

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Работа выполнена в СКПБ «Оптико-электронные методы в землеустройстве  
и кадастрах»

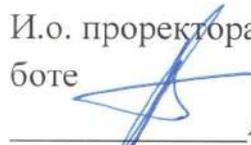
СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

  
(подпись) Е.М. Димитриади  
« 16 » 05 20 25 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной ра-  
боте

  
(подпись) А.В. Космынин  
« 16 » 05 20 25 г.

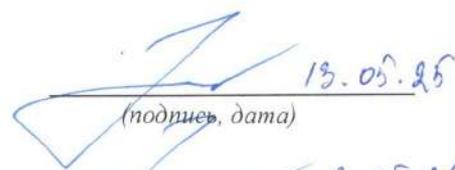
Декан факультета кадастра и  
строительства

  
(подпись) Н.В. Гринкруг  
« 16 » 05 20 25 г.

**«Методика координирования и размерный контроль пространственного  
расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной  
координатно-измерительной системы API OMNITRAC»**

Комплекс конструкторской/ проектной документации

Руководитель СКПБ

  
(подпись, дата) 13.05.25 В.И. Зайков

Руководитель проекта

  
(подпись, дата) 13.05.25 В.И. Зайков

Комсомольск-на-Амуре 2025

### Карточка проекта

Название	«Методика координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC»
Тип проекта	<i>Техническое творчество (инициативный)</i>
Исполнители	Крисюк Светлана Леонидовна гр. 1К36-1 
Срок реализации	Начало выполнения - декабрь 2024 г. Окончание выполнения – март 2025 г.

### Использованное оборудование и программное обеспечение

Наименование	Количество, шт.
программный пакет SPATIAL ANALYZE	1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

## ЗАДАНИЕ

на разработку

Название проекта: «Методика координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC»

Назначение: Координирование и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля

Область использования: Аппаратно-программное обеспечение сборочно-монтажных работ

Техническое описание устройства: Технология координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC

Функциональное описание проекта: Оптимизация процесса, связанного с решением высокоточных контрольно-измерительных задач на базе аппаратно-программного комплекса лазерно-оптических координатно-измерительных систем различного назначения, во многом зависят от точности локализации между объектом, который подвергается контролю, и измерительной аппаратурой. Интерфейс и математический аппарат обработки результатов измерений лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2 реализован на базе программного модуля SPATIAL ANALYZER. В данном проекте выполнен анализ и разработана методика контрольно-измерительных операций, осуществляемых при координировании и размерном контроле пространственного положения конструкции стапеля для агрегатной сборки.

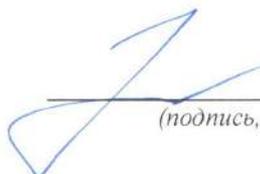
Таблица 1 - План работ:

Наименование работ	Срок
Информационное исследование и теоретическое обоснование проекта	30.11.2024
Анализ аппаратно-программного комплекса лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2	09.12.2024
Разработка методики координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC	30.01.2025
Оформление отчета по выполненному проекту	17.03.2025

Перечень графического материала:

1. Схема интерфейса программного модуля SPATIAL ANALYZER в формате локации

Руководитель проекта

  
(подпись, дата)

В.И. Зайков

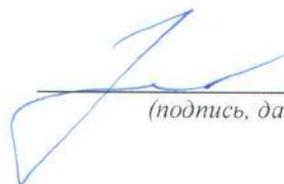
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

## ПАСПОРТ

(техническое описание) проекта

«Методика координирования и размерный контроль пространственного  
расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной  
координатно-измерительной системы API OMNITRAC»

Руководитель проекта

  
(подпись, дата)

13.05.25

В.И. Зайков

Комсомольск-на-Амуре 2025

## Содержание

1	Общие положения .....	7
1.1	Наименование изделия .....	7
1.2	Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия.....	7
1.3	Перечень организаций, участвующих в разработке проекта. ....	7
1.4	Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах .....	8
2	Назначение и принцип действия .....	9
2.1	Назначение изделия .....	9
2.2	Области использования изделия .....	9
2.3	Принцип действия изделия .....	9
3	Состав изделия и комплектность.....	12
4	Технические характеристики.....	13
4.1	Основные технические характеристики лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2.....	13
5	Устройство и описание работы изделия .....	22
6	Условия эксплуатации .....	22
6.1	Правила и особенности размещения изделия .....	22
6.2	Меры безопасности.....	23
6.3	Правила хранения и транспортирования.....	23
7	Анализ аппаратно-программного комплекса лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2.....	19
7.1	Интерфейс и математический аппарат обработки результатов измерений на базе программного модуля SPATIAL ANALYZER.....	19
7.2	Методика координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы APIOMNITRAC2.....	20

## **1 Общие положения**

Настоящий паспорт (техническое описание) является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими параметрами, интерфейсом аппаратно-программного обеспечения, технологией установки и эксплуатации разработанного проекта.

### **1.1 Наименование проекта**

Полное наименование проекта – «Методика координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC».

### **1.2 Наименования документов, на основании которых ведется разработка проекта**

Разработка проекта «Методика координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC» осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

### **1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке проекта**

Заказчиком проекта «Методика координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC» является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт, д. 27.

Исполнителем проекта «Методика координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC»

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		7

является конструктор студенческого конструкторского/проектного бюро «Оптико-электронные методы в землеустройстве и кадастрах» (далее СКПБ), студент группы 1КЗб-1, Крисюк Светлана Леонидовна

#### **1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах**

При проектировании использованы следующие нормативно-технические документы:

ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.

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

ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		8

## 2 Назначение и принцип действия

### 2.1 Назначение изделия

Координирование и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля

### 2.2 Область использования изделия

Аппаратно-программное обеспечение сборочно-монтажных работ

### 2.3 Принцип действия изделия

Принцип действия лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2 основан на слежении за специальным уголкового отражателем с помощью лазерного луча.

Процесс происходит так: испускаемый прибором лазерный луч, попадая в центр уголкового отражателя, возвращается обратно в объектив прибора, а далее — на приёмный датчик дальномера.

С учётом двух углов и расстояния вычисляются текущие пространственные координаты отражателя (например, X, Y, Z).

Некоторые особенности работы системы:

- Сервоприводы позволяют наводить лазерный луч дальномера на измеряемый объект и отслеживать положение отражателя.
- Встроенный климатический датчик позволяет автоматически вносить коррекцию измеренных данных при изменении температуры.
- Встроенный электронный уровень позволяет проводить измерения относительно плоскости горизонта и выполнять нивелировку изделия, без дополнительных настроек и калибровок.
- При помощи встроенной специальной видеокамеры прибор может автоматически находить и наводиться на отражатель, а также осуществлять фото- и видеопотоколирование процесса измерений.

Оптимизация процесса, связанного с решением высокоточных контрольно-измерительных задач на базе аппаратно-программного комплекса

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		9

лазерно-оптических координатно-измерительных систем различного назначения, во многом зависят от точности локализации между объектом, который подвергается контролю, и измерительной аппаратурой. Интерфейс и математический аппарат обработки результатов измерений лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2 реализован на базе программного модуля SPATIAL ANALYZER. В данном проекте выполнен анализ и разработана методика контрольно-измерительных операций, осуществляемых при координировании и размерном контроле пространственного положения конструкции стапеля для агрегатной сборки. Совершенствование технологии самолетостроения требует повышения качества изготавливаемых изделий, высокой точности сборки и уменьшения трудоемкости цикла производства изделия.

Перспективное и активно развивающееся направление по улучшению качества изготавливаемых ЛА — это внедрение современных высокоточных координатно-измерительных машин (КИМ) в цикл производства. Для контроля геометрии деталей и узлов стационарные КИМ портального типа и мобильные КИМ типа «рука» заменяют традиционные штанген-инструменты и шаблоны, а в операциях сборки и контроля изделия традиционные оптические приборы заменяются на лазерный трекер (laser tracker).

Лазерный трекер (от англ. to track — следить) представляет собой мобильную координатно-измерительную машину, основанную на принципе слежения лазера за отражателем. Конструктивно данный прибор состоит из измерителя радиусного расстояния, который является источником лазерного излучения, и двух энкодеров (датчиков измерения угла), определяющих поворот лазерного трекера (ЛТ) по азимуту и зениту. На сегодняшний день преимущественно во всех ЛТ в качестве устройства для измерения радиусного расстояния установлены интерферометры, но ввиду усложняющейся компоновки прибора и трудностей в эксплуатации от них постепенно отказываются

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
						10
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		

в пользу дальномеров. Дальномеры постепенно совершенствуются, и их точность становится сопоставима с интерферометрами ( $\pm 8 \text{ мкм} + 0,4 \text{ мкм/м}$  у дальномеров против  $\pm 2 \text{ мкм} + 0,4 \text{ мкм/м}$  у интерферометра).

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		11

### 3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки API OMNITRAC-2 входит:

- Базовая комплектация лазерного трекера API OMNITRAC-2 представлена следующим набором устройств:

- Измерительная головка с абсолютным дальномером ADM2, системой - 1 шт

- Блок компенсации с кабелем с датчиком температуры воздуха - 1 шт

- Сетевой кабель CROSS-OVER RJ45, 3 м - 1 шт

- Стандартный пустотелый сферический отражатель диаметром 1.5 дюйма, точность центрирования 0,013 мм, дальность визирования 50 м - 1 шт

- Накладной уровень для предварительной нивелировки - 1 шт

- Комплект для очистки отражателей - 1 шт

- Защитный чехол с логотипом API - 1 шт

- USB-накопитель с PRM-файлом - 1 шт

Общий вид лазерного трекера API OMNITRAC-2 показан на рисунке 1.



Рисунок 1 - Общий вид лазерного трекера API OMNITRAC-2

					СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		

## 4. Технические характеристики

### 4.1 Основные технические характеристики лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2

Технические характеристики системы API OMNITRAC-2.

Диапазон изменения углов:

- Горизонтальный угол: 360°
- Вертикальный угол: +79°/-59°

Разрешение:

- Разрешение дальномера: 0,1 мкм
- Разрешение угломерного энкодера: 0,018 угл. секунд

Максимальный рабочий диапазон измерений: Модель OMNITRAC2™:  
200 м

Минимальная рабочая дистанция: 0м (от апертуры лазера)

Погрешность измерений:

- Погрешность измерения угла: 3,5 мкм/м (2 сигма)
- Погрешность измерения дистанции: ±25 мкм или 1,5 мкм/м (2 сигма), что больше

Динамические характеристики: Максимальная скорость слежения за отражателем во время измерений: 6 м/с, либо 180°/с.

Характеристики встроенного уровня:

- Погрешность встроенного уровня(2 сигма): ±2 угл. секунд
- Диапазон работы встроенного уровня: ±2 градуса.

Характеристики лазера:

- Красный лазер: Класс 2 (безопасно для глаз)
- Длина волны красного лазера: 632нм
- IR лазер (ADM2™): Класс 2 (безопасно для глаз)
- Длина волны IR лазера (ADM2™): 1550нм.

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000

Лист

13

## 5 Устройство и описание работы изделия

Лазерный трекер API OMNITRAC2 является наиболее точным переносным измерительным средством (переносной мобильной измерительной системой) и может быть использован:

- для контроля смещения одной визирной цели при динамических испытаниях;
- для периодического (без вмешательства оператора) контроля положения за набором марок при квазистатическом нагружении;
- для монтажа стапелей;
- для периодической поверки сложной оснастки и стапелей;
- для выполнения высокоточных работ по контролю геометрических параметров сложных конструкций;
- наряду с вышеуказанными задачами, трекер зачастую является элементом управления (например, в автоматических стендах стыковки);
- поскольку интерфейс трекера полностью цифровой (замеряется уровень отраженного сигнала).

Основные преимущества и особенности:

- возможность подключения практически всех промышленных измерительных систем;
- удобный графический интерфейс;
- уникальные алгоритмы обработки измерений;
- поддержка импорта/экспорта всех современных форматов CAD;
- различные процедуры привязки измерений к CAD-моделям;
- возможность подключения нескольких измерительных систем к одному компьютеру;
- возможность удаленного доступа через LAN;
- возможность on-line контроля за перемещением контролируемого объекта;

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		14

- функции обратного проектирования: создание CAD-моделей по измеренным данным;
- возможность автоматизации измерений.

Излучаемый лазерный луч фокусируется в специальных отражателях, которые устанавливаются на измеряемый объект (рис. 2), и возвращается обратно в прибор, где и происходит сравнение фазы опорного лазерного луча и возвращенного. Отражатель представляет собой сферу с высоким классом обработки поверхности ( $\pm 1,5$  мкм), внутри которой выфрезерована трипель-призма, доведенная обработкой и нанесением покрытия до степени отражения не менее 10–9 («небьющиеся» отражатели), или же установлены специальные зеркала. Последние отражатели имеют повышенную точность позиционирования и используются для измерения с использованием встроенного интерферометра или для поверки прибора. Существует два основных форм-фактора данных отражателей 1,5” и 0,5”, использование каждого продиктовано конкретной измерительной задачей. Полторадюймовые отражатели удобны в обращении и проще фокусируются на больших расстояниях, полдюймовые используются в узких местах, где больший отражатель не поместится.



Рисунок 2 - Сферический отражатель

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
						15
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		

Полученные данные об отраженном луче поступают в контроллер, небольшой управляющий блок, отвечающий за связь прибора с компьютером и показывающий всю оперативную информацию о состоянии прибора. В нем положение отражателя, выраженное в разности фаз луча дальномера и отсчетах поворота головки трекера по 2 м углам, преобразовывается в три декартовы координаты XYZ-измеренной точки (также есть возможность проводить измерения в цилиндрической или сферической системах координат). Таким образом, измеряется необходимое количество точек на объекте и из них строятся геометрические примитивы (линия, окружность, плоскость и т. д.) и находится взаимное положение между ними. Существует возможность подгружать математические модели, выполненные в форматах .iges или .step для проведения контроля отклонения формы и расположения относительно номинального значения. Благодаря тому, что все измерения хранятся в компьютере, появляется возможность проводить обратный инжиниринг и получать 3D-модель измеряемого изделия.

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		16

## 6 Условия эксплуатации

Условия эксплуатации и хранения оборудования:

- Рабочая температура: от -10°C до +45°C
- Давление: от 8 мм рт.ст. до 825 мм рт.ст.
- Относительная влажность: от 0 до 100% (без конденсации)
- Высота над уровнем моря: до 3000 м
- Технология Autolock™:
- Диапазон автоматического наведения на отражатель: 25° (по диагонали)

Массо-габаритные характеристики:

- Трекер:
- Масса: 10.9 кг
- Размеры: 198 мм x 198 мм x 430 мм

Передача данных:

- Встроенный маршрутизатор WiFi.
- Дальность работы до 100м.
- Возможна передача через стандартный кабель LAN.

Питание:

- От сети 220В.
- От встроенной Li-Ion батареи: до 6 часов. Батарея заряжается автоматически при подключении внешнего питания.
- Возможность горячей замены/подключения внешних батарей.

### 6.1 Правила и особенности размещения изделия

Изделие должно быть расположено на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов.

**ВНИМАНИЕ!** При эксплуатации изделия запрещается проводить самостоятельно какие-то либо работы по извлечению и установке внутренних компонентов изделия.

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		17

## 6.2 Меры безопасности

Необходимо соблюдать требования техники безопасности и следующие меры предосторожности:

- не оставлять изделие включенным без наблюдения;
- после транспортировки в холодное время года изделие необходимо выдержать при комнатной температуре не менее двух часов;
- внутренние осмотры и ремонт изделия должны производиться только квалифицированными специалистами;
- не устанавливайте изделие на неустойчивой подставке, стойке или ненадежном кронштейне.

## 6.3 Правила хранения и транспортирования

Транспортирование изделия в упакованном виде может производиться железнодорожным, автомобильным (в закрытых транспортных средствах), воздушным, речным и морским видами транспорта в соответствии с правилами перевозок грузов, действующих на транспорт данного вида. Условия транспортирования изделия по части воздействия климатических факторов должны соответствовать группе 5 по ГОСТ 15150.

После транспортирования изделие должно быть выдержано не менее 2 часов в транспортной таре при температуре  $20\pm 5$  °С и относительной влажности воздуха не более 100% (без конденсации).

Распакованное изделие должно храниться в отапливаемом и вентилируемом чистом помещении при температуре от -10 до +45 °С и относительной влажности воздуха не более 100% (без конденсации). Воздух в помещении не должен содержать примесей, вызывающих коррозию металлов, налеты на поверхностях оптических деталей.

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		18

## **7 Анализ аппаратно-программного комплекса лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2**

### **7.1 Интерфейс и математический аппарат обработки результатов измерений на базе программного модуля SPATIAL ANALYZER**

Программное обеспечение: Штатно лазерные трекеры API поставляются с программным обеспечением NRK Spatial Analyzer.

Программное обеспечение Spatial Analyzer предназначено для обработки данных полученных с различных измерительных систем: теодолиты, тахеометры, лазерные трекеры, лазерные сканеры, и др.

Основные преимущества и особенности:

- возможность подключения практически всех промышленных измерительных систем;
- удобный графический интерфейс;
- уникальные алгоритмы обработки измерений;
- поддержка импорта/экспорта всех современных форматов CAD;
- различные процедуры привязки измерений к CAD-моделям;
- возможность подключения нескольких измерительных систем к одному компьютеру;
- возможность удаленного доступа через LAN;
- - возможность on-line контроля за перемещением контролируемого объекта;
- функции обратного проектирования: создание CAD-моделей по измеренным данным;
- возможность автоматизации измерений.

Модули:

В зависимости от приобретенной лицензии в состав программного продукта могут быть включены следующие модули:

1. Spatial Analyzer Basic – основная оболочка программы, просмотр и анализ измеренных данных, сравнение с CAD, построение геометрических

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		19

элементов, работа с системами координат, подключение всех доступных приборов; измерение расстояний между точками, углов; импорт-экспорт через стандартные форматы IGES, SAT, STL, ASCII.

2. Relationships and Relationship Fitting – установка взаимосвязи между объектами, расширенные возможности привязки к CAD моделям сложной структуры.

3. USMN – мощная функция уравнивания локальных пространственных сетей и определение реальной точности прибора.

4. Measurement Planning - создание измерительных программ, скриптов, автоматизация измерений и обработки результатов.

5. Reverse Engineering - модуль для создания твердотельных 3D объектов из измеренных облаков точек.

6. Transformation Tracking - модуль позволяющий производить слежение за перемещением объекта. В режиме реального времени с помощью лазерного трекера отслеживается положение одного отражателя на объекте, и, исходя из данных о его смещении в пространстве, рассчитывается положение остальных отражателей, установленных на перемещаемом объекте.

7. Robot Calibration – модуль позволяющий производить оценку перемещения робота-манипулятора.

8. Pipe Fitting – модуль позволяющий рассчитывать стыковки трубных соединений.

9. Native CAD - модуль позволяющий открывать файлы Unigraphics, CATIA, ProE и др.

## **7.2 Методика координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2**

Разработка наиболее оптимальной технологии сборки и размерный контроль пространственного положения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2 может быть

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		20

реализована за счет эффективного использования программного модуля SPATIAL ANALYZER. Размерный контроль в процессе сборки осуществляется по базовым точкам. Конструктивно базовые точки расположены на оси базовых отверстий и за координированы в системе координат стапеля. Использование локализации по методу наименьших квадратов позволяет с заданной степенью точности ориентировать систему координат инструмента относительно системы координат стапеля по базовым точкам. Для этого необходимо при создании проекта загрузить электронную модель изделия в требуемом формате в программный модуль SPATIAL ANALYZER. Интерфейс программного модуля SPATIAL ANALYZER в формате локации показан на рисунке 3.

В процессе локализации инструмента по методу наименьших квадратов необходимо выполнить измерение пространственного положения базовых точек стапеля и сравнить полученные результаты с теоретическими значениями. Общий вид фрагмента протокола измерения представлен на рисунке 4. В том случае, если величина отклонений между результатами измерения и теоретическими значениями превышает заданный допуск необходимо скорректировать теоретические значения пространственного положения базовых точек в электронной модели стапеля. Специфика окончательной сборки стапеля состоит в том, что на завершающем этапе необходимо выполнить установку кронштейнов в соответствии с их пространственным положением на теоретической модели. Данная операция осуществляется в режиме реального времени с использованием специализированной функции программного модуля SPATIAL ANALYZER.

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
						21
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		

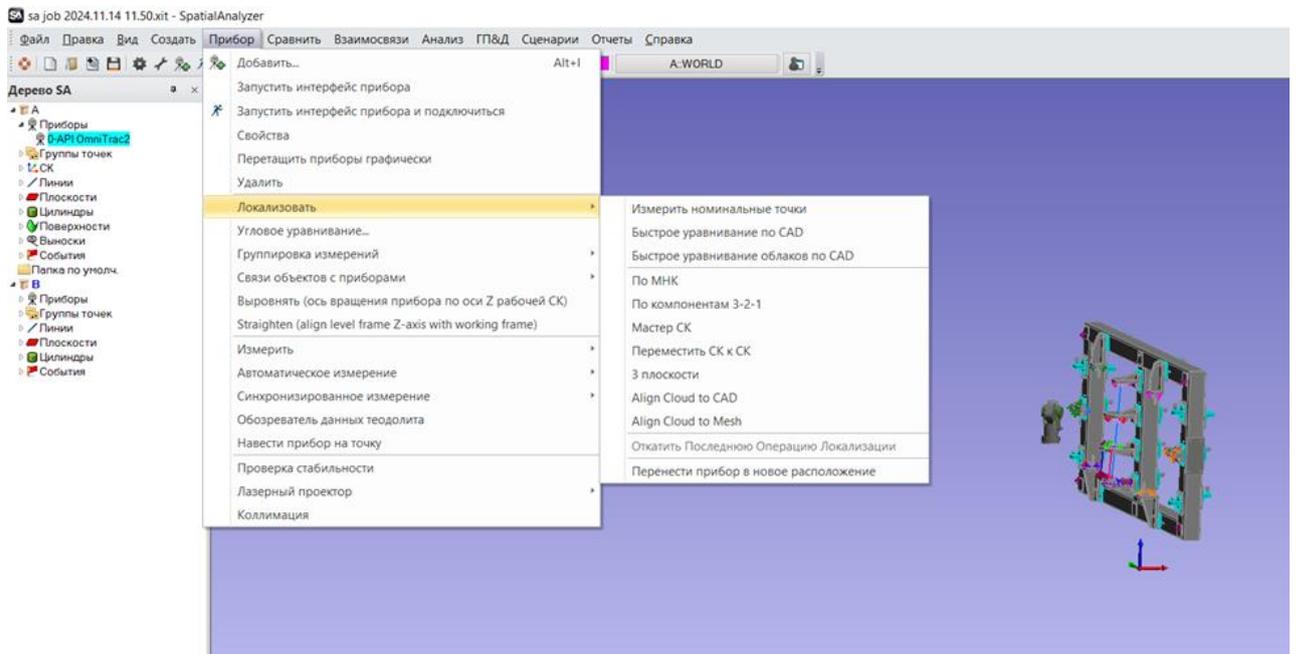
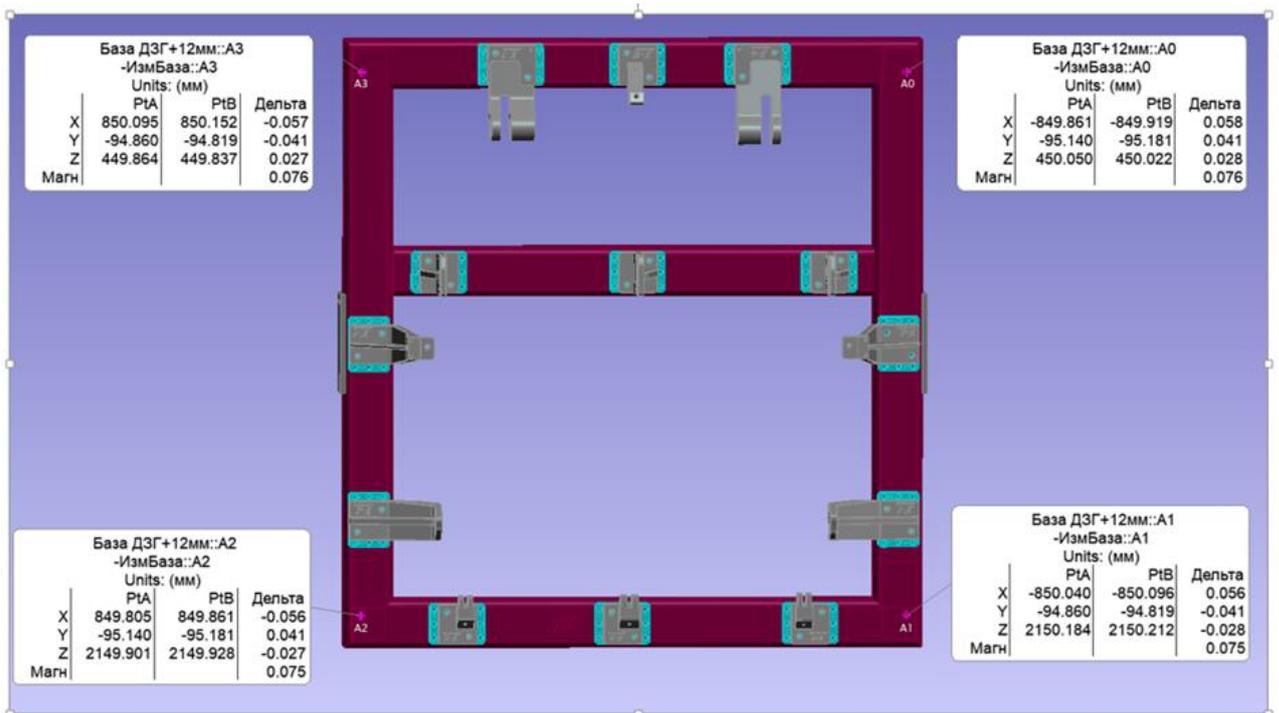


Рисунок.3- Интерфейс программного модуля SPATIAL ANALYZER в формате локации



Объект измерения: Базовые точки

Единицы измерения: миллиметры

Наименование точки	Номинальное значение координат			Измеренное значение координат			Отклонение		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
A0	-849,861	-95,140	450,050	-849,919	-95,181	450,022	0,058	0,041	0,028
A1	-850,040	-94,860	2150,184	-850,096	-94,819	2150,212	0,056	-0,041	-0,028
A2	849,805	95,140	2149,901	849,861	95,181	2149,928	0,056	0,041	0,027
A3	850,095	-94,860	449,864	850,152	-94,819	449,837	-0,057	-0,041	0,027

Рисунок.4- Фрагмент протокола измерения

Таким образом, оптимизация процесса, связанного с решением высокоточных контрольно-измерительных задач на базе аппаратно-программного комплекса лазерно-оптических координатно-измерительных систем различного назначения во многом зависят от точности локализации между объектом, который подвергается контролю, и измерительной аппаратурой. Интерфейс и математический аппарат обработки результатов измерений лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC2 реализован на базе программного модуля SPATIAL ANALYZER. Отличительной особенностью предлагаемой методики координирования с последующим размерным контролем пространственного расположения элементов конструкции стапеля является корректировка теоретических координат базовых точек на величину отклонений, полученных результатов измерений

					<b>СКПБ ОЭМЗК.1.ПП.02000000</b>	Лист
						23
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

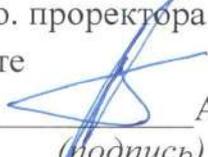
СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела ОНИПКРС

И.о. проректора по научной ра-  
боте

 Е.М. Димитриади  
(подпись)

 А.В. Космынин  
(подпись)

« 16 » 05 20 25 г.

« 16 » 05 20 25 г.

Декан факультета кадастра и  
строительства

 Н.В. Гринкруг  
(подпись)

« 16 » 05 20 25 г.

### АКТ

О приемке в эксплуатацию пректа

««Анализ эффективности аппаратно-программного комплекса глобальных  
навигационных спутниковых систем».»

г. Комсомольск-на-Амуре

« 16 » 05 2025 г.

Комиссия в составе преподавателей:

со стороны заказчика

- В.И. Зайков – руководитель СКПБ,
- Н.В. Гринкруг – декан ФКС

со стороны исполнителя

- В.И. Зайков – руководитель проекта,
- С.Л. Крисюк – группа 1К36-1

Составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Методика координирования и размерный контроль пространственного расположения элементов конструкции стапеля на базе лазерной координатно-измерительной системы API OMNITRAC» в составе:

- ПАСПОРТ (техническое описание) проекта

Руководитель проекта

  
*13.05.25* В.И. Зайков  
(подпись, дата)

Исполнитель проекта

  
*13.05.25* С. Л.Крыюк  
(подпись, дата)