и после ремонта – не более 30 мкм.
- 3) Максимальный объем отсканированных точек, обрабатываемых прототипом программного обеспечения (1 млн. шт.).
- 4) Максимальный объем базы данных - до 10000 изделий.

4. Обеспечение и поддержание жизненного цикла программного обеспечения

4.1. Техническая поддержка

Техническая поддержка в отношении использования программного обеспечения осуществляется поставщиком в течение 12 (двенадцать) месяцев, с момента передачи права использования. Под технической поддержкой понимается предоставляемая по выделенной линии службы приема и разрешения технических запросов (телефон, e-mail указаны на сайте aimetrology.ru) специалистами поставщика, консультационная помощь, включающая в себя: предоставление информации о новых версиях и исправлениях программного обеспечения, предоставление информации о базовых функциях продукта, консультации по проблемам с первичной инсталляцией и активацией программного обеспечения.

4.2. Сообщения об ошибках

В случае появления сообщения об ошибках требуется направить на телефон или e-mail (указаны на сайте aimetrology.ru) скриншот сообщения об ошибках с описанием действий, приведших к ошибке. Также необходимо отправить файл журнала ошибок, который находится в папке logs, в которую установлено программное обеспечение.

4.3. Пользователи программного обеспечения

Пользователь программного обеспечения должен быть ознакомлен с инструкцией пользователя программного обеспечения.

4.4. Скачать обновленную версию

Уведомления о появлении новых версий программного обеспечения поступают на адрес электронной почты покупателя, указанный в договоре на приобретение лицензии. Для того, чтобы скачать обновленную версию программного обеспечения необходимо пройти по ссылке в сообщении. Также при необходимости можно обратиться по телефону или e-mail (указаны на сайте aimetrology.ru) с указанием названия компании, приобретшей лицензию

на программное обеспечение. По данному запросу будет предоставлена ссылка для скачивания обновленной версии программного обеспечения.

5. Описание функций программного обеспечения

Для подготовки к калибровке системы необходимо скопировать папку «replica_template» из папки «packages» в нее же, изменив название скопированной папки.

Далее нужно запустить программу для калибровки сканера «Prizma» и ввести имя пустого пакета (рисунок 5.1. поле под цифрой 2), который был ранее скопирован (работает автозаполнение при вводе). После нажать кнопку «Enter» на клавиатуре или «Использовать» на окне (рисунок 5.1. кнопка под цифрой 3).

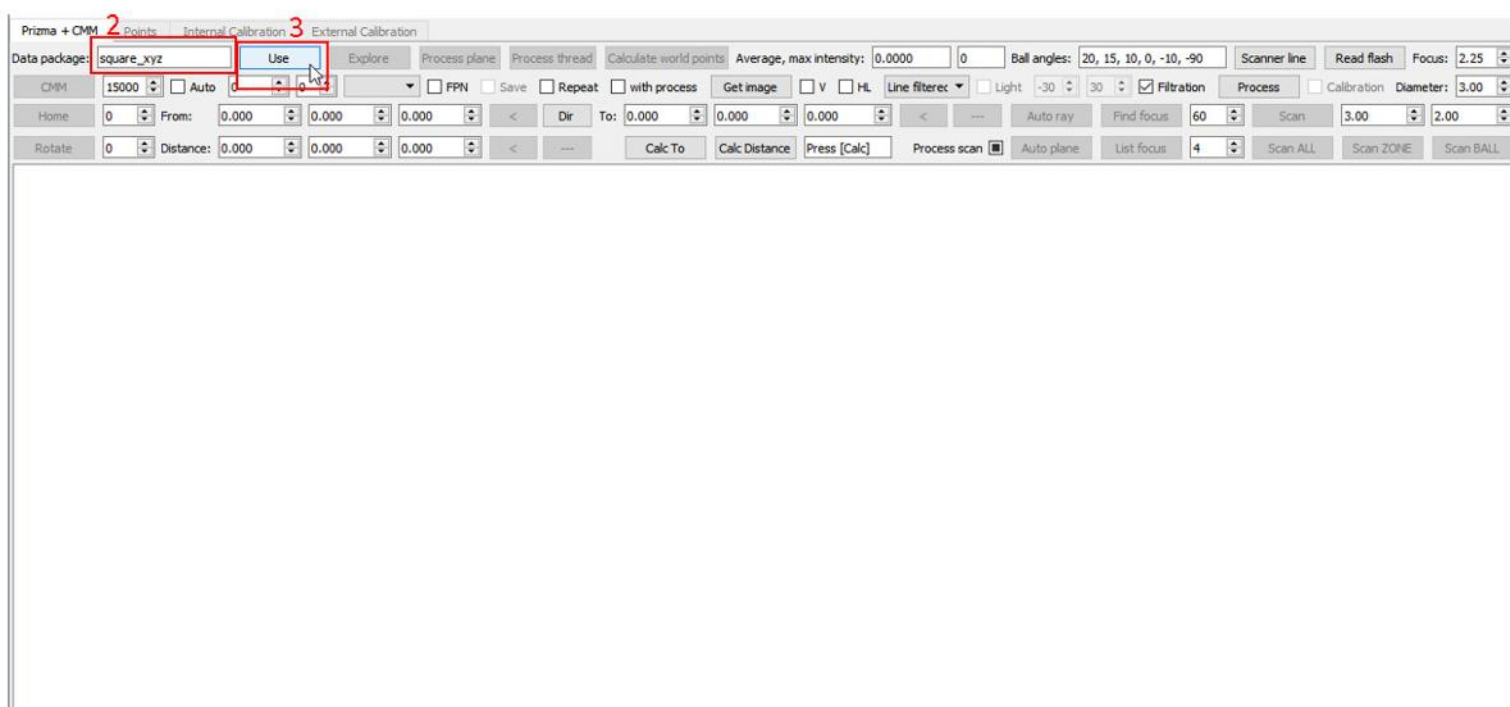


Рисунок 1.5. Окно программы калибровки.

Для подключения к системе Replica нужно нажать на кнопку «СММ» (рисунок 2 поле под цифрой 4). Далее нужно загрузить калибровочную матрицу для CMOS поставив галку в полу «Калибровка» (рисунок 5.2. галочка под цифрой 5) матрицы сканера (черной областью будет отмечена рабочая область сканера).

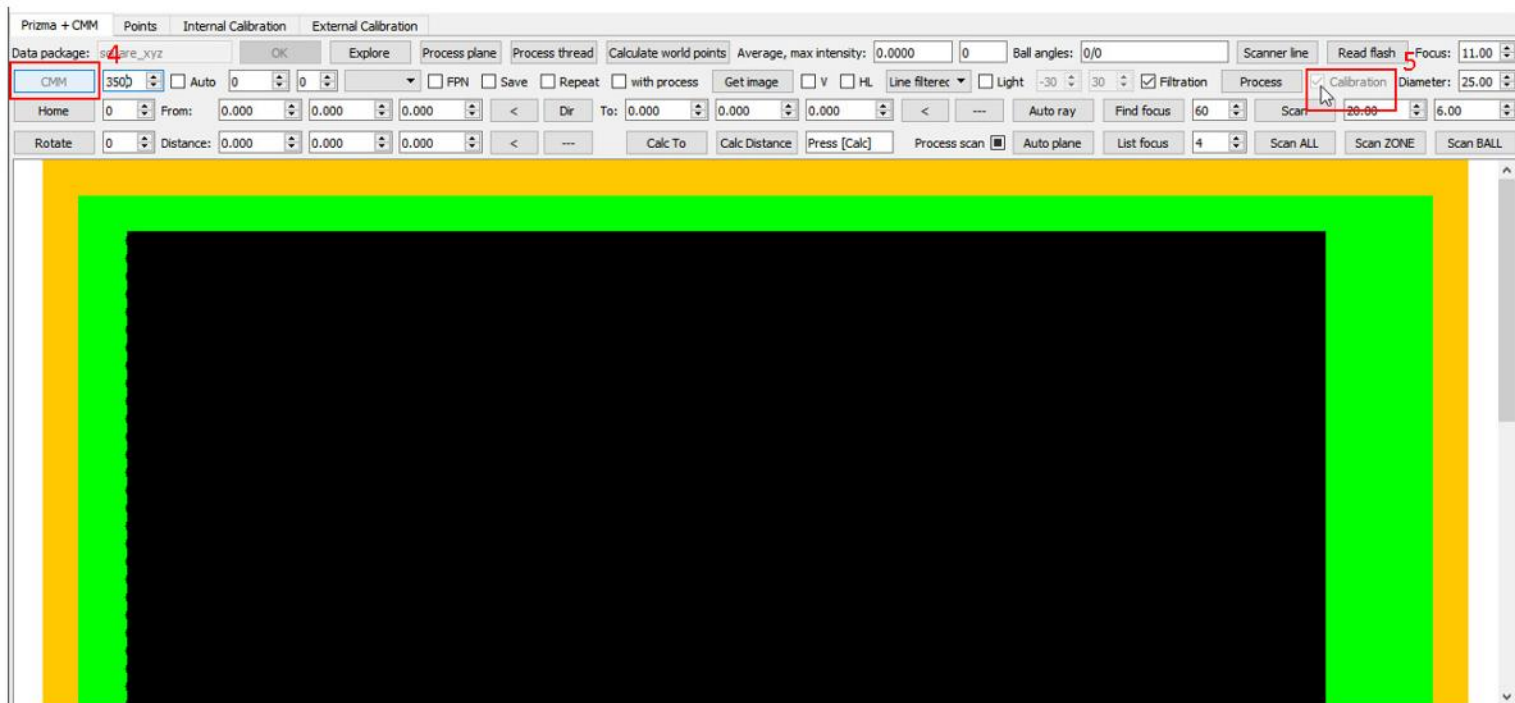


Рисунок 5.2. Окно программы калибровки после подключения к Replica и калибровочной матрицы.

При необходимости подкорректировать время экспозиции (рисунок 5.3. поле под цифрой 6). Для получения текущего изображения со сканера можно воспользоваться периодическим его запросом установив галочку «Повторить» (рисунок 3 галочка под цифрой 7) или однократным нажатием на кнопку «Получить изображение» (рисунок 5.3. кнопка под цифрой 7).

Для подготовки к калибровке наведите сканер примерно на центр сферы таким образом, чтобы ее профиль на изображении был достаточно четким, как это показано на рисунке 5.3. Остальные параметры можно оставить по умолчанию. Запустите автоматический сбор данных для внешней калибровки по сфере путем нажатия на кнопку Сканировать сферу (рисунок 3 кнопка под цифрой 8).

После успешного сбора данных выполните пересчет точек по калибровочной матрице перейдя во вкладку «Расчет матрицы» (рисунок 5.3. вкладка под цифрой 9).

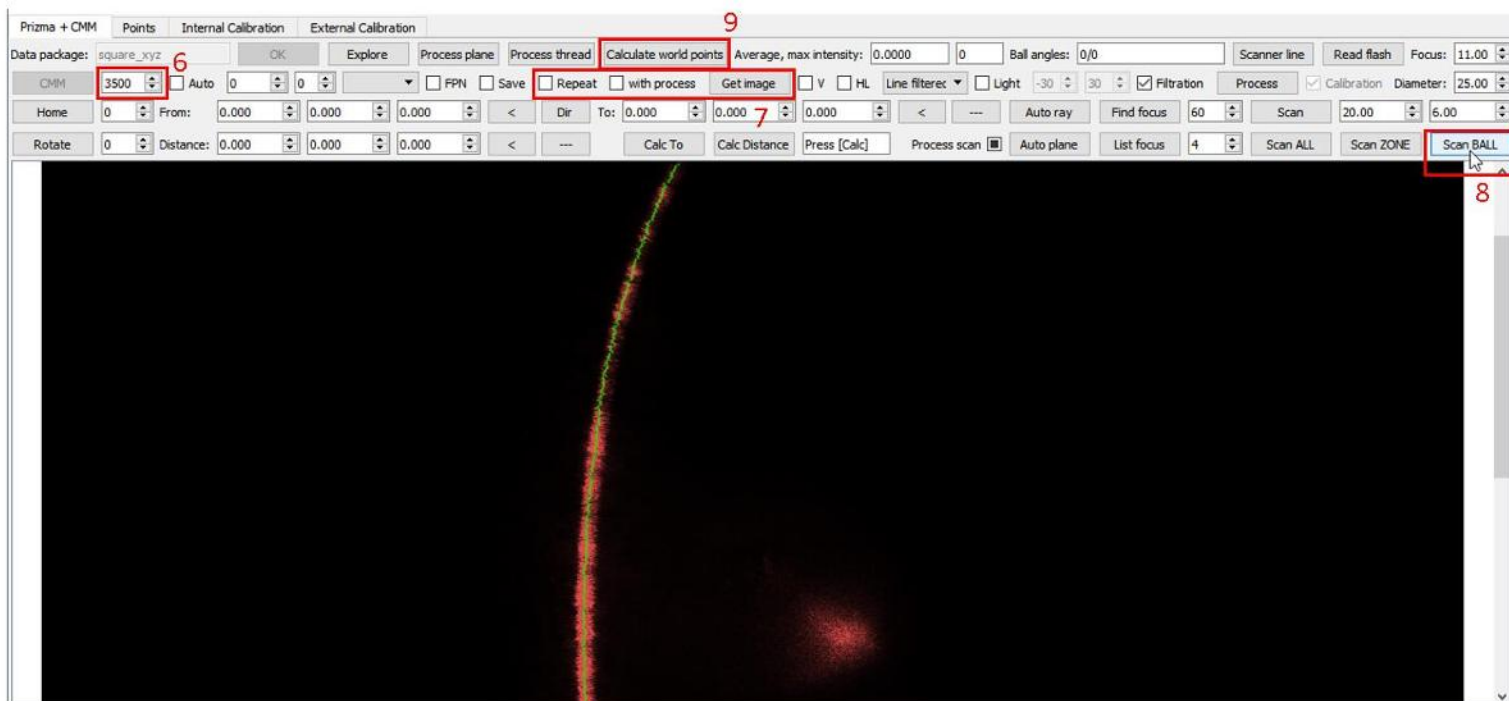


Рисунок 5.3. Окно программы калибровки при подготовке к сканированию калибровочной сферы.

Для создания калибровочных пар необходимо нажать кнопку «Eigen» (рисунок 5.4. кнопка под цифрой 10). Далее нужно выполнить фильтрацию полученных точек с методом фильтрации по окружности. Это позволит удалить часть выбросов и точек, не относящихся непосредственно к сфере (ножки сферы и других предметов, попавших в область видимости сканера). Для этого нужно выбрать из выпадающего списка «Фильтрация по окружности» (рисунок 4 выпадающий список под цифрой 11). Нажмите кнопку «В формат AIM.MEASUREMENT PREDICTABLADE» (рисунок 5.4. кнопка под цифрой 12) для преобразования результатов в формат, требуемый для расчетов программой.

Найдите созданный файл «lines.bin» в папке, скопированной внутри папки «packages», и скопируйте его в корневую папку AIM.MEASUREMENT PREDICTABLADE.

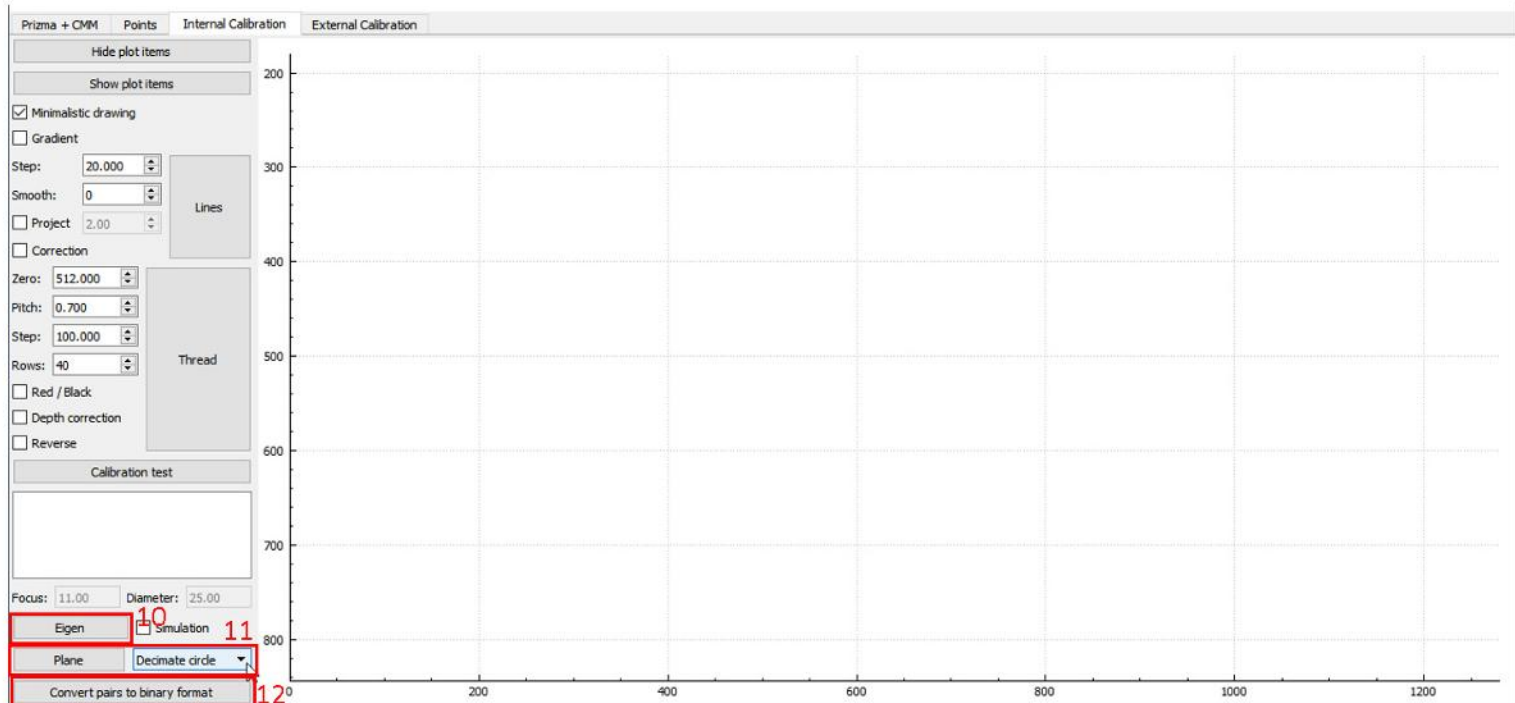


Рисунок 5.4. Окно вкладки «Расчет матрицы».

Далее необходимо перейти в основную вкладку AIM.MEASUREMENT PREDICTABLADE, подключиться к Replics нажав на кнопку «Подключиться» (рисунок 5 кнопка под цифрой 14). Далее необходимо зайти во вкладку расчета калибровки нажав на кнопку «Внешняя калибровка» (рисунок 5.5. кнопка под цифрой 14).

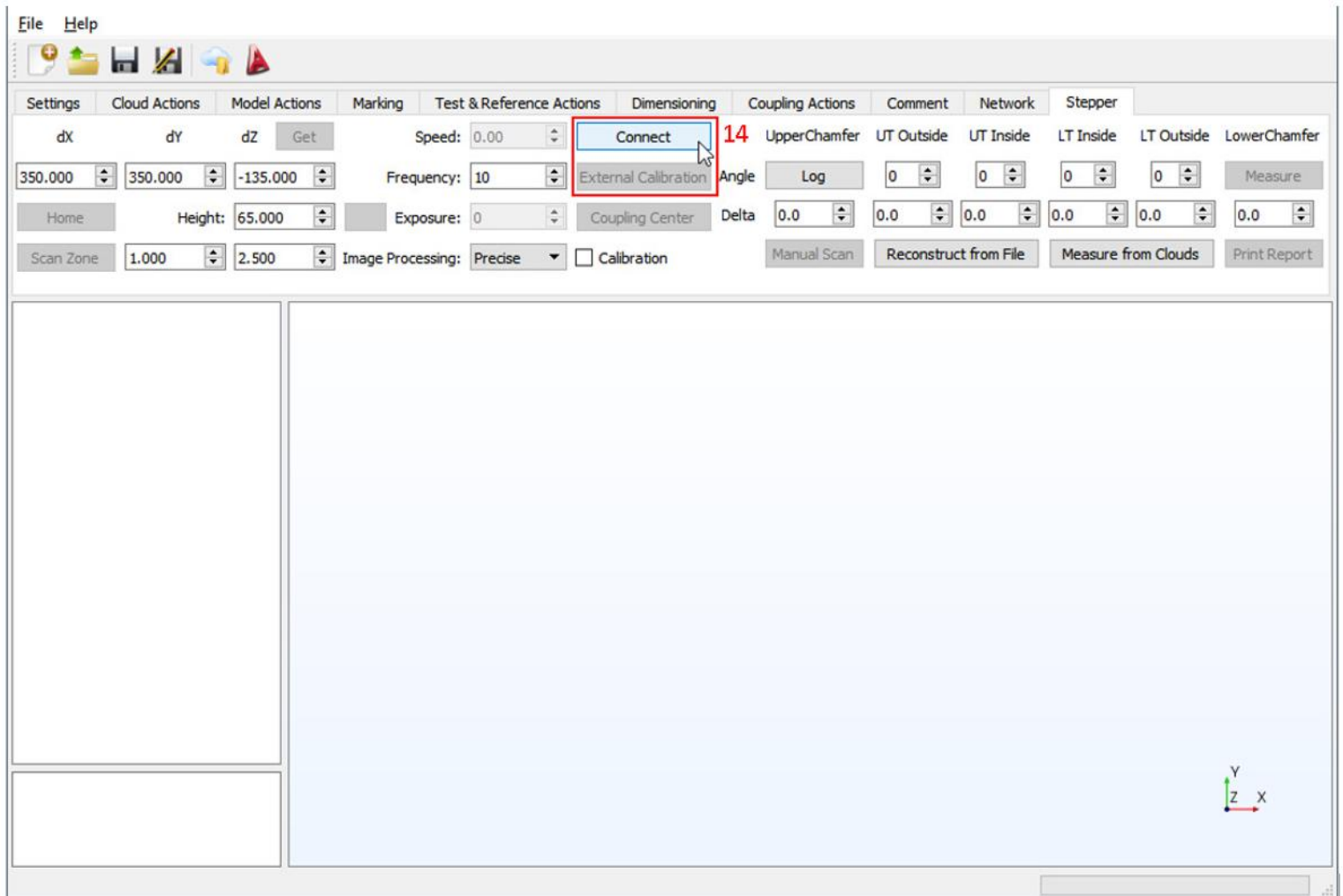


Рисунок 5.5. Основное окно программного обеспечения
AIM.MEASUREMENT PREDICTABLADE.

Убедитесь, что выбраны все интересующие углы калибровки лазерного сканера в составе Replica (рисунок 5.6. галочки под цифрой 15). Выберите режим калибровки по сфере (рисунок 5.6. выпадающий список под цифрой 16). Укажите количество точек для анализа (можно использовать все точки) (рисунок 5.6. окно под цифрой 17). Нажмите кнопку «Калибровка» (рисунок 5.6. кнопка под цифрой 18).

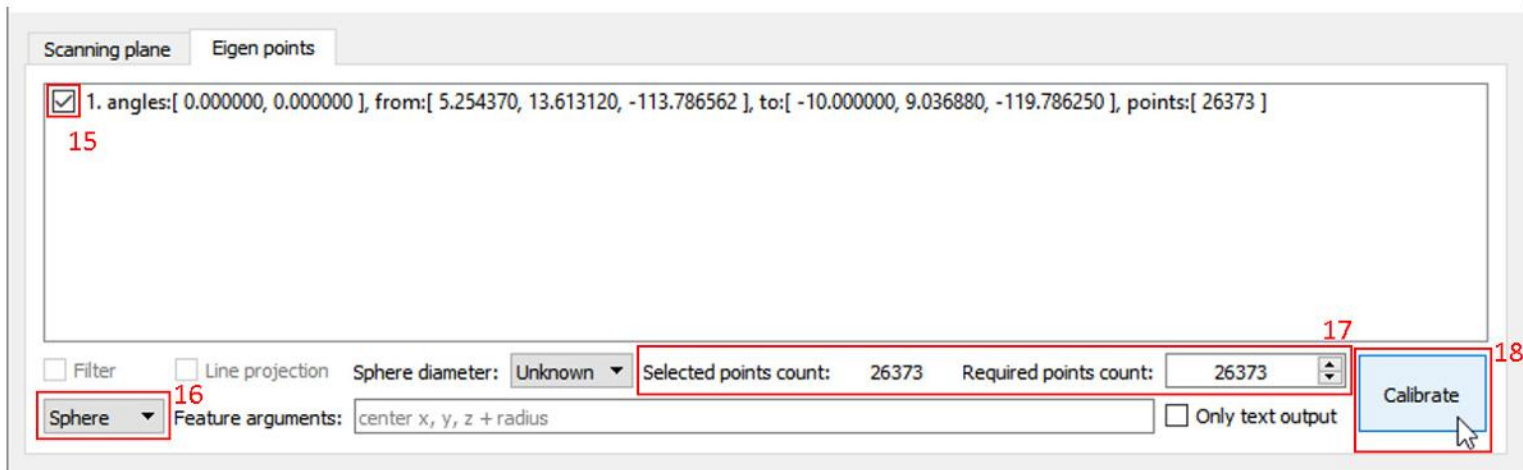


Рисунок 5.6. Окно вкладки внешней калибровки программного обеспечения AIM.MEASUREMENT PREDICTABLADE.

После окончания расчетов будут выведены результаты калибровки (рисунок 5.7.).

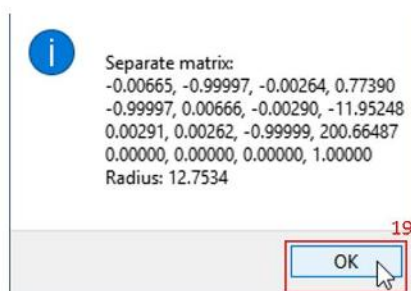


Рисунок 5.7. Окно результатов внешней калибровки программного обеспечения AIM.MEASUREMENT PREDICTABLADE.

После нужно перейти во вкладку «Настройки» (рисунок 8). Чтобы для вывода точек использовались данные калибровки, нужно поставить галочку «Калибровка» (рисунок 5.8 галочка под цифрой 20). Скорость перемещения, частоту сбора кадров и время выдержки сканера можно настроить в соответствующих полях (рисунок 5.8 поля под цифрой 21).

Ручное сканирование при перемещении запускается и завершается кнопкой «Ручное сканирование» (рисунок 5.8 кнопка под цифрой 22).

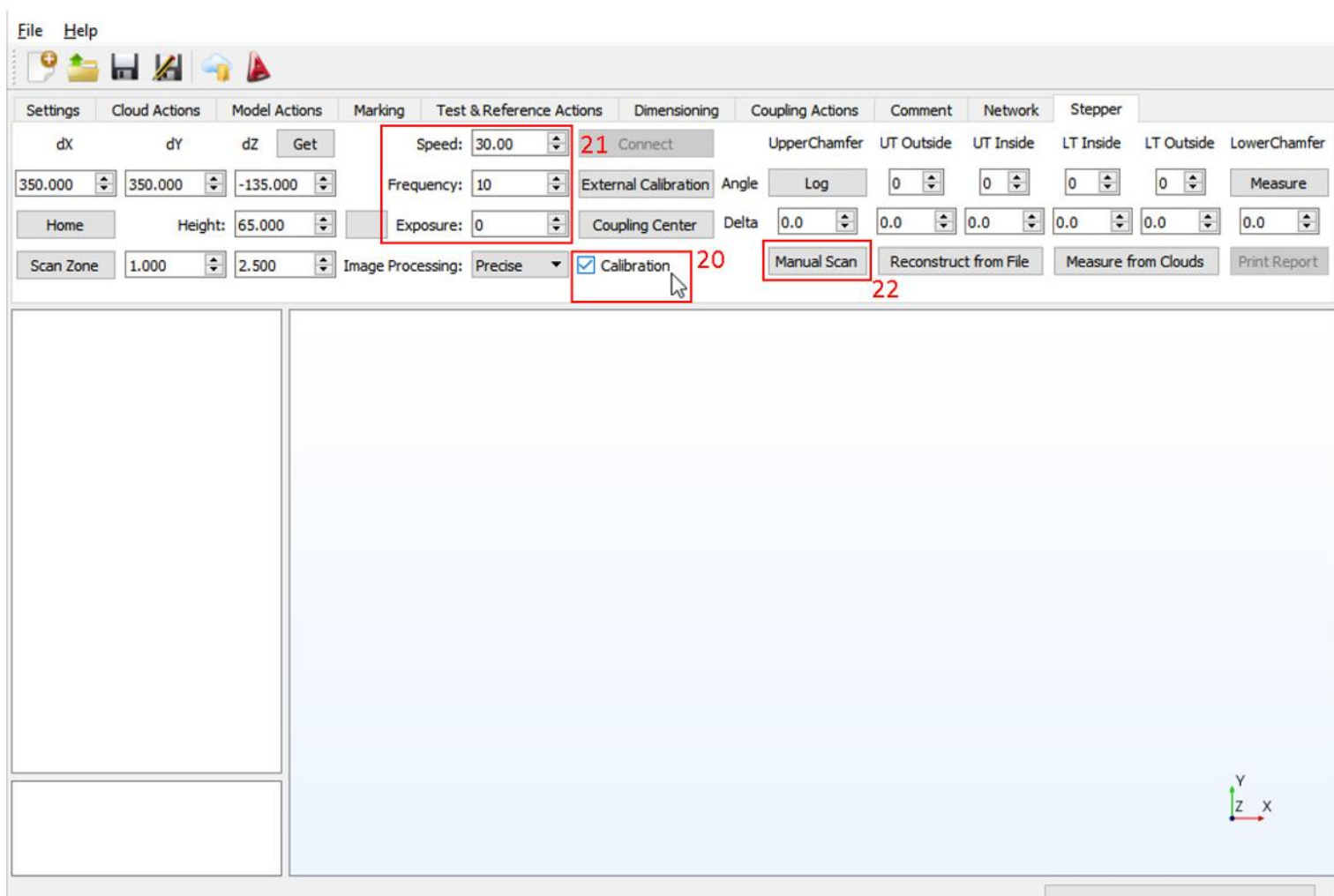


Рисунок 5.8. Окно вкладки настроек программного обеспечения AIM.MEASUREMENT PREDICTABLADE.

После окончания ручного сканирования сохраняется облако точек со всеми сканами.

Перемещать машину без пульта можно через кнопки управления (рисунок 5.9 кнопки под цифрой 23), расстояние одного перемещения задается в миллиметрах в поле ниже кнопок.

Автоматическое сканирование области можно выполнить, задав шаг и расстояние сканирования, и нажав на «Сканирование области» (рисунок 5.9 кнопка под цифрой 24).

Для сканирования области в несколько проходов можно воспользоваться функцией «Сканирование зон» (рисунок 5.9 кнопки под цифрой 25), задав начальную и конечную точку перемещения и шаг перемещения (используется шаг ручного перемещения). Каждое перемещение

будет сканироваться часть области при линейном перемещении в соответствии с параметрами сканирования области. Области сохраняются в отдельные облака с возможностью последующего объединения.

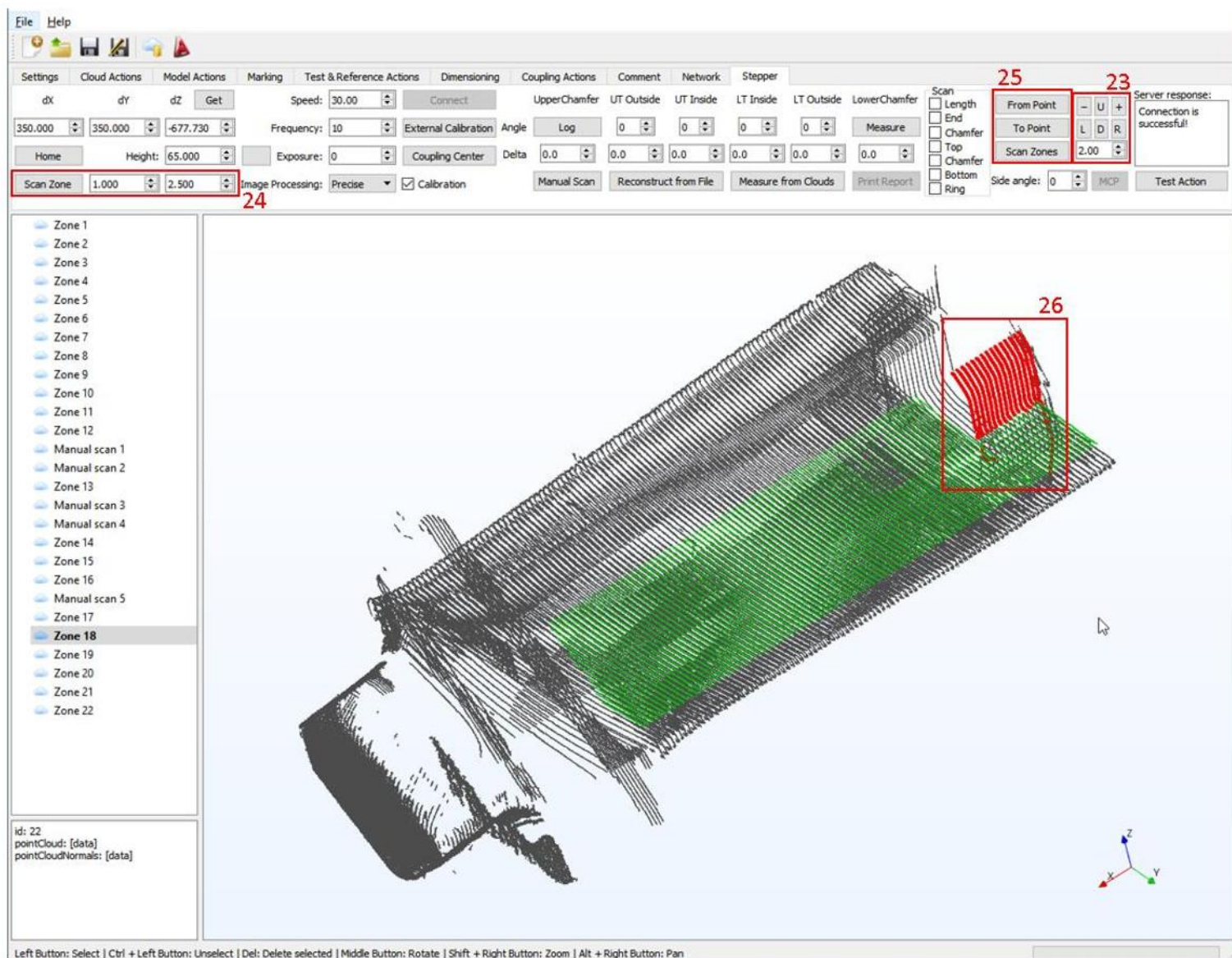


Рисунок 5.9. Окно программного обеспечения с результатами сканирования.

Для объединения облаков точек применяется функция «Объединить облака» (применяется в выделенным в дереве облакам).

Кнопка для экспорта облака точек или нескольких облаков в файл находится в контекстном меню.

Также в контекстном меню есть кнопки удаления облака точек переименования.

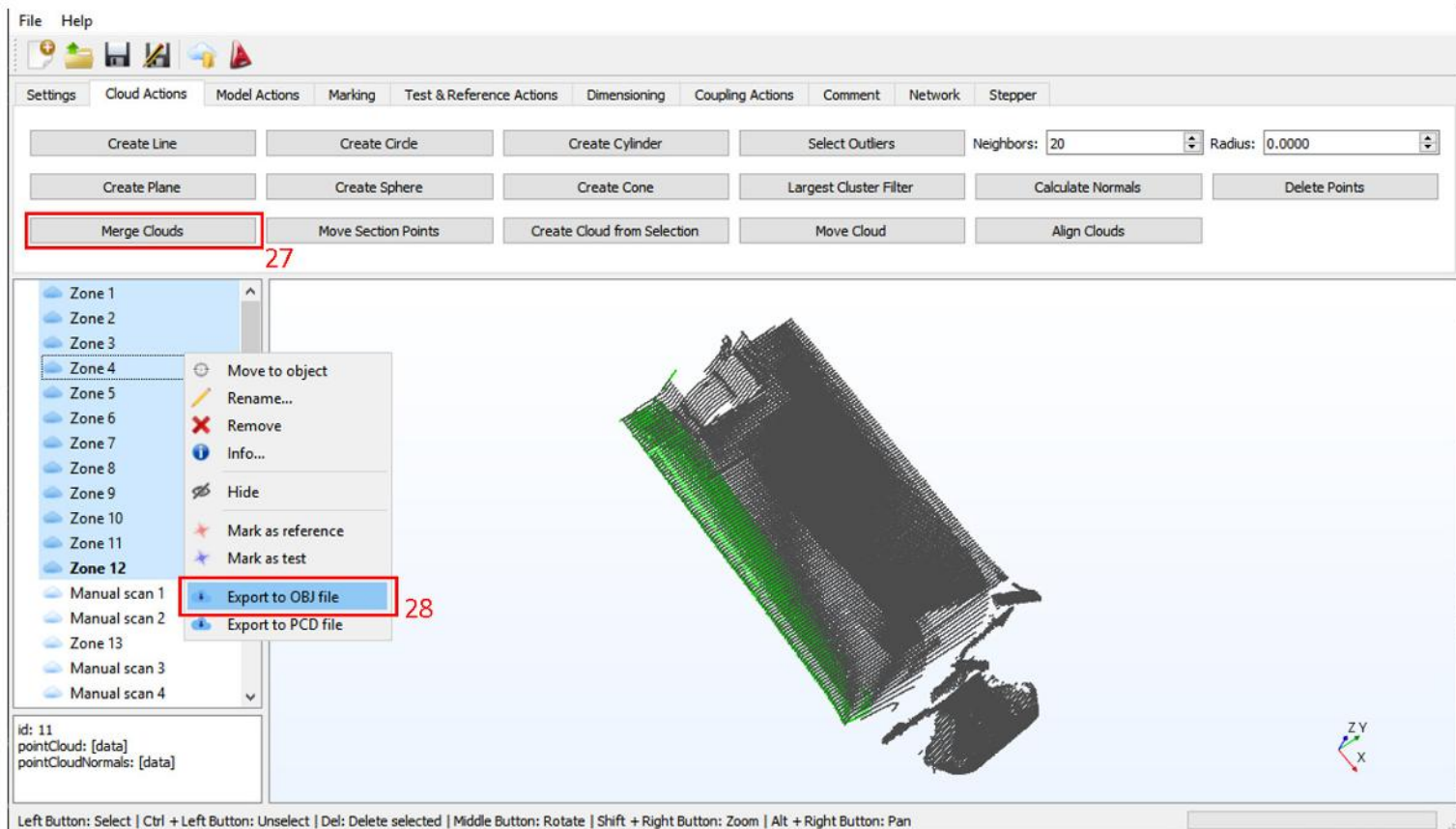


Рисунок 5.10. Окно программного обеспечения с результатами сканирования и работой со списком облаков точек.

6. Работа с облаками точек.

Реализована функция загрузки облаков точек в формате .obj, сохранение в котором поддерживают большинство программных продуктов для трехмерного сканирования. Также при подключении к координатно-измерительным средствам напрямую, разрабатываемое программное обеспечение само может сохранять полученные точки в формат obj.

Для работы с трехмерным облаком точек решено было создать список трехмерных геометрических примитивов и функции по работе с ними:

Точка в трехмерном пространстве. Чтобы выбрать построение данного примитива необходимо выбрать одну или более точек из интересующего облака точек, а после нажать на кнопку «Добавить Точку» во вкладке «Разметка» (рисунок 6.1).

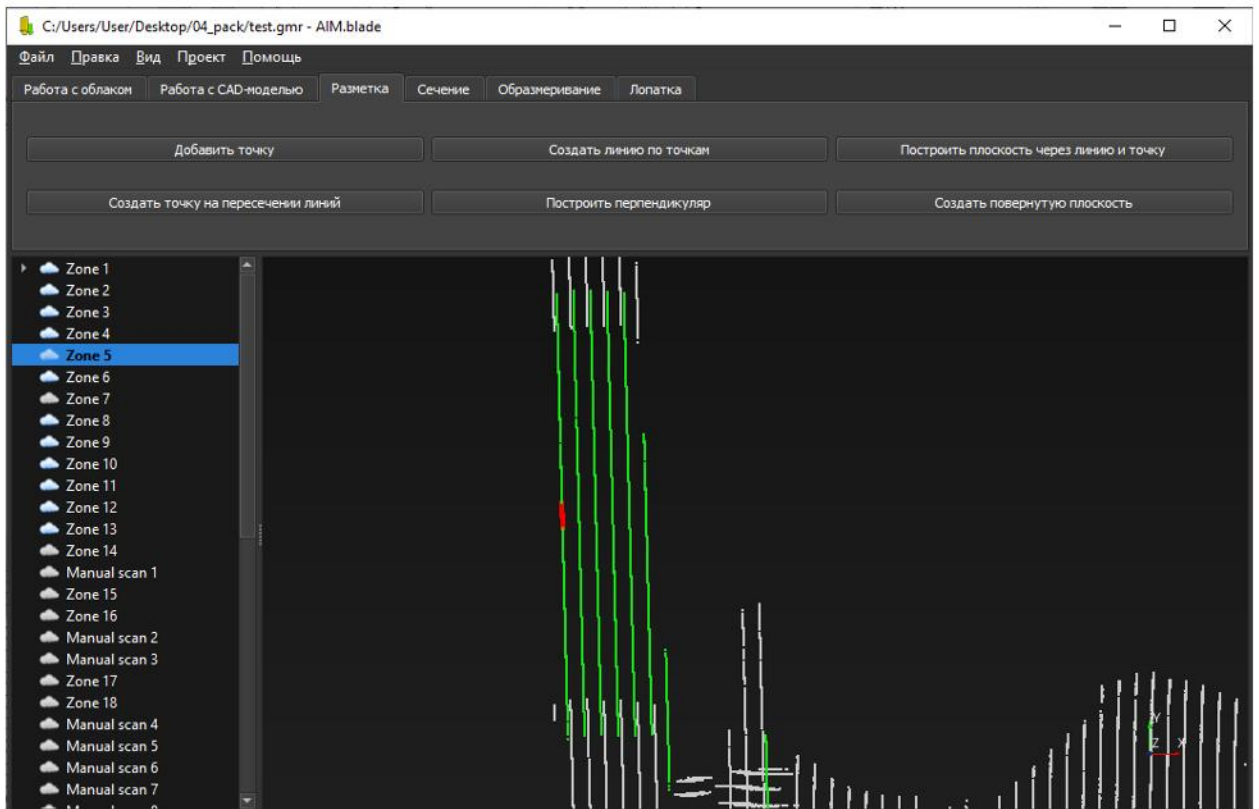


Рисунок 6.1. Выбор облака точек для построения примитива «Точка».

После нажатия построение примитива «Точка» происходит по облаку путем нахождения центра масс выделенных точек. После построения в окне для работы с трехмерными объектами появляется примитив «Точка» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.2).

Также реализовано построение примитива «Точка» по CAD модели. Создание примитивов по CAD модели реализовано для целей совмещения CAD модели и облака точек по примитивам и дальнейшего поиска невязок.

Чтобы выбрать построение данного примитива нужно выбрать часть CAD модели, а после нажать на кнопку «Добавить Точку» во вкладке «Разметка» (рисунок 6.3).

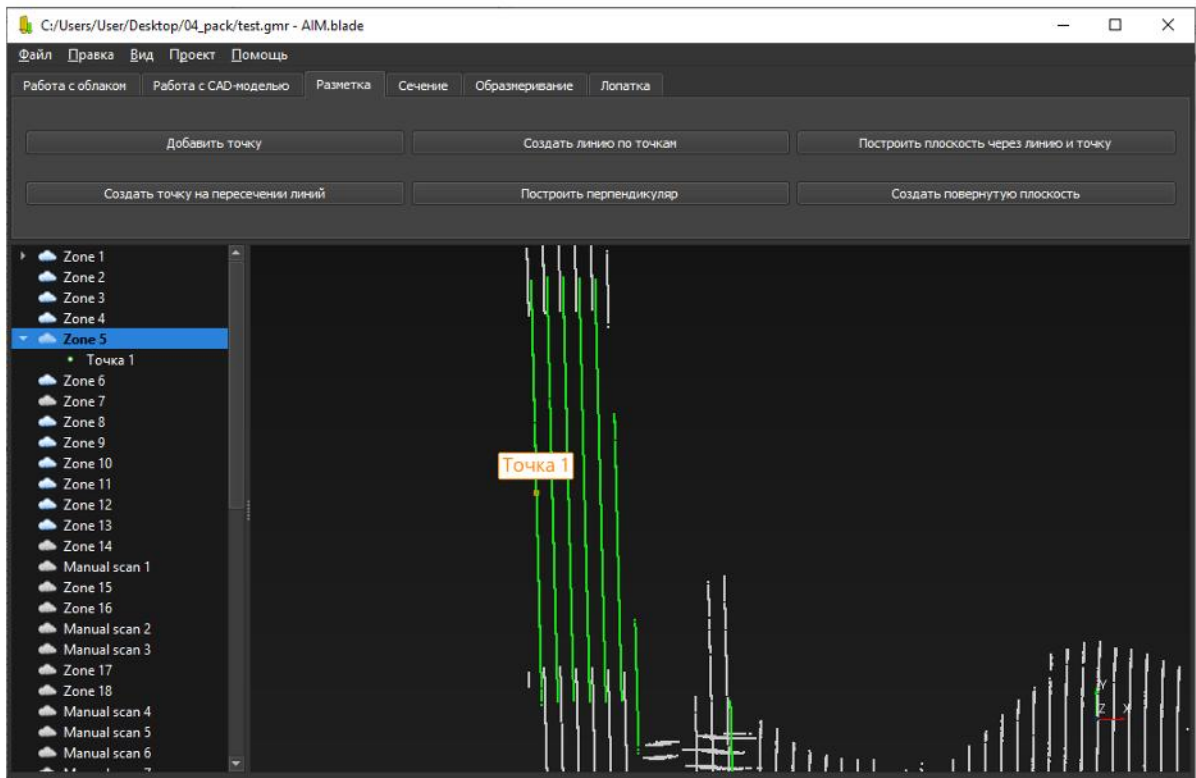


Рисунок 6.2. Созданный по облаку точек примитив «Точка».

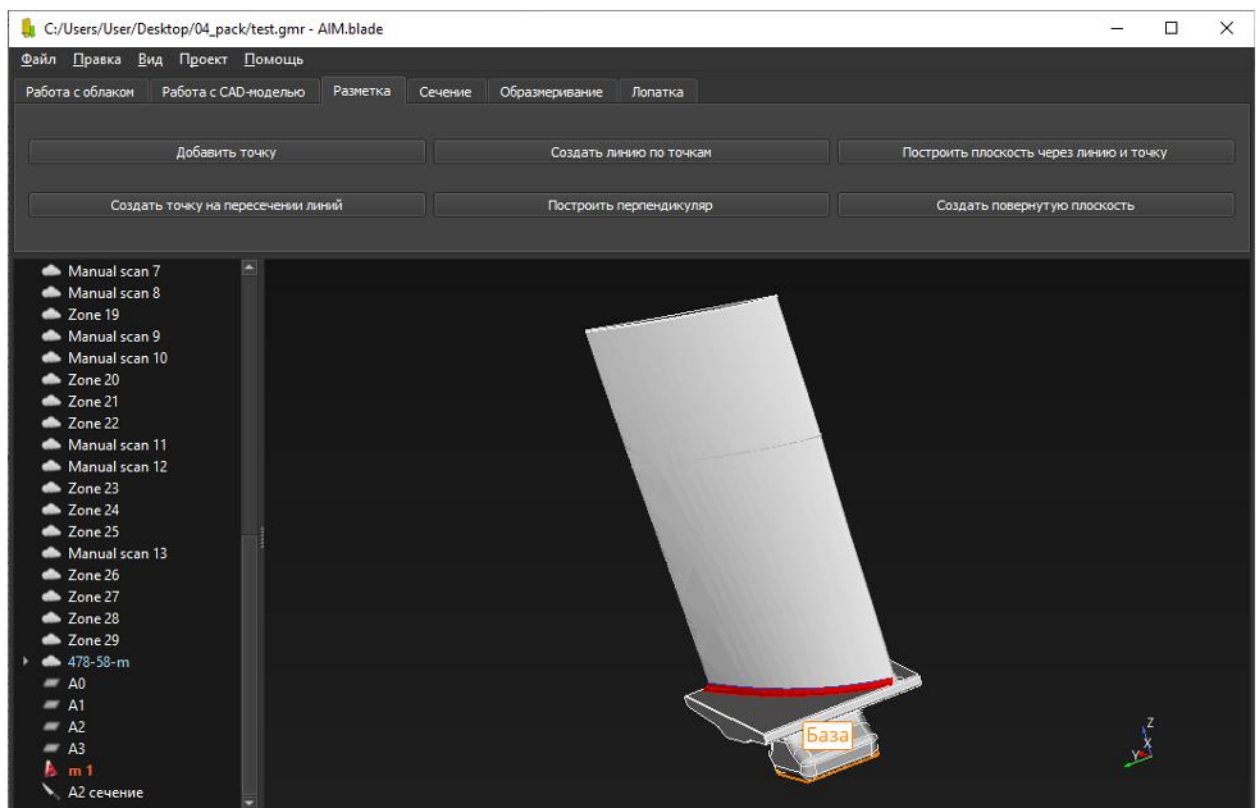


Рисунок 6.3. Выбранный элемент CAD модели для создания примитива «Точка».

Построение примитива «Точка» происходит по CAD путем нахождения центра масс выделенных примитивов. После построения в окне для работы с

трехмерными объектами появляется примитив «Точка» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.4).

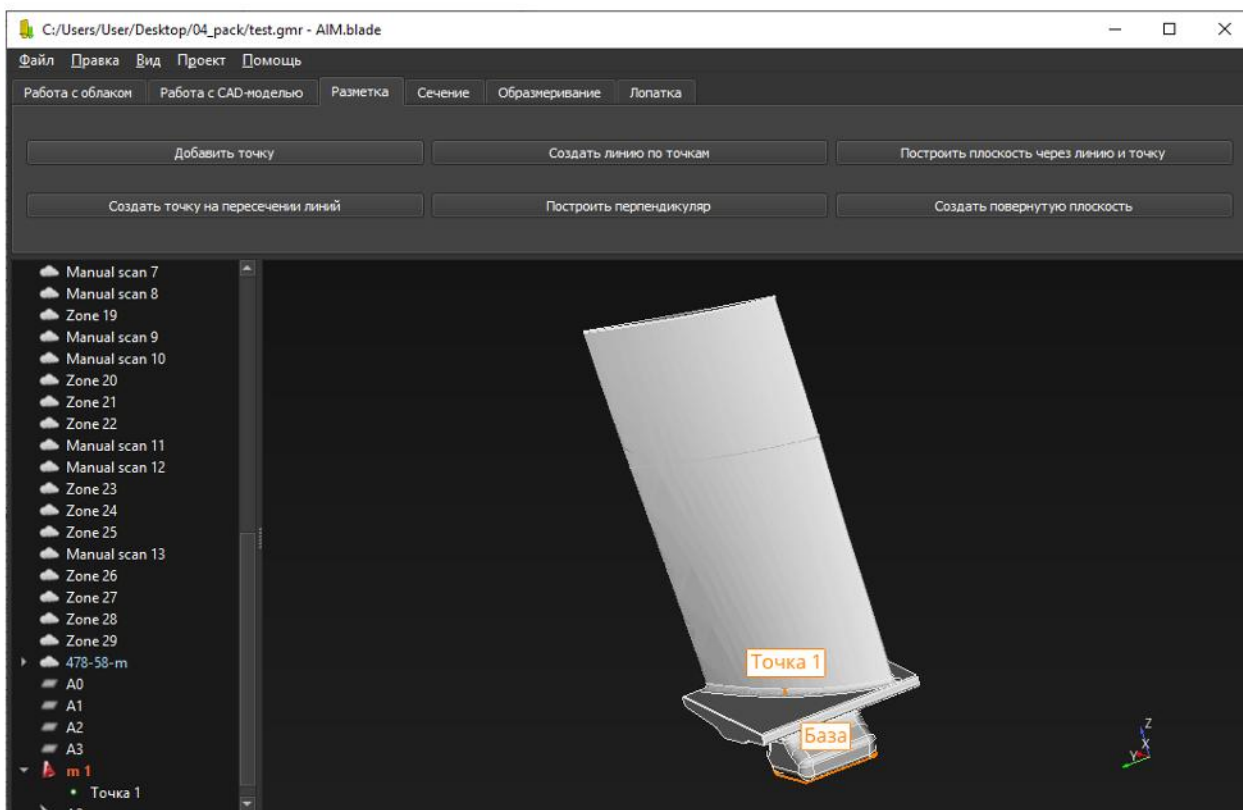


Рисунок 6.4. Созданный по элементу CAD модели примитив «Точка».

Линия в трехмерном пространстве. Чтобы выбрать построение данного примитива необходимо нажать на кнопку «Построить линию» во вкладке «Работа с облаком». При выборе этой функции должен появиться диалог (рисунок 6.5), в котором можно задать параметры: название примитива, максимальное расстояние между используемыми для усреднения точками, метод усреднения.

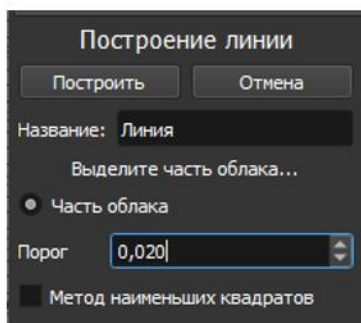


Рисунок 6.5. Диалог построения примитива «Линия».

После этого нужно выбрать две или более точек из интересующего облака точек. После нажатия кнопки «Построить» построение примитива «Линия» происходит по облаку путем усреднения методом наименьших квадратов. После построения в окне для работы с трехмерными объектами появляется примитив «Линия» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.6).

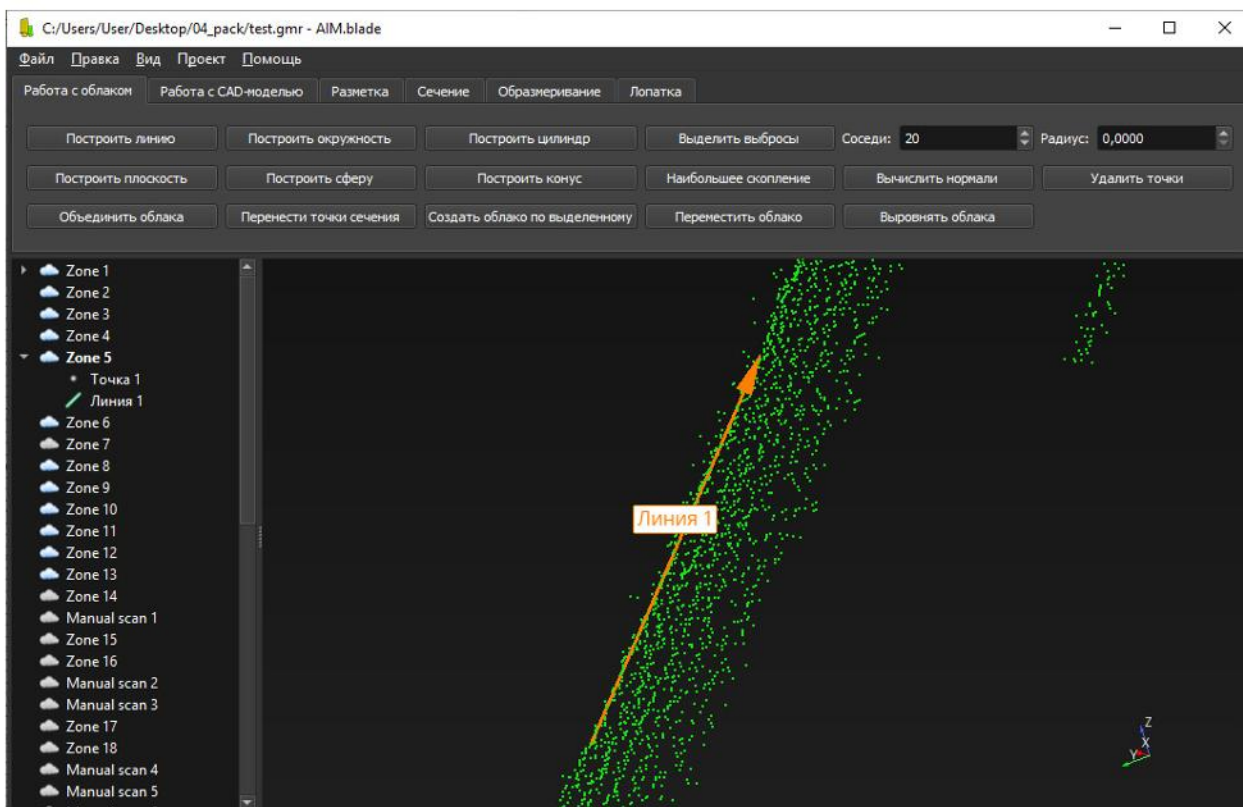


Рисунок 6.6. Созданный по облаку точек примитив «Линия».

Окружность в трехмерном пространстве. Чтобы выбрать построение данного примитива необходимо нажать на кнопку «Построить Окружность» во вкладке «Работа с облаком». При выборе этой функции должен появиться диалог (рисунок 6.7), в котором можно задать параметры: название примитива, максимальное расстояние между используемыми для усреднения точками, метод усреднения, минимальный возможный радиус, максимальный возможный радиус.

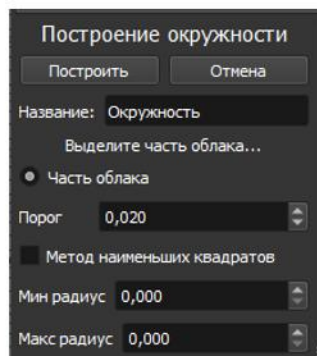


Рисунок 6.7. Диалог построения примитива «Окружность»

После этого нужно выбрать одну или более точек из интересующего облака точек. После нажатия кнопки «Построить» построение примитива «Окружность» происходит по облаку путем усреднения методом наименьших квадратов. После построения в окне для работы с трехмерными объектами появляется примитив «Окружность» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.8).

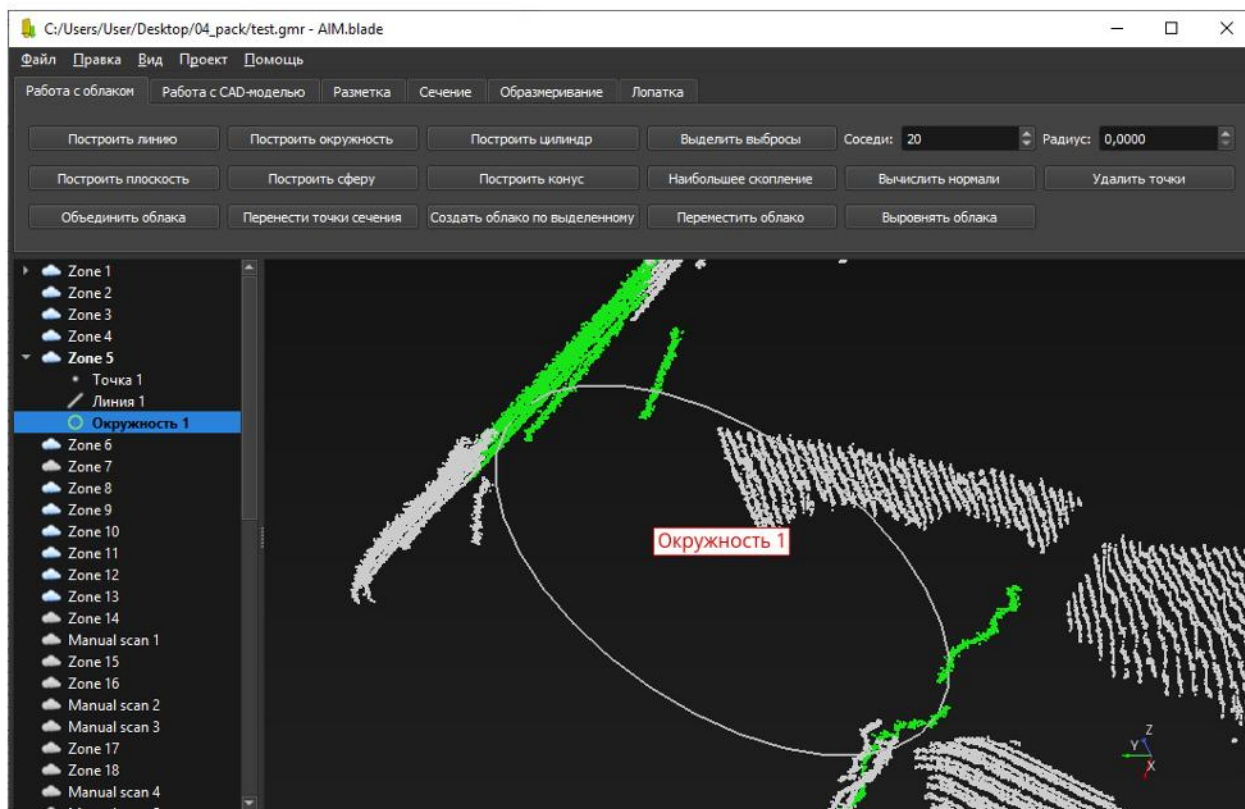


Рисунок 6.8. Созданный по облаку точек примитив «Окружность».

Плоскость в трехмерном пространстве. Чтобы выбрать построение данного примитива необходимо нажать на кнопку «Построить Плоскость» во вкладке «Работа с облаком». При выборе этой функции должен появиться

диалог (рисунок 6.9), в котором можно задать параметры: название примитива, максимальное расстояние между используемыми для усреднения точками, метод усреднения.

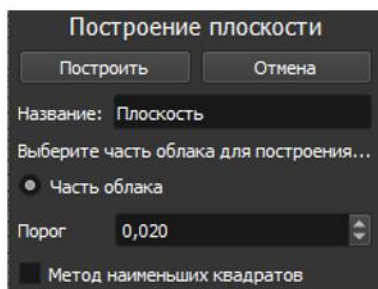


Рисунок 6.9. Диалог построения примитива «Плоскость» по облаку точек
После этого нужно выбрать одну или более точек из интересующего облака точек. После нажатия кнопки «Построить» построение примитива «Плоскость» происходит по облаку путем усреднения методом наименьших квадратов. После построения в окне для работы с трехмерными объектами появляется примитив «Плоскость» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.10).

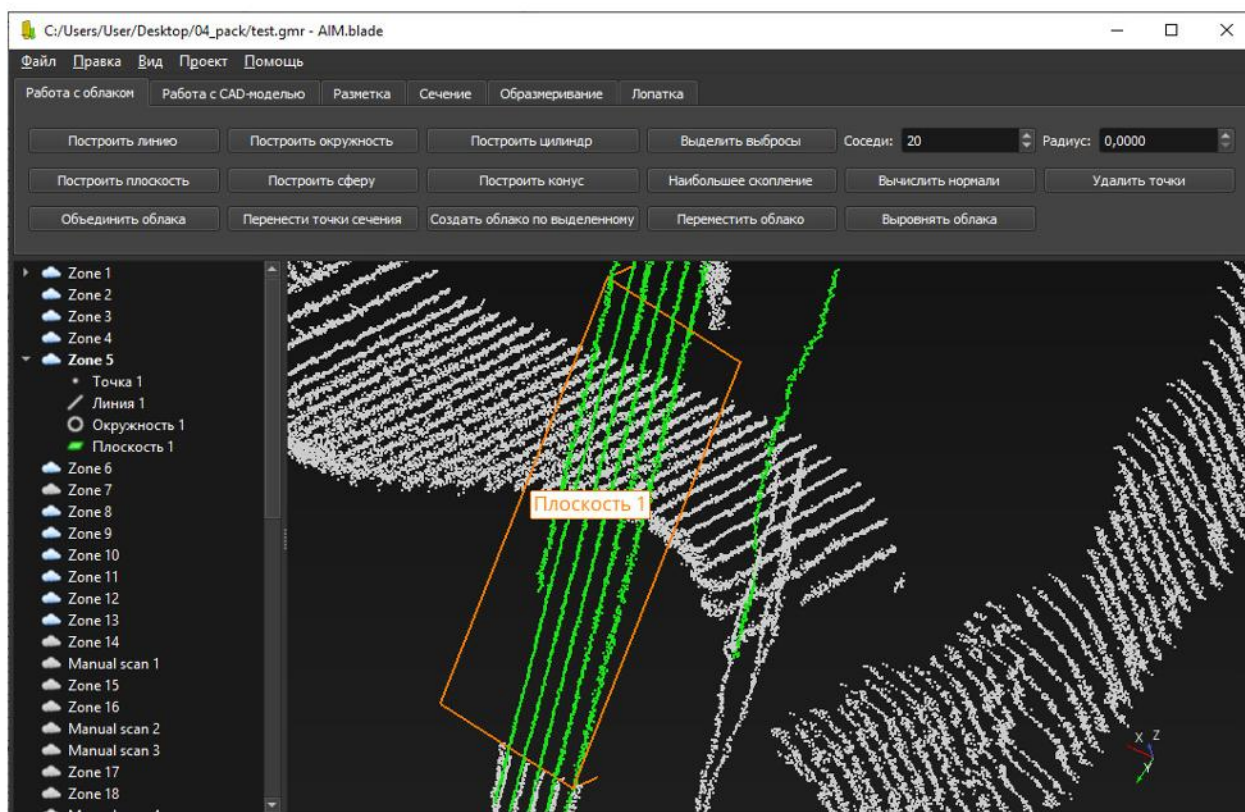


Рисунок 6.10. Созданный по облаку точек примитив «Плоскость».
Также реализовано построение примитива «Плоскость» по CAD модели.

Чтобы выбрать построение данного примитива необходимо нажать на кнопку «Построить Плоскость» во вкладке «Работа с CAD-моделью». При выборе этой функции должен появиться диалог (рисунок 6.11), в котором можно задать параметры: название примитива.

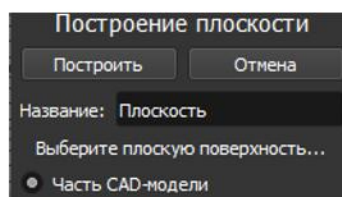


Рисунок 6.11. Диалог построения примитива «Плоскость» по CAD модели

Построение примитива «Плоскость» происходит по CAD путем усреднения методом наименьших квадратов. После построения в окне для работы с трехмерными объектами появляется примитив «Плоскость» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.12).

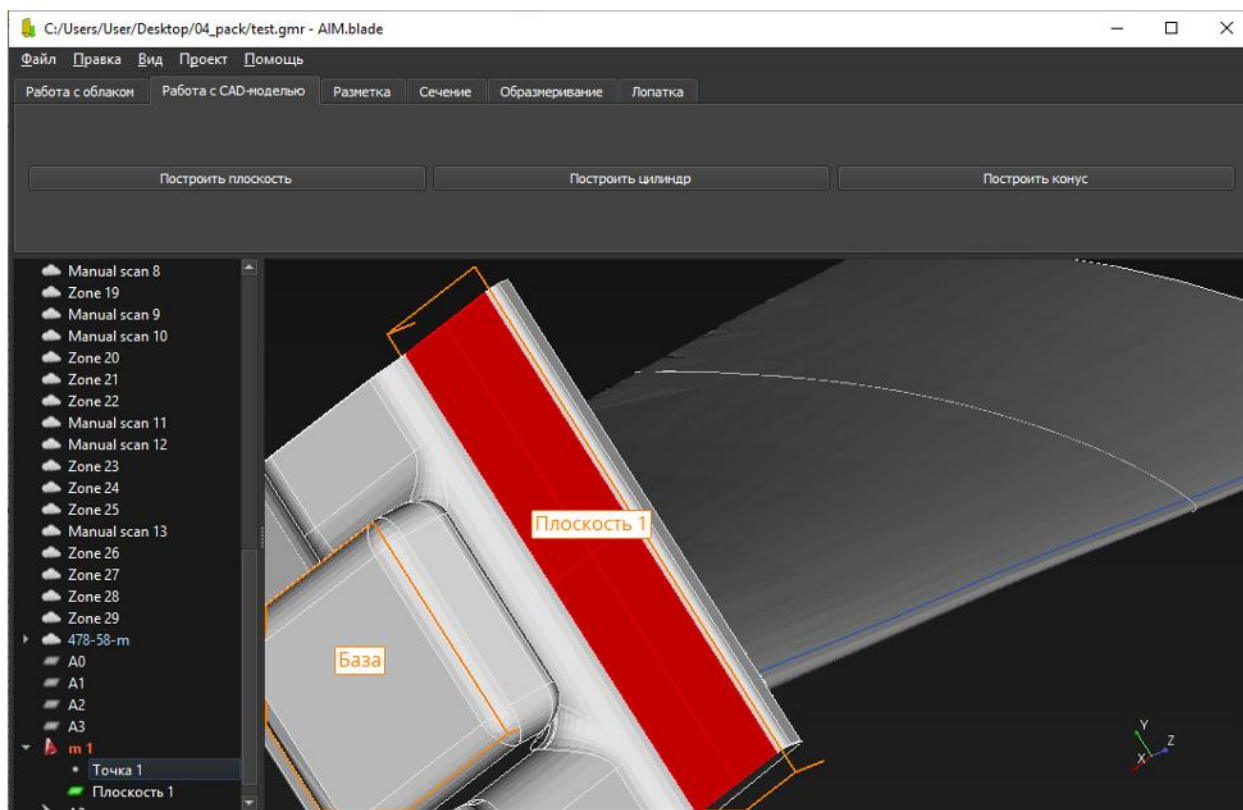


Рисунок 6.12. Созданный по CAD-модели примитив «Плоскость».

Сфера в трехмерном пространстве. Чтобы выбрать построение данного примитива необходимо нажать на кнопку «Построить Сферу» во вкладке

«Работа с облаком». При выборе этой функции должен появиться диалог (рисунок 6.13), в котором можно задать параметры название примитива, максимальное расстояние между используемыми для усреднения точками, метод усреднения.

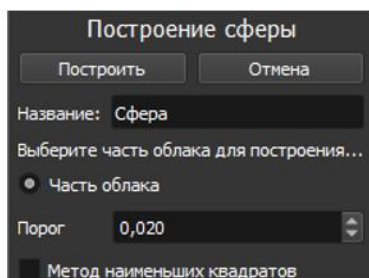


Рисунок 6.13. Диалог построения примитива «Сфера» по облаку точек. После этого нужно выбрать четыре или более точек из интересующего облака точек. После нажатия кнопки «Создать» построение примитива «Сфера» происходит по облаку путем усреднения методом наименьших квадратов. После построения в окне для работы с трехмерными объектами появляется примитив «Сфера» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.14).

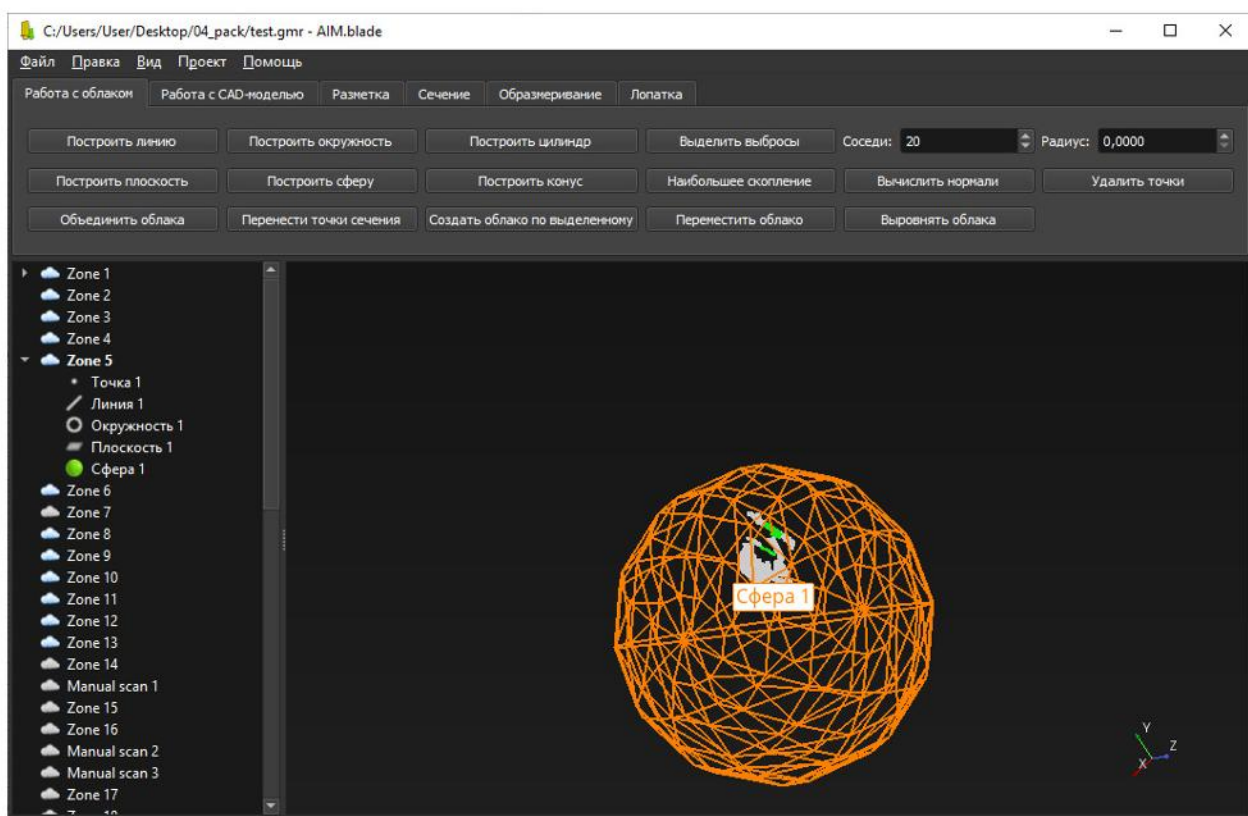


Рисунок 6.14. Созданный по облаку точек примитив «Сфера».

Цилиндр в трехмерном пространстве. Чтобы выбрать построение данного примитива необходимо нажать на кнопку «Построить Цилиндр» во вкладке «Работа с облаком». При выборе этой функции должен появиться диалог (рисунок 6.15), в котором можно задать параметры: название примитива, ожидаемый радиус цилиндра, количество точек участвующих одновременно в усреднении, максимальное расстояние между используемыми для усреднения точками, метод усреднения.

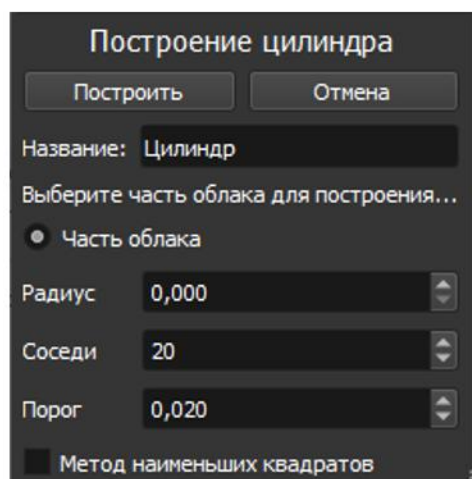


Рисунок 6.15. Диалог построения примитива «Цилиндр» по облаку точек. После этого нужно выбрать четыре или более точек из интересующего облака точек. После нажатия кнопки «Построить» построение примитива «Цилиндр» происходит по облаку путем усреднения методом наименьших квадратов. После построения в окне для работы с трехмерными объектами появляется примитив «Цилиндр» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.16).

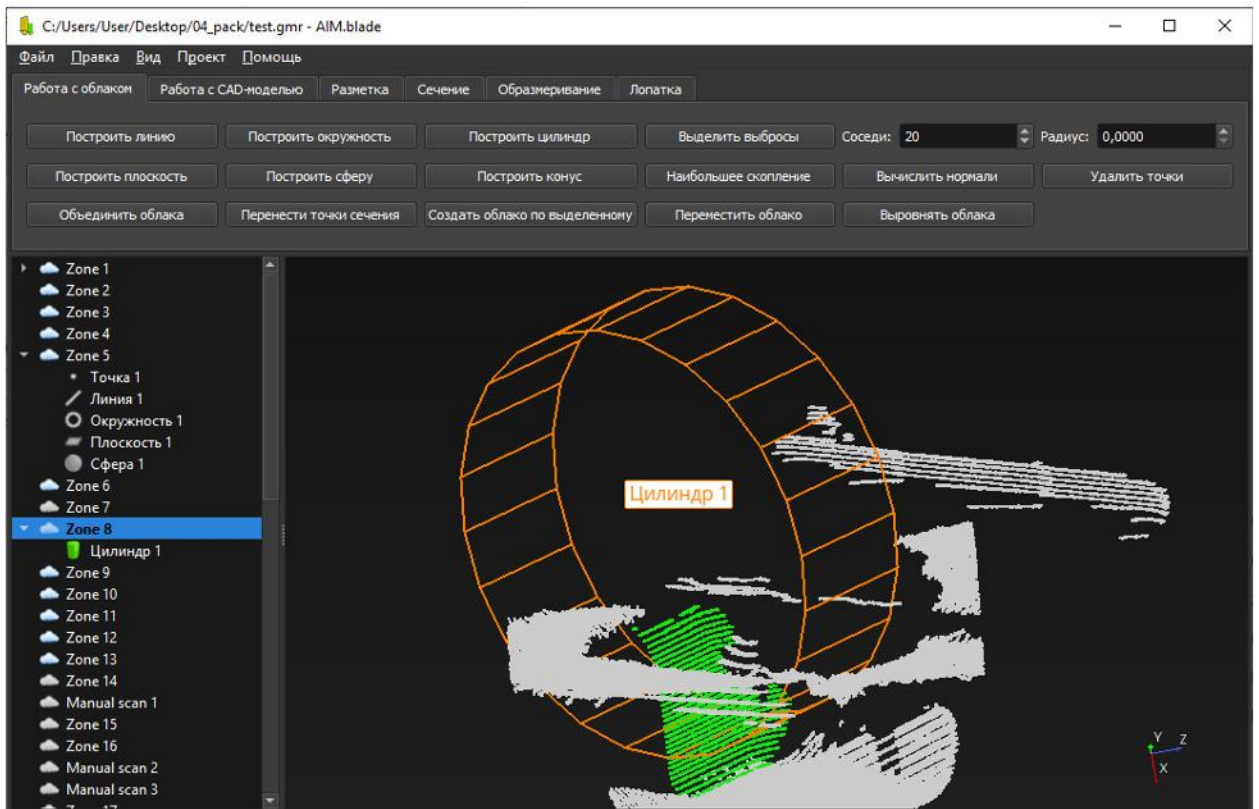


Рисунок 6.16. Созданный по облаку точек примитив «Цилиндр».

Также реализовано построение примитива «Цилиндр» по CAD модели.

Чтобы выбрать построение данного примитива необходимо нажать на кнопку «Построить Цилиндр» во вкладке «Работа с CAD-моделью». При выборе этой функции должен появиться диалог (рисунок 6.17), в котором можно задать параметры: название.

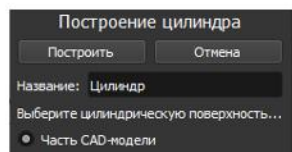


Рисунок 6.17. Диалог построения примитива «Цилиндр» по CAD модели

Построение примитива «Цилиндр» происходит по CAD путем усреднения методом наименьших квадратов. После построения в окне для работы с трехмерными объектами появляется примитив «Цилиндр» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.18).

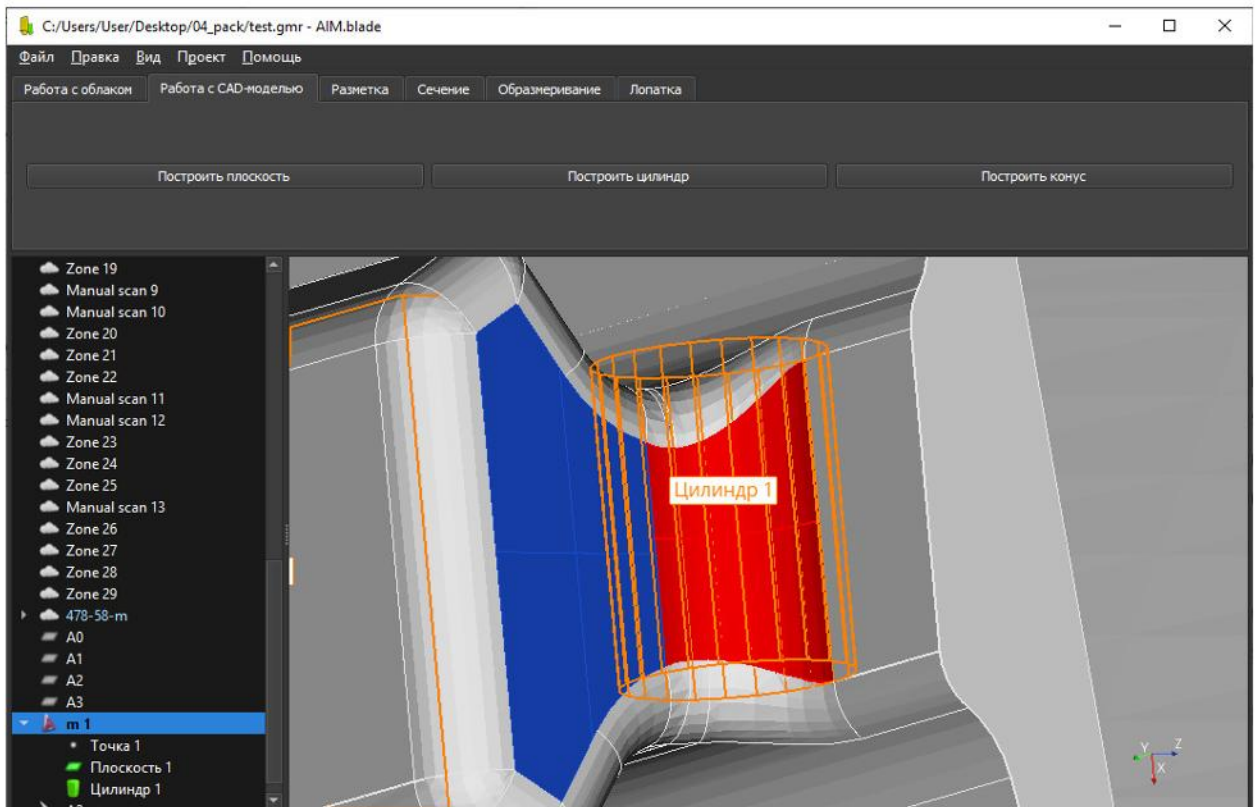


Рисунок 6.18. Созданный по CAD-модели примитив «Цилиндр».

Конус в трехмерном пространстве. Чтобы выбрать построение данного примитива необходимо нажать на кнопку «Построить Конус» во вкладке «Работа с облаком». При выборе этой функции должен появиться диалог (рисунок 6.19), в котором можно задать параметры: название примитива, ожидаемый радиус основания конуса, количество точек участвующих одновременно в усреднении, максимальное расстояние между используемыми для усреднения точками, метод усреднения.

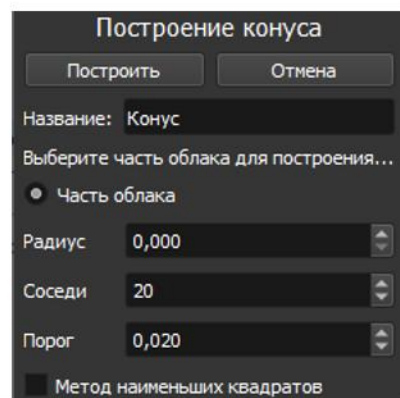


Рисунок 6.19. Диалог построения примитива «Конус» по облаку точек

После этого нужно выбрать четыре или более точек из интересующего облака точек. После нажатия кнопки «Построить» построение примитива

«Конус» происходит по облаку путем усреднения методом наименьших квадратов. После построения в окне для работы с трехмерными объектами появляется примитив «Конус» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.20).

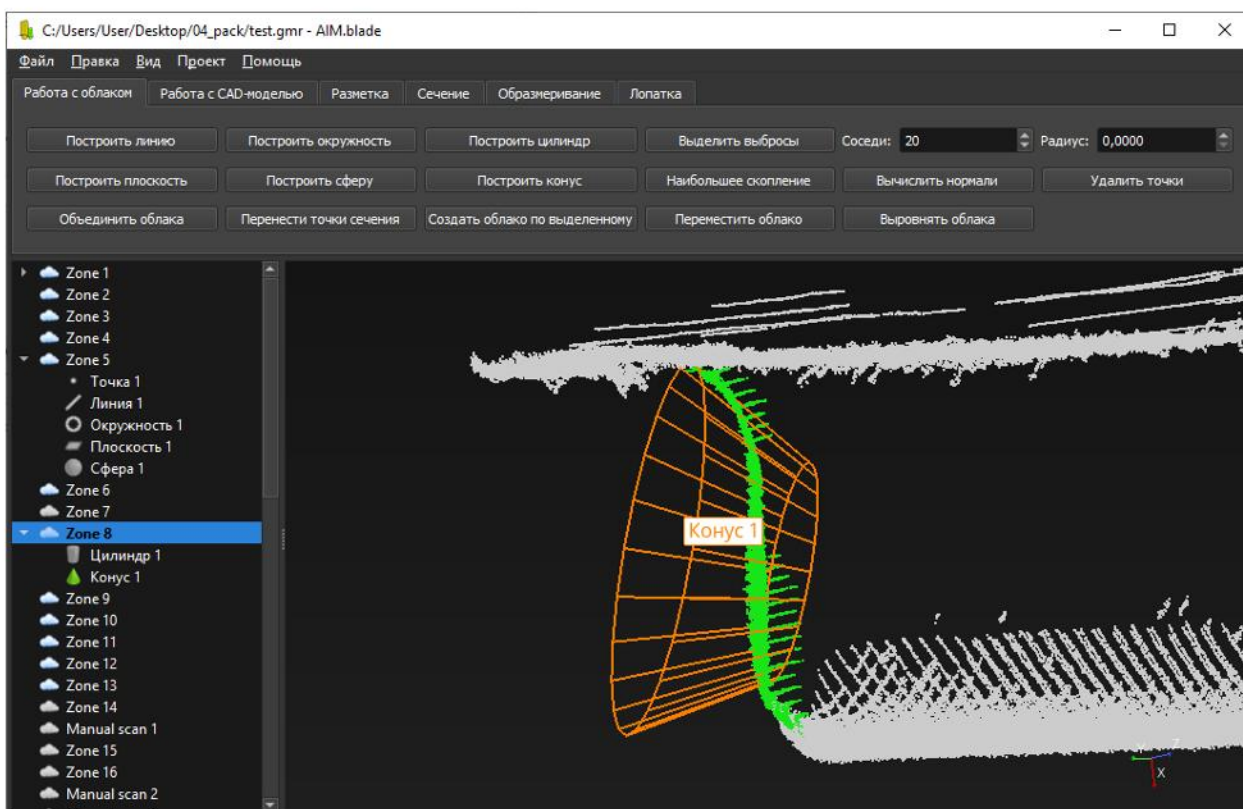


Рисунок 6.20. Созданный по облаку точек примитив «Конус».

Также реализовано построение примитива «Конус» по CAD модели.

Чтобы выбрать построение данного примитива необходимо нажать на кнопку «Построить Конус» во вкладке «Работа с CAD-моделью». При выборе этой функции должен появиться диалог (рисунок 6.21), в котором можно задать параметры: название примитива.

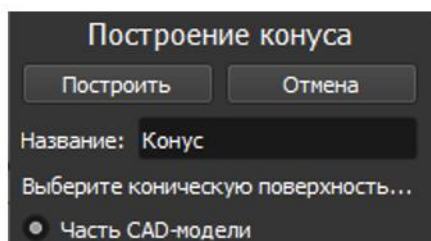


Рисунок 6.21. Диалог построения примитива «Конус» по CAD модели

Построение примитива «Конус» происходит по САД путем усреднения методом наименьших квадратов. После построения в окне для работы с трехмерными объектами появляется примитив «Конус» с порядковым номером, в дереве построения примитивов он также появляется, привязанный к объекту, на котором он создан (рисунок 6.22).

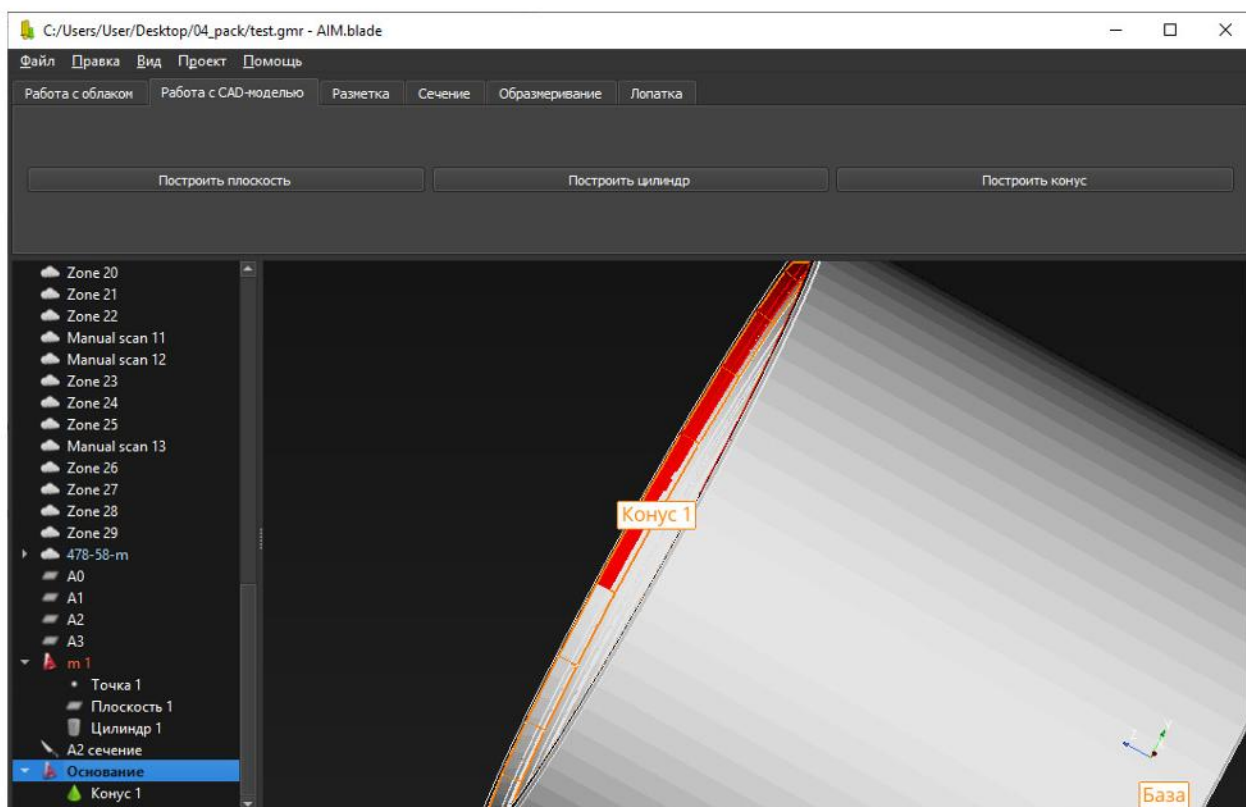


Рисунок 6.22. Созданный по САД-модели примитив «Конус».

Для показа информации о любом примитиве необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на имя примитива, после чего в информационном окне появятся данные о нем (рисунок 6.23).

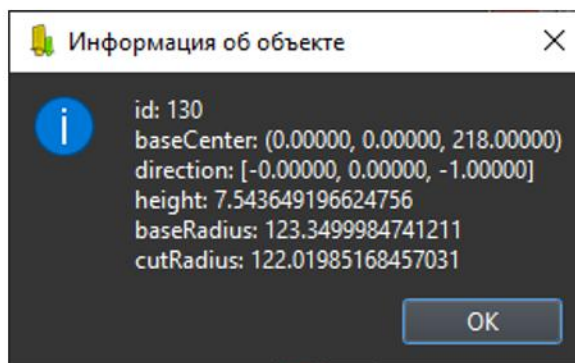


Рисунок 6.23. Информация о созданном по САД-модели примитив «Конус».

7. Генерация отчета

По результатам сканирования изношенной лопатки производится генерация отчета о ее текущем состоянии и прогнозе качества после восстановления. Данная информация необходима для технологов, чтобы они могли оценить корректность работы программного обеспечения для прогнозирования качества.

В первой части отчета задается эталонная трехмерная модель лопатки (рисунок 7.1).



Рисунок 7.1. Трехмерная твердотельная модель эталонной лопатки.

В отчете демонстрируются базовые плоскости на хвостовике и отклонение от плоскостности облаков точек, по которым они были аппроксимированы. Эти данные учитываются метрологом и алгоритмами при вынесении решения о корректности базирования облака точек, снятого с поверхности хвостовика изношенной лопатки, относительно эталонной модели. Для каждой плоскости приводятся данные о количестве точек и величине среднего квадратичного отклонения, которое определяет разброс точек относительно плоскости (рисунок 7.2).

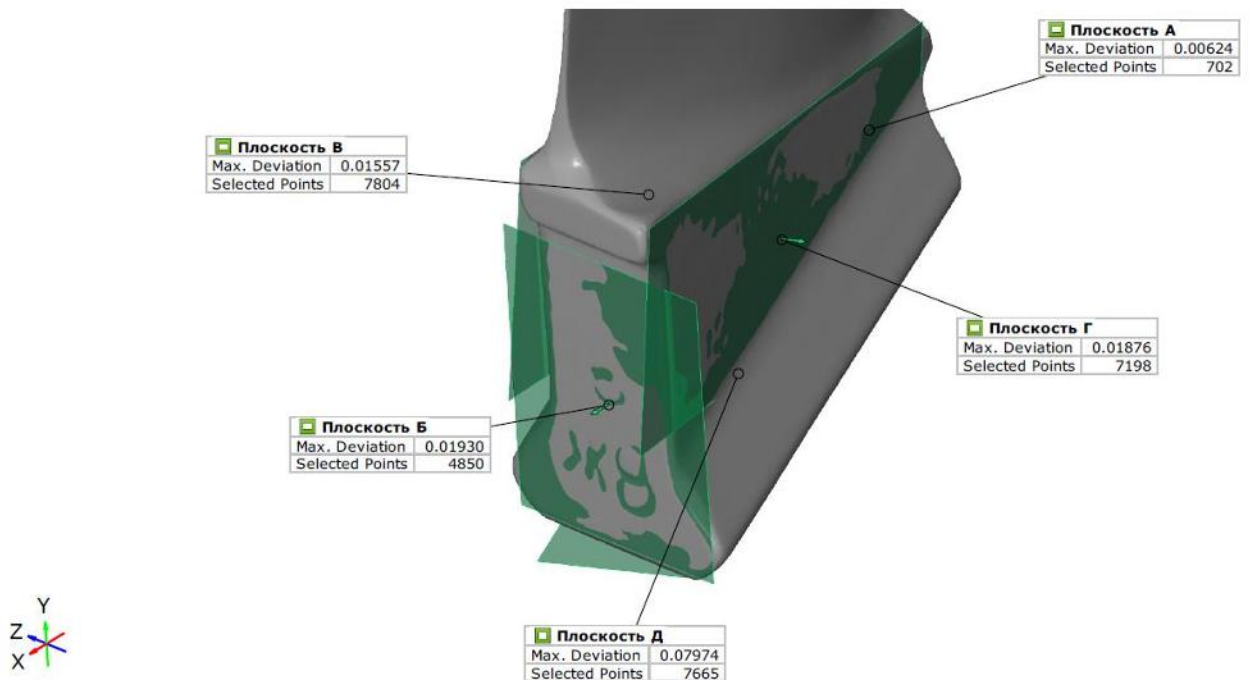


Рисунок 7.2. Базирование и совмещение по плоскостям (базовой и привалочным) трехмерного облака точек с эталонной трехмерной моделью.

После наложения в отчете демонстрируется результат совмещения облака точек и эталонной модели лопатки (рисунок 7.3).

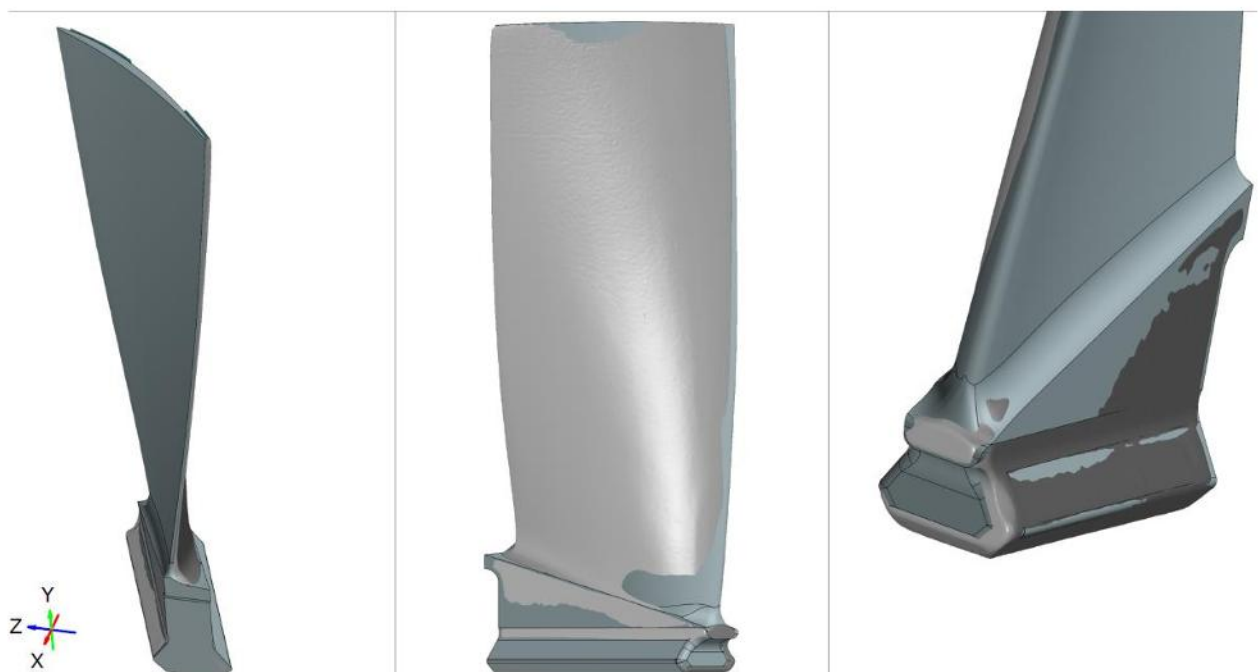


Рисунок 7.3. Результат совмещения по плоскостям (базовой и привалочным) трехмерного облака точек с эталонной трехмерной моделью.

После выравнивания по плоскостям хвостовика создается карта невязок, полученная в результате сравнения облака точек, собранного с поверхности

изношенной лопатки, с трехмерной моделью идеальной лопатки (рисунок 7.4-7.5).

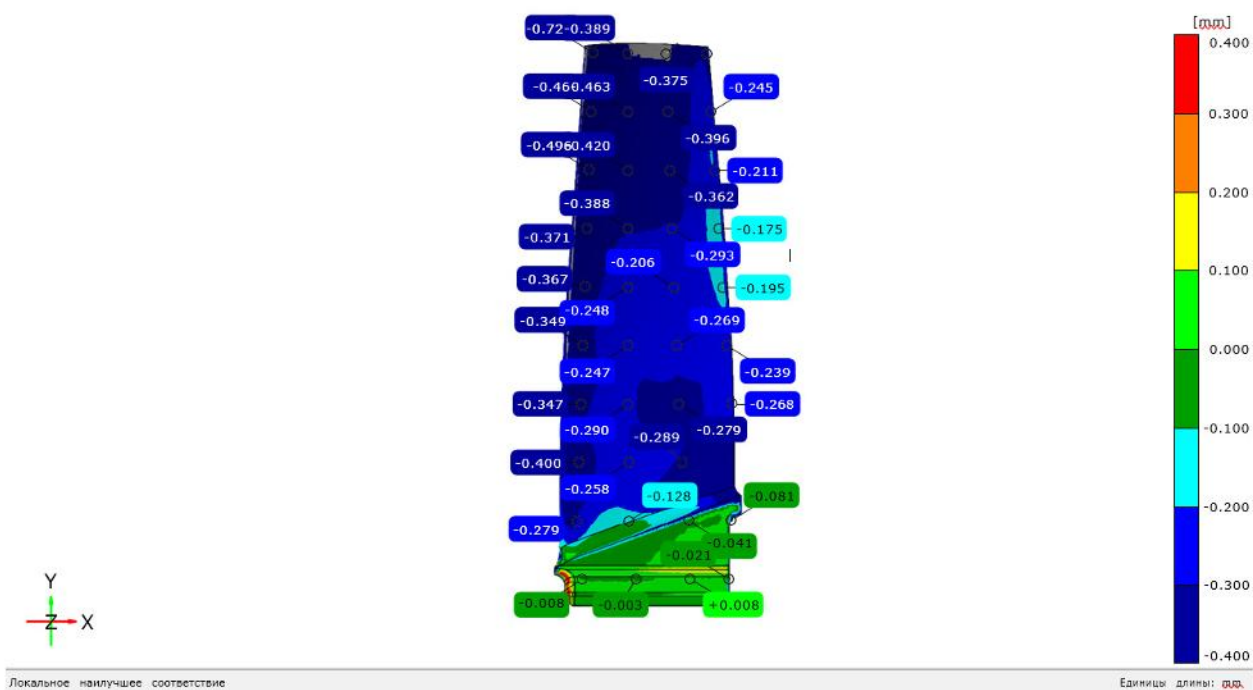


Рисунок 7.4. Результат расчета карты невязок между трехмерным облаком точек и трехмерной моделью лопатки с выпуклой стороны пера лопатки.

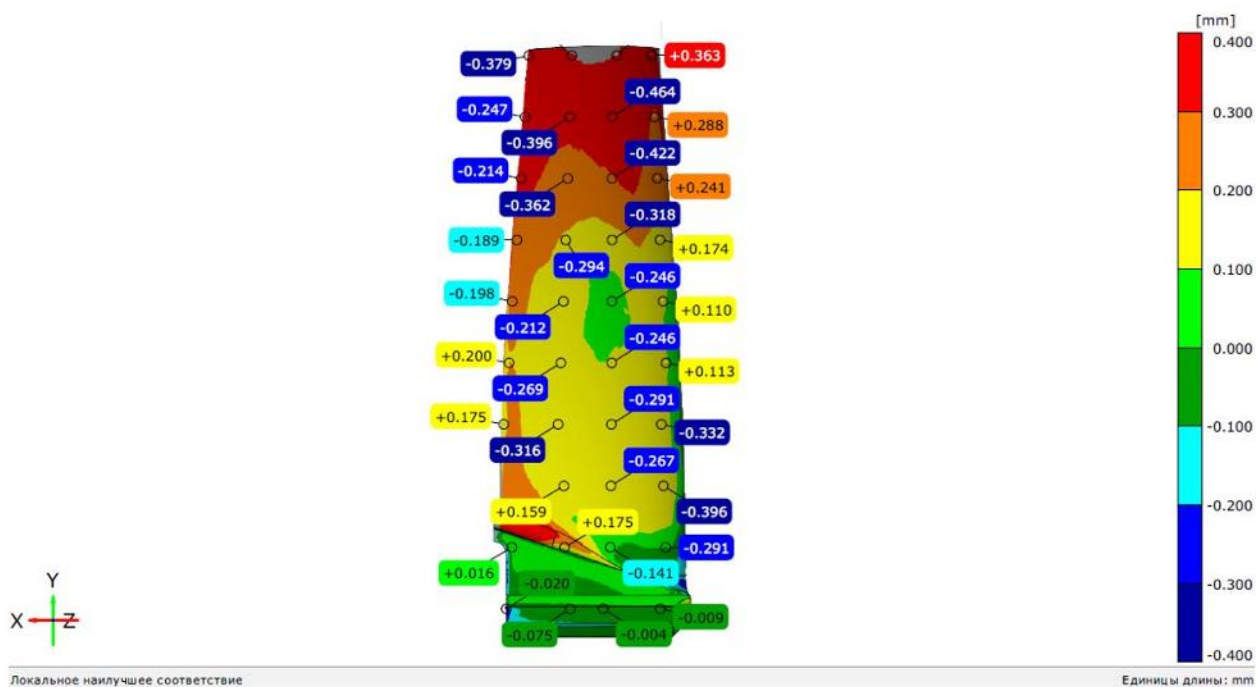


Рисунок 7.5. Результат расчета карты невязок между трехмерным облаком точек и трехмерной моделью лопатки со стороны впадины пера лопатки.

Также после выравнивания по плоскостям хвостовика строятся сечения пера лопатки в плоскостях параллельных базовой и отстоящих от нее на определенные расстояния (рисунок 7.6).

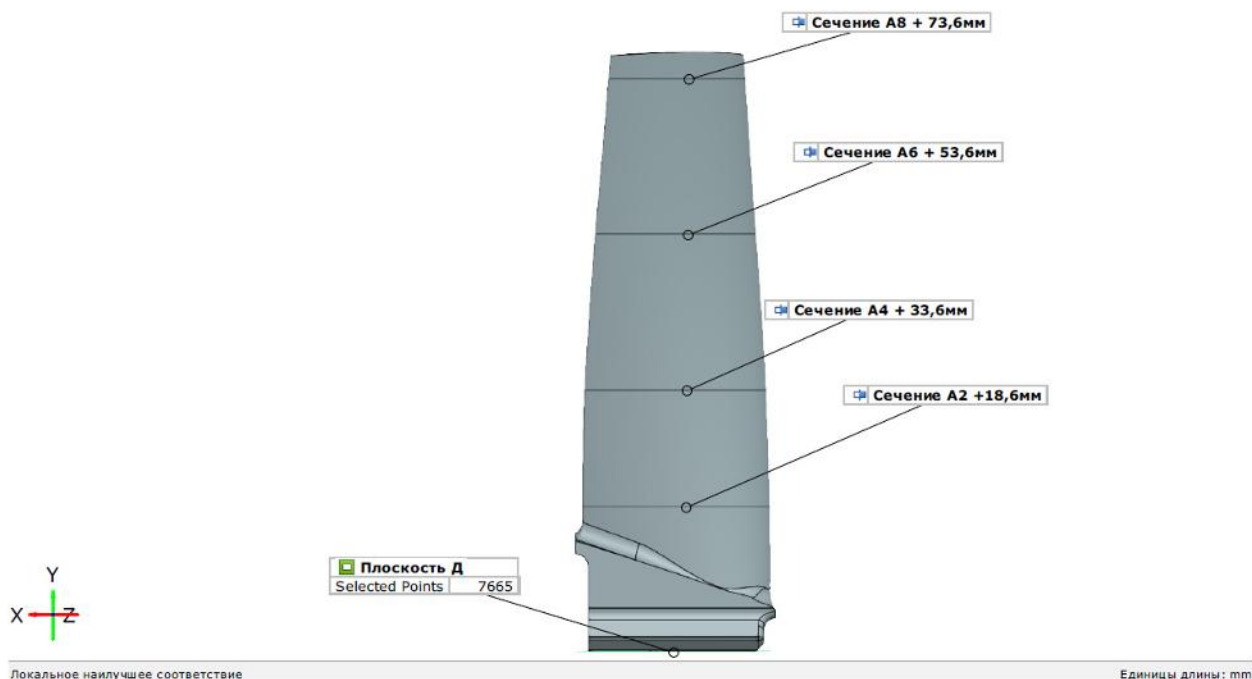


Рисунок 7.6. Сечения турбинной лопатки, построенные в плоскостях параллельных базовой плоскости на заданном расстоянии от базовой плоскости.

В каждом сечении определяются параметры лопатки и их отклонения:

- Центр масс и его отклонения по X, Y, Z;
- Окружность задней кромки (ЗКО);
- Окружность передней кромки (ЗКО);
- Толщина пера (mptd);
- Толщина задней кромки (ЗК ПТК);
- Толщина передней кромки (ПК ПТК);
- Хорда.

Сечение А2 находится для данного типа лопаток на расстоянии 18,6 мм. (рисунок 7.7).

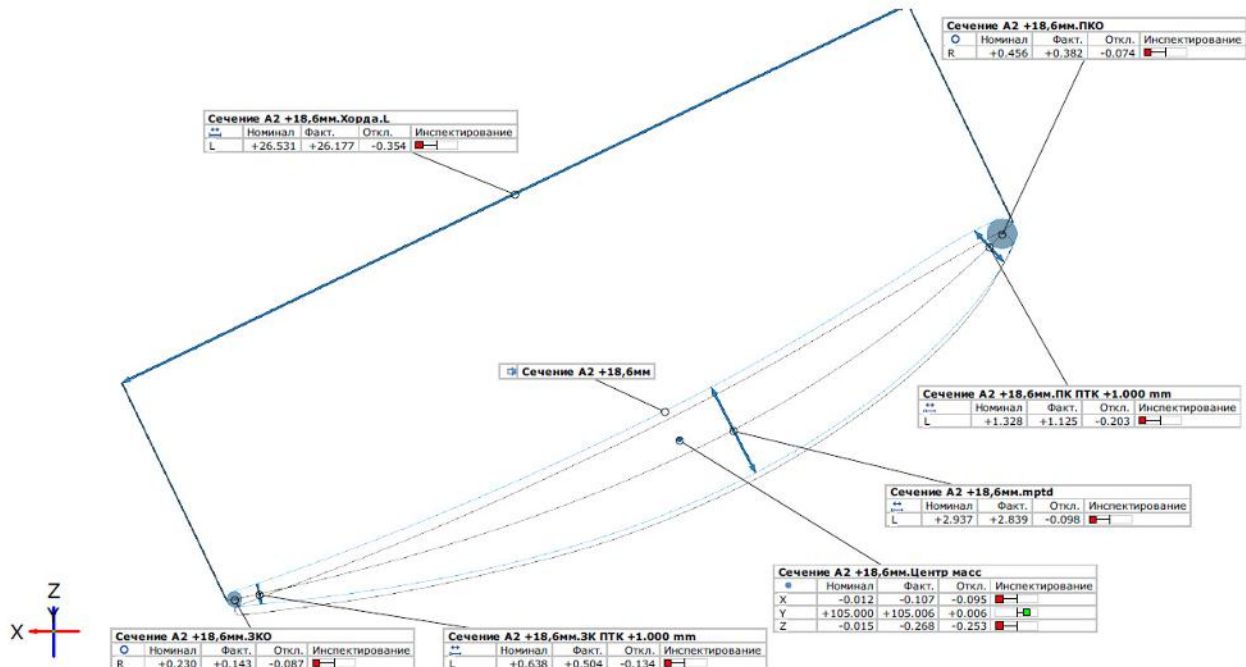


Рисунок 7.7. Определение размеров геометрических элементов в сечении A2 пера лопатки.

Результаты измерений сечения A2 приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерения геометрических элементов в сечении A2 пера лопатки.

Элемент	Номинал	Реальное знач.	Нижний предел	Верхний предел	Отклонение	Вне допуска
Сечение A2 +18,6мм. Центр масс	-0.012	-0.107	-0.010	+0.010	-0.095	-0.085
Сечение A2 +18,6мм. Центр масс	+105.000	+105.006	-0.010	+0.010	+0.006	
Сечение A2 +18,6мм. Центр масс	-0.015	-0.268	-0.010	+0.010	-0.253	-0.243
Сечение A2 +18,6мм. ЗКО	+0.230	+0.143	-0.010	+0.010	-0.087	-0.077
Сечение A2 +18,6мм. ПКО	+0.456	+0.382	-0.010	+0.010	-0.074	-0.064
Сечение A2 +18,6мм. mptd	+2.937	+2.839	-0.010	+0.010	-0.098	-0.088

Элемент	Номинал	Реальное знач.	Нижний предел	Верхний предел	Отклонение	Вне допуска
Сечение А2 +18,6мм. ЗК ПТК +1.000 mm	+0.638	+0.504	-0.010	+0.010	-0.134	-0.124
Сечение А2 +18,6мм. ПК ПТК +1.000 mm	+1.328	+1.125	-0.010	+0.010	-0.203	-0.193
Сечение А2 +18,6мм. Хорда	+26.531	+26.177	-0.010	+0.010	-0.354	-0.344

Сечение А4 находится для данного типа лопаток на расстоянии 33,6 мм.
(рисунок 7.8).

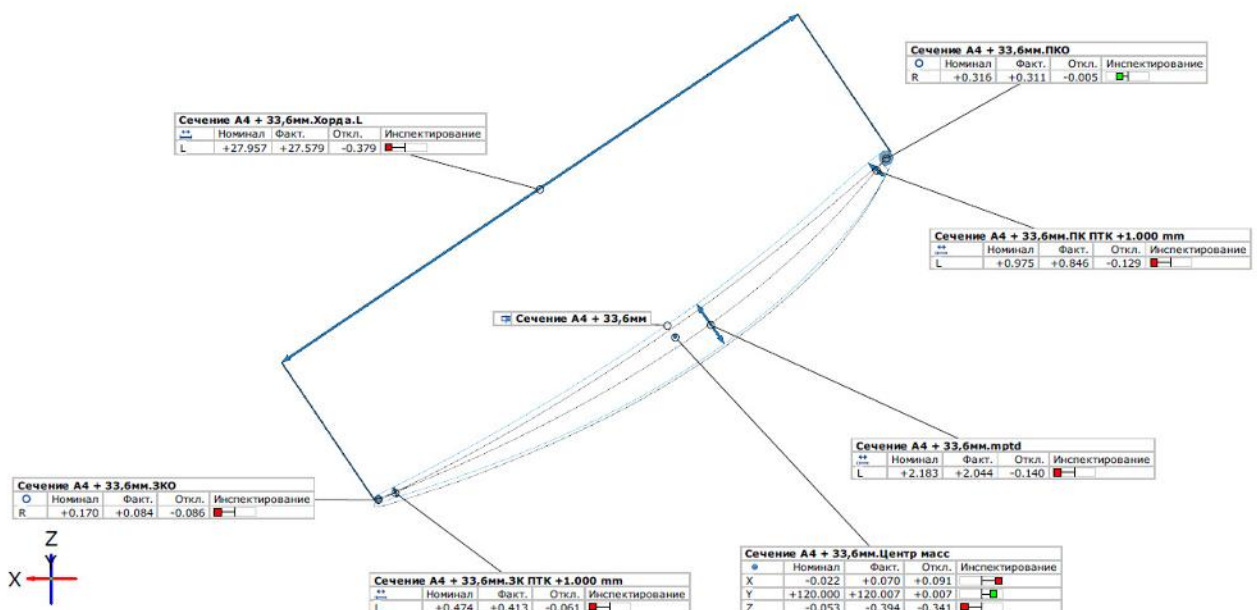


Рисунок 7.8. Определение размеров геометрических элементов в сечении А4 пера лопатки.

Результаты измерений сечения А4 приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты измерения геометрических элементов в сечении А4 пера лопатки.

Элемент	Номинал	Реальное знач.	Нижний предел	Верхний предел	Отклонение	Вне допуска
Сечение А4 + 33,6мм. Центр масс	-0.022	+0.070	-0.010	+0.010	+0.091	+0.081

Элемент	Номинал	Реальное знач.	Нижний предел	Верхний предел	Отклон ение	Вне допуска
Сечение А4 + 33,6мм. Центр масс	+120.000	+120.007	-0.010	+0.010	+0.007	
Сечение А4 + 33,6мм. Центр масс	-0.053	-0.394	-0.010	+0.010	-0.341	-0.331
Сечение А4 + 33,6мм. ЗКО	+0.170	+0.084	-0.010	+0.010	-0.086	-0.076
Сечение А4 + 33,6мм. ПКО	+0.316	+0.311	-0.010	+0.010	-0.005	
Сечение А4 + 33,6мм. mptd	+2.183	+2.044	-0.010	+0.010	-0.140	-0.130
Сечение А4 + 33,6мм. ЗК ПТК +1.000 mm	+0.474	+0.413	-0.010	+0.010	-0.061	-0.051
Сечение А4 + 33,6мм. ПК ПТК +1.000 mm	+0.975	+0.846	-0.010	+0.010	-0.129	-0.119
Сечение А4 + 33,6мм. Хорда	+27.957	+27.579	-0.010	+0.010	-0.379	-0.369

Сечение А6 находится для данного типа лопаток на расстоянии 53,6 мм.
(рисунки 7.9 и 7.10).

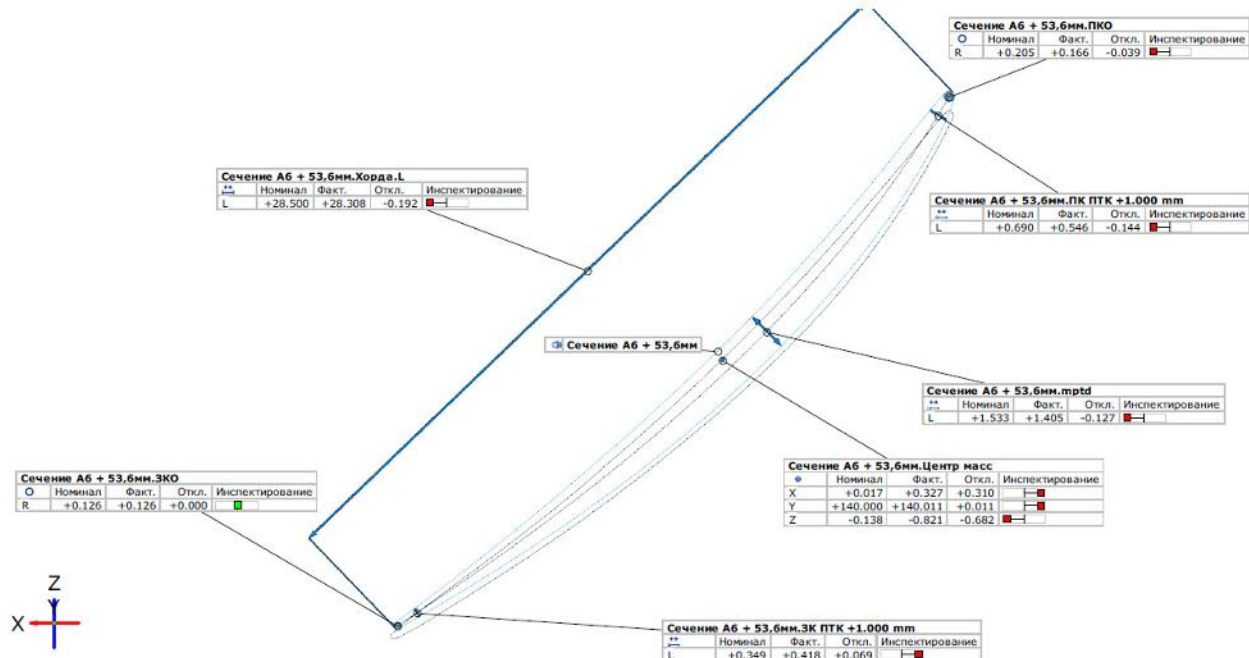


Рисунок 7.9. Определение размеров геометрических элементов в сечении A6 пера лопатки.

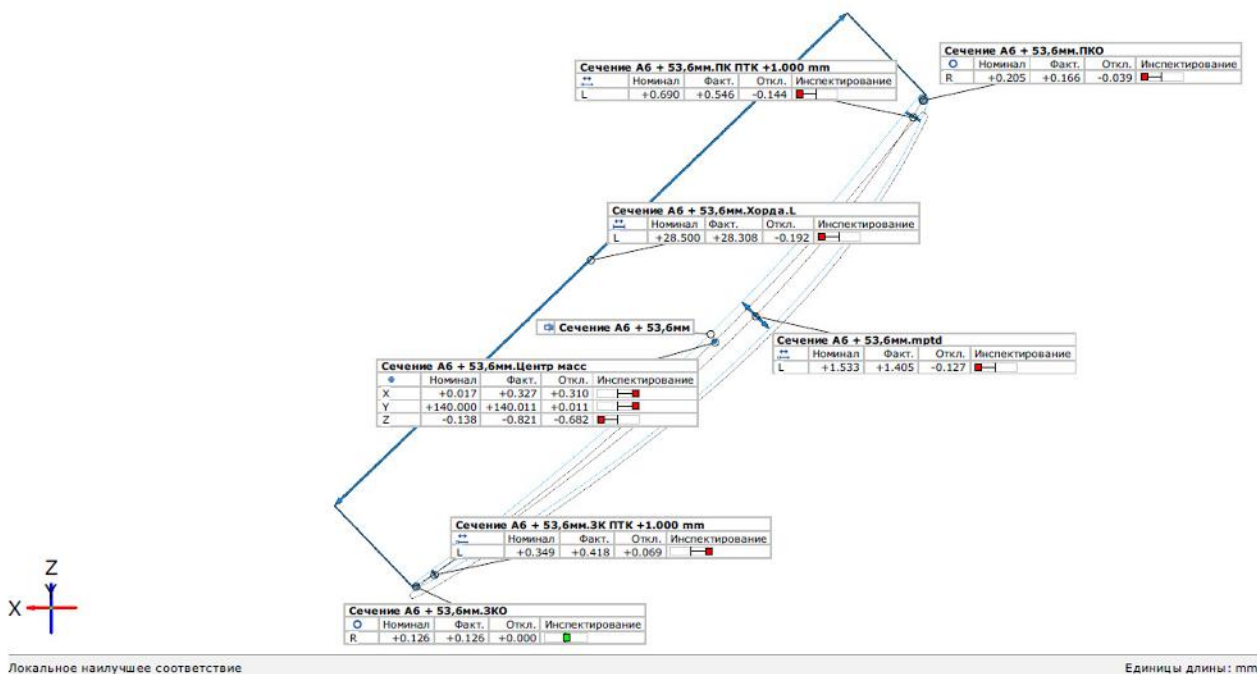


Рисунок 7.10. Определение размеров геометрических элементов в сечении A6 пера лопатки.

Сечение A8 находится для данного типа лопаток на расстоянии 73,6 мм. (рисунок 7.11).

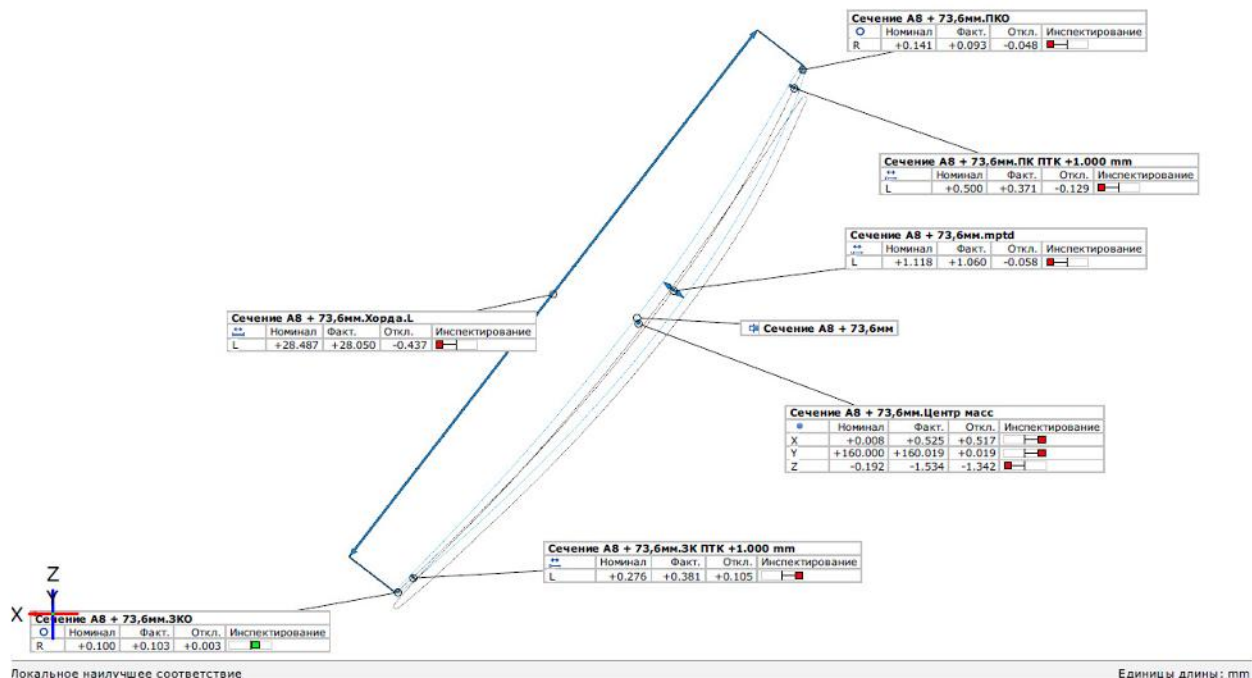


Рисунок 7.11. Определение размеров геометрических элементов в сечении А8 пера лопатки.

Результаты измерений сечения А8 приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты измерения геометрических элементов в сечении А8 пера лопатки.

Элемент	Номинал	Реальное знач.	Нижний предел	Верхний предел	Отклонение	Вне допуска
Сечение А8 + 73,6мм. Центр масс	+0.008	+0.525	-0.010	+0.010	+0.517	+0.507
Сечение А8 + 73,6мм. Центр масс	+160.000	+160.019	-0.010	+0.010	+0.019	+0.009
Сечение А8 + 73,6мм. Центр масс	-0.192	-1.534	-0.010	+0.010	-1.342	-1.332
Сечение А8 + 73,6мм. ЗКО	+0.100	+0.103	-0.010	+0.010	+0.003	
Сечение А8 + 73,6мм. ПКО	+0.141	+0.093	-0.010	+0.010	-0.048	-0.038
Сечение А8 + 73,6мм. mptd	+1.118	+1.060	-0.010	+0.010	-0.058	-0.048

Элемент	Номинал	Реальное знач.	Нижний предел	Верхний предел	Отклон ение	Вне допуска
Сечение А8 + 73,6мм. ЗК ПТК +1.000 mm	+0.276	+0.381	-0.010	+0.010	+0.105	+0.095
Сечение А8 + 73,6мм. ПК ПТК +1.000 mm	+0.500	+0.371	-0.010	+0.010	-0.129	-0.119
Сечение А8 + 73,6мм. Хорда	+28.487	+28.050	-0.010	+0.010	-0.437	-0.427

В результате на основе данных отчета генерируется заключение о ремонтпригодности турбинной лопатки.

Чтобы экспортировать облако точек из проекта, нужно выбрать объект в дереве объектов, нажать ПКМ и нажать на «Экспортировать в OBJ файл» или «Экспортировать в PCD файл» в выпадающем меню (рисунок 7.12). После чего в диалоговом окне нужно выбрать название файла и папку для сохранения.

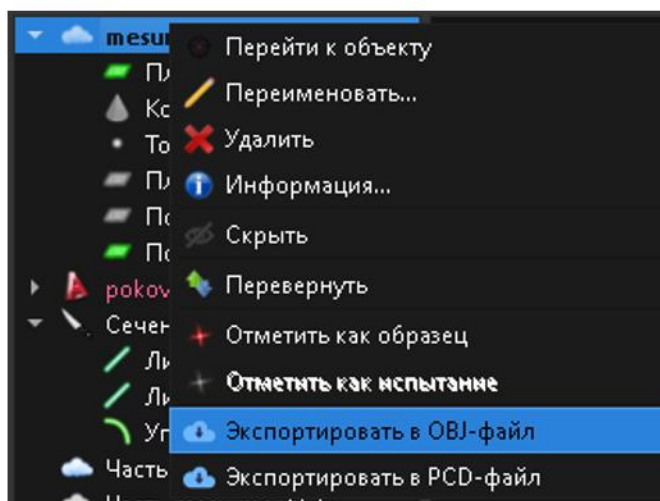


Рисунок 7.12. Экспорт облака точек в файл.