

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»  
(СГУГиТ)

На правах рукописи

Полянский Андрей Викторович



Разработка методики геодезического обеспечения  
строительства и эксплуатации  
ускорительно-накопительного комплекса  
на основе гармонического анализа

25.00.32 – Геодезия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Научный руководитель –  
кандидат технических наук,  
доцент  
Мурзинцев Петр Павлович

Новосибирск – 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАДИЙ СОЗДАНИЯ УСКОРИТЕЛЬНО-НАКОПИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	10
1.1 Общие сведения об ускорителях заряженных частиц.....	10
1.2 Геодезическое обеспечение этапов создания ускорительно-накопительных комплексов.....	18
1.3 Общие принципы построения геодезических опорных сетей современных ускорительно-накопительных комплексов.....	25
1.4 Постановка задачи исследования.....	29
2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАДИЙ СОЗДАНИЯ БУСТЕРА NSLS-II.....	30
2.1 Разработка структурной схемы геодезического обеспечения с учетом технологических связей для сохранения преемственности геодезических данных при создании УНК.....	30
2.2 Геодезическое обеспечение этапа проектирования бустера NSLS-II.....	32
2.3 Геодезический контроль сборки модулей бустера NSLS-II.....	39
2.4 Исследование влияния длины визирного луча лазерного трекера API на размеры эллипсоидов погрешностей.....	46
2.5 Применение метода сглаживающих кривых при модульном способе сборки бустера NSLS-II.....	50
3 ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОННЕЛЕЙ УСКОРИТЕЛЬНО-НАКОПИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ИЯФ СО РАН.....	58

3.1 Геодезическое обеспечение строительства тоннеля С-тау фабрики ускорительно-накопительного комплекса ВЭПП-5 ИЯФ СО РАН.....	58
3.2 Организация геодезического мониторинга вертикальных деформаций тоннелей УНК ИЯФ СО РАН .....	68
3.3 Спектральное представление вертикальных деформаций кольцевого тоннеля ускорителя ВЭПП-4м.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	83
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЬНОГО ЦИКЛА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БУСТЕРА NSLS-II.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) РЕЗУЛЬТАТЫ ЦИКЛОВ (2001-2013 гг) ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЫСОТНОЙ СЕТИ ВЭПП-4м.....	116

## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность темы исследования.* Развитие науки и наукоемких технологий требует создания различных уникальных сооружений. В этом ряду ускорители заряженных частиц являются одним из основных инструментов исследований в современной физике и всё большее применение находят в других областях: в химии, геофизике, медицине. Эффективность проведения научных экспериментов на ускорительно-накопительных комплексах (УНК) во многом зависит от соблюдения требований к точности создания планово-высотного геодезического обоснования, установки элементов магнитной структуры в проектное положение. Комплексы могут состоять из тысяч единиц оборудования, которые необходимо смонтировать в единое целое с высокой точностью. Предполагая ошибки установки магнитов случайными и некоррелированными, допуски задаются в виде среднеквадратических отклонений магнитных осей элементов от их расчетного пространственного положения. При таком подходе к заданию требований по точности контроля и юстировки оборудования, при размерах установок в сотни метров допуски получались близкими либо даже превышающими достигнутый на данный момент уровень точности измерений. Впоследствии, при существенном увеличении размеров УНК до десятков километров выполнение установленных требований в прежней формулировке, стало физически невозможным. Сформировался новый подход к заданию допусков на точность выверки оборудования, основанный на учете корреляции ошибок установки магнитных элементов.

Создание современного УНК, с точки зрения соблюдения его геометрических параметров, предполагает наличие в том или ином объеме геодезической составляющей практически на всех стадиях этого процесса. Важной научно-технической задачей является разработка комплекса инженерно-геодезических измерений с соблюдением преемственности данных при проектировании, изготовлении, монтаже физического оборудования и

эксплуатации ускорителей. При этом актуальна задача выделения и формирования необходимых связей геодезического обеспечения на всех стадиях создания и эксплуатации ускорительного комплекса. Конструктивный научно-технический подход специалистов к вопросам определения критичности тех или иных геометрических параметров для нормальной работы ускорителя является важным условием формирования методических решений в этой области применения инженерной геодезии. При создании УНК согласованность во времени и пространстве двух взаимосвязанных процессов, создание физического оборудования и строительство сооружений для его размещения, определяют эффективность реализации научного проекта.

Интерес мирового сообщества к эксплуатации Большого адронного коллайдера, создание ряда синхротронных центров (ALBA, NSLS-II, MAX IV), модернизация отечественных ускорительно-накопительных комплексов свидетельствуют об актуальности исследований в области геодезического обеспечения создания ускорителей заряженных частиц.

*Степень разработанности темы.* Научные исследования, разработка новых методик для высокоточных измерений, а также выполнение самих измерений и юстировочных работ проводятся усилиями многих научных коллективов во всем мире. Вопросы, связанные с высокоточной юстировкой элементов ускорителей, регулярно обсуждаются на научных конференциях, а также на специализированном международном форуме (International Workshop on Accelerator Alignment - IWAA). Теоретические и практические основы специальных геодезических работ по высокоточной установке элементов ускорителей были заложены в трудах: В. Д. Большакова, В. А. Бывшева, Ю. И. Васютинского, Е. Б. Ключина, Н. Н. Лебедева, В. Е. Новака, М. Е. Пискунова, Ю. А. Пупкова, Г. Е. Рязанцева, Х. К. Ямбаева, Ж. Жервеза, Ф. Лоеффлера, Р. Руланда, М. Майоуда и других. Разработке методов, средств и технологий геодезических измерений при монтаже и эксплуатации оборудования инженерных сооружений посвящены труды Г. Г. Асташенкова, Б. Н. Жукова,

Д. Ш. Михелева, В. Г. Конусова, Ю. И. Пимшина, Ю. Е. Федосеева, Г. А. Уставича и других. Однако, в связи с активным применением в геодезических работах на ускорителях лазерных трекеров, возникает необходимость в разработке технологических и методических рекомендаций по созданию пространственных геодезических сетей. Востребованы современные методики интерпретации результатов многолетних геодезических измерений с существенным повышением информативности о деформационных процессах кольцевых тоннелей ускорителей.

*Цели и задачи исследования.* Цель научного исследования заключалась в разработке и реализации методики геодезического обеспечения строительства и эксплуатации ускорительно-накопительного комплекса на основе гармонического анализа, позволяющей уточнять объем, состав, порядок геодезических измерений на этапах создания ускорителя и повысить информативность результатов геодезического мониторинга с оценкой влияния на эксплуатацию уникального оборудования.

Для достижения поставленной цели решены следующие *основные задачи*:

- анализ подходов к геодезическому обеспечению стадий проектирования, строительства и эксплуатации УНК, определен круг методических и технологических аспектов, требующих исследований;
- методологическое обоснование и разработка структурной схемы геодезического обеспечения стадий создания УНК с учётом технологических связей и опыта создания отечественных и зарубежных ускорителей;
- разработка и внедрение методики геодезического обеспечения стадий создания бустера NSLS-II на основе модульного принципа сборки;
- разработка и исследование способа интерпретации результатов геодезического мониторинга вертикальных деформаций кольцевых тоннелей ускорителей на основе гармонического анализа;
- разработка рекомендаций по модернизации и созданию геодезических сетей УНК, ориентированных на применение лазерных трекеров.

*Научная новизна* результатов исследования состоит в следующем:

– разработанная структурная схема геодезического обеспечения стадий создания УНК с учётом технологических связей формирует комплексный подход и обеспечивает преемственность геодезических работ для дальнейшей модернизации или строительства новых установок на базе действующих с объединением в единый комплекс;

– разработанная методика определения деформационных параметров тоннеля ускорителя на основе гармонического анализа позволяет из величин смещения знаков геодезической сети выделить составляющие и соотнести их с различными по длине участками тоннеля, при этом достигается качественная оценка опасных деформаций для нормальной эксплуатации уникального оборудования;

– разработанный алгоритм позволяет оценить влияние погрешностей определения плановых координат уникального оборудования геодезическими средствами измерений на искажение орбиты на примере бустера NSLS-II при модульном принципе сборки.

В отличие от применяемых ранее методик геодезического обеспечения УНК вводится единая система координат для проектирования, изготовления и монтажа магнитной структуры ускорителя, предлагается новый критерий для характеристики плотности пунктов пространственной высокоточной инженерно-геодезической сети в кольце тоннеля.

*Теоретическая и практическая значимость работы.* Теоретическая значимость работы заключается в методологическом обосновании возможности повышения информативности о деформационных процессах с применением гармонического анализа для разложения величины вертикального смещения кольцевого тоннеля на составляющие и разработке алгоритма оценки максимальных относительных вертикальных деформаций кольцевых тоннелей ускорителей.

Практическое значение работы заключается во внедрении разработанной структурной схемы геодезического обеспечения этапов создания УНК с учётом технологических связей в процесс создания ускорителя и получении эффективной реализации проекта бустера NSLS-II. На основе стратегии, заложенной в структурной схеме, разработана методика геодезического обеспечения создания бустера NSLS-II, которая поэтапно успешно решила частные задачи проектирования, изготовления и монтажа с сокращением срока строительства на три-четыре месяца. Методика позволила выполнить установку магнитных элементов относительно расчетной орбиты со среднеквадратической погрешностью в 0,1 мм.

Определены зависимости среднеквадратических погрешностей измерений в продольном и поперечном направлениях относительно визирного луча лазерного трекера от расстояния для нахождения оптимальной дистанции между прибором и юстируемыми элементами модулей бустера NSLS-II.

*Методология и методы исследования* включают в себя проведение теоретических исследований с использованием методов статистической обработки результатов измерений, методов гармонического и корреляционного анализа.

*Положения, выносимые на защиту:*

– методические решения по геодезическому обеспечению стадий создания бустера NSLS-II на основе модульного принципа сборки, позволяют путем наполнения необходимой геодезической составляющей стадий проектирования, изготовления и монтажа обеспечить требуемую точность положения оборудования в режиме эксплуатации и повысить эффективность реализации научного проекта;

– способ интерпретации результатов геодезического мониторинга вертикальных деформаций кольцевых тоннелей ускорителей и алгоритм оценки максимальных относительных вертикальных деформаций на основе

гармонического анализа, позволяют дополнить информацию о деформационных процессах на территории УНК;

*Степень достоверности результатов.* Результаты исследований, выводы и практические рекомендации обсуждались и докладывались: на VII Международном научном конгрессе «ГЕО-Сибирь-2011» (г. Новосибирск, 27–29 апреля 2011 г.); на VIII Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012» (г. Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.); на IX Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013» (г. Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.); на X Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014» (г. Новосибирск, 16–18 апреля 2014 г.).

Разработанные методики реализованы в ИЯФ СО РАН при выполнении работ: контракт № 159315 (NSLS-II Booster) Брутхейвенской национальной лаборатории (США), контракт № ОК-08-ОКС/2013 (Реконструкция наземной опорной геодезической сети уникального объекта (С-тау фабрики) комплекса ВЭПП-5 ИЯФ СО РАН).

# 1 АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАДИЙ СОЗДАНИЯ УСКОРИТЕЛЬНО-НАКОПИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

## 1.1 Общие сведения об ускорителях заряженных частиц

Ускорители заряженных частиц являются одним из главных инструментов современной физики, которые используются для изучения природы и свойств элементарных частиц, в ядерной физике и физике твёрдого тела. Всё большее применение они находят и при исследованиях в других областях науки.

Существуют электронные, протонные ускорители и ускорители ионов. По геометрии траекторий орбит пучков заряженных частиц различают линейные ускорители и циклические ускорители [27]. Ускорители заряженных частиц различают на резонансные и нерезонансные.

При методе встречных пучков ускоренные заряженные частицы взаимодействуют с частицами или античастицами-мишенями, также прошедшими полный цикл ускорения. При этом частицы циркулируют в нем виде сгустков частиц, встречаясь на каждом обороте со вторым ускоренным пучком заряженных частиц. Магнитную структуру ускорителя при методе встречных пучков принято называть накопительным кольцом.

В резонансном ускорителе непрерывное ускорение происходит за счет того, что частица всё время попадает в ускоряющую фазу поля. [29]. В циклическом ускорителе период обращения  $T$  частицы по орбите связан со средним радиусом  $R$  орбиты соотношением:

$$T = \frac{2\pi\langle R \rangle}{v}, \quad (1.1)$$

где  $v$  – скорость частицы.

Средний радиус орбиты равен:

$$\langle R \rangle = \frac{Ev}{ce\langle B \rangle}, \quad (1.2)$$

где  $E$  – полная релятивистская энергия частицы массы;

$c$  – скорость света;

$e$  – заряд частицы;

$B$  – среднее значение индукции магнитного поля.

Поэтому период обращения связан с энергией частицы соотношением:

$$T = \frac{2\pi E}{ce\langle B \rangle}. \quad (1.3)$$

Для равновесной частицы период обращения равен или кратен периоду ускоряющего поля. Фиксированным значениям периода обращения и индукции магнитного поля всегда будет определённая равновесная орбита. Формирование устойчивости движения заряженных частиц в направлениях, перпендикулярных орбите, называется фокусировкой, а вдоль орбиты – фазировкой.

Современное развитие физики ускорителей двигается как по пути увеличения энергии ускоренных заряженных частиц, так и в направлении увеличения интенсивности и длительности импульса ускоренного пучка заряженных частиц, уменьшения разброса по энергии пучка. Большой адронный коллайдер (БАК, англ. Large Hadron Collider, LHC) – ускоритель заряженных частиц на встречных пучках, предназначенный для ускорения протонов и тяжёлых ионов и изучения продуктов их соударений. Схема БАК с информацией о комплексе представлена на рисунке 1.1.

## Большой адронный коллайдер (LHC)

**Система ускорителей.** Циркулирующие в коллайдере пучки протонов способны совершать более 10 тысяч оборотов в секунду, сталкиваясь на каждом круге со встречными пучками

**Основные экспериментальные зоны.** Ожидается, что изучение продуктов соударения частиц в БАК даст ответы на важнейшие вопросы теоретической физики

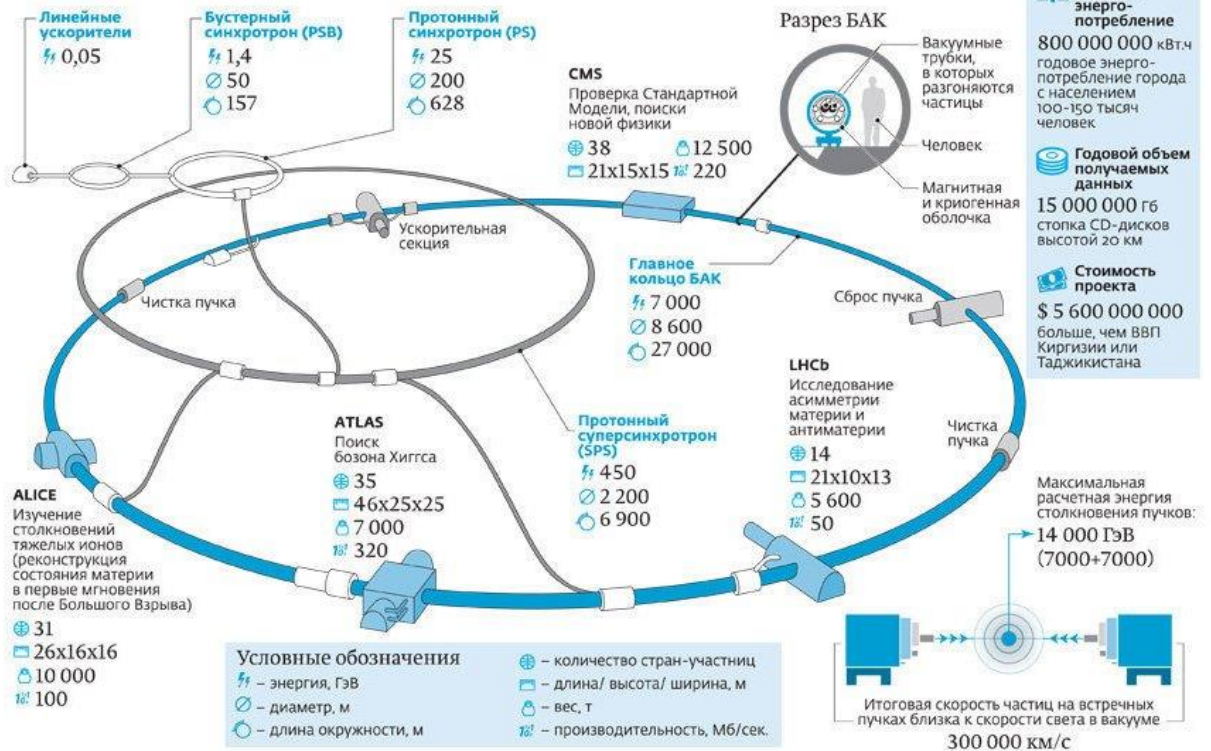


Рисунок 1.1 – Информационная схема УНК БАК

Коллайдер (англ. collide – сталкиваться) эксплуатируется в научно-исследовательском Европейском центре ядерных исследований (фр. Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, CERN), на границе Швейцарии и Франции. Большой адронный коллайдер является самой крупной экспериментальной установкой в мире.

Совместно с разработкой новых методов ускорения заряженных частиц происходит совершенствование традиционных методов: активно исследуются возможности применения сверхпроводящих материалов (и соответствующей им криогенной техники) в магнитных ускоряющих структурах, позволяющих сократить размеры магнитов и энергетические расходы [29]. При этом важнейшая задача уменьшить стоимости создания установок.

Для экспериментов по взаимодействию электронов и позитронов в различных областях энергии в Институте ядерной физики СО РАН созданы и действуют, а также строятся несколько УНК (рисунок 1.2).

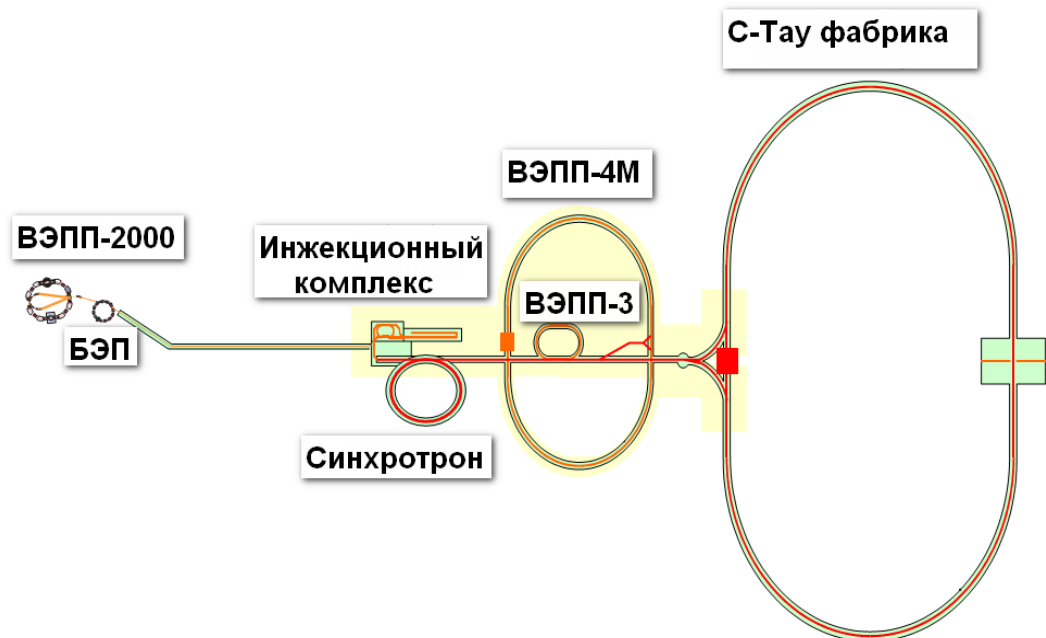


Рисунок 1.2 – Схема ускорительно-накопительных комплексов ИЯФ СО РАН

В состав УНК входят линейные ускорители-инжекторы, электронные синхротроны, накопители, а также каналы транспортировки пучков. Наиболее крупными установками в ИЯФ СО РАН являются ВЭПП-3 и ВЭПП-4м, образующие единый ускорительно-накопительный комплекс. Комплекс ВЭПП-3 используются как для самостоятельных экспериментов, так и в роли промежуточного накопителя для более крупного комплекса ВЭПП-4м. Комплекс ВЭПП-4м (встречные электронно-позитронные пучки, модернизированный). Рассчитан на энергию 6 ГэВ. Накопительное кольцо ВЭПП-4м периметром ~ 366 м, располагается на шесть метров ниже уровня дневной поверхности в железобетонном тоннеле прямоугольного сечения в виде двух полуокружностей, радиусом 45 м, разнесенных прямолинейными промежутками на 40 м. Сечение тоннеля 3х3 м, толщина стенки 0,5 м. Каждое полукольцо конструктивно разбито на пять железобетонных блоков между которыми предусмотрены тепловые швы.

Плоскость орбиты находится на отметке 2,3 м от пола тоннеля. На потолке каждого полукольца на специальных кронштейнах закреплены по 38 магнитных блоков. В техническом прямолинейном промежутке располагаются по восемь квадрупольных линз, соединенных конструктивно в блоки по две и шесть высокочастотных резонаторов. В экспериментальном промежутке находятся десять квадрупольных линз, шесть поворотных дипольных магнитов и 1000 тонный сверхпроводящий детектор с продольным магнитным полем. Элементы прямолинейных промежутков установлены на подставки, закрепленные на полу. Каждый магнит снабжен механизмами для регулировки пространственного положения. Верхняя поверхность магнитов является базовой. Магниты имеют по две совмещенные плано-высотные реперные точки в виде кронштейнов с втулкой диаметром 25,4 мм, закрепленные в плоскости орбиты на внешней стороне магнитов. Пространственное положение реперных точек строго определено относительно орбиты частиц и задано из расчета геометрии установки. На комплексе ВЭПП-4м с детектором КЕДР реализована программа экспериментов по исследованию  $J/\psi$ -мезонов и  $\tau$ -лептона и получен целый ряд результатов лучших в мире по точности. Комплекс ВЭПП-5 (рисунок 1.3, 1.4) находится на стадии строительства, но тем не менее некоторые его части (инжекционный комплекс) введены в эксплуатацию.



Рисунок 1.3 – Схема комплекса ВЭПП-5

Инжекционный комплекс ВЭПП-5 это интенсивный источник электронных и позитронных сгустков на энергии 510 МэВ, способный обеспечить все потребности работающих и строящихся в ИЯФ СО РАН установок на встречных электрон-позитронных пучках.

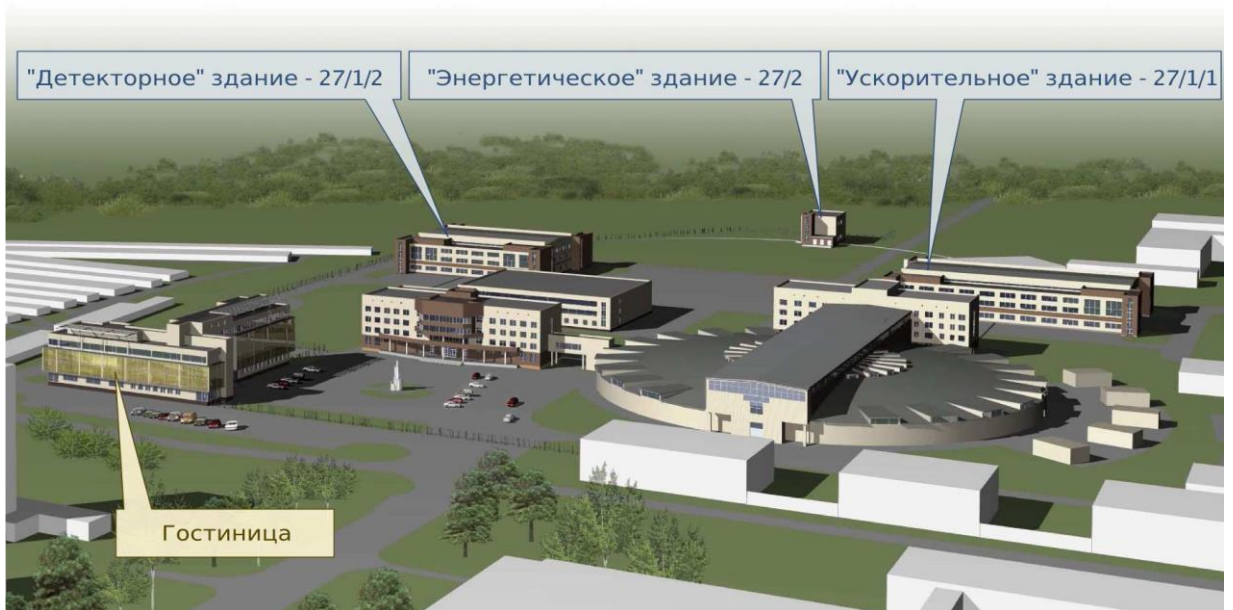


Рисунок 1.4 – Здания С-тау фабрики комплекса ВЭПП-5 (план развития)

Комплекс состоит из линейного ускорителя электронов на энергию 285 МэВ, линейного ускорителя позитронов на 510 МэВ (рисунок 1.5), а также накопителя-охлаждителя (рисунок 1.6) с каналами впуска и выпуска пучков [48].

Подземные сооружения С-тау фабрики предназначены для размещения каналов транспортировки электронов и позитронов, линака, коллайдера, детектора и их вспомогательных устройств.

Подземные сооружения С-тау фабрики включают в себя:

- кольцевой тоннель длиной 815 м сечением по внутренним размерам 3×4 м (в основной части) и расширением к детекторному залу (до 3 × 6,5 м), расположенный на глубине от 10 до 17 м относительно дневной поверхности;



Рисунок 1.5 – Зал инжектора ВЭПП-5



Рисунок 1.6 – Зал накопителя-охладителя

– детекторный зал размером  $23 \times 36$  м глубиной 18 м предназначен для размещения детектора элементарных частиц, образующихся в результате столкновений встречных пучков;

– технологические шахты с внутренним диаметром 5,5 м располагаются на радиусных участках тоннеля;

– линейный тоннель (линака) (рисунок 1.7) предназначен для транспортировки электронного и позитронного пучков из инжектора и накопителя-охлаждителя в С-тау фабрику [67].



Рисунок 1.7 – Тоннель линака

## 1.2 Геодезическое обеспечение этапов создания ускорительно-накопительных комплексов

Создание ускорительного комплекса это сложная научно - техническая задача, в решение которой вовлечены специалисты различных областей технического знания. Каждый этап создания ускорительного комплекса имеет свою специфику, но так или иначе лишь их технологическая преемственность обеспечивает эффективность достижения конечных целей создания УНК. Задачи геодезического обеспечения УНК чрезвычайно разнообразны как по точности, так и методическим особенностям, и для их решения необходимы специальные меры как строительного, так и технологического характера, которые возможно предусмотреть только на стадии проектирования инженерного объекта [68].

Проектирование УНК ведется по двум основным направлениям, где первое, конструирование физического оборудования комплекса, определяет второе направление – проектирование зданий и сооружений для размещения данного оборудования. Геодезическая составляющая на стадии проектирования физического оборудования как правило ограничивается техническим заданием, определяющим наличие и оптимизацию расположения геодезических знаков (реперных точек, базовых поверхностей) на элементах. Современные условия требуют обязательного принятия единой для проектирования комплекса системы координат. Для проектирования зданий и сооружений требуются исходные данные определяющие характеристики площадки выбранной для строительства. Выбор площадки под строительство УНК это комплексная задача геологической, сейсмической оценки и геодезического мониторинга территорий с целью определения наиболее стабильных участков.

На этапе изготовления физического оборудования комплекса и строительства сооружений для размещения данного оборудования до недавних пор геодезическое обеспечение распространялось лишь на строительство сооружений. Контроль изготовления физического оборудования проводился

средствами измерений машиностроения. Современные тенденции увеличения размеров магнитных элементов ускорителей и унификации реперных точек для измерений лазерными трекерами создали условия необходимости геодезического контроля на этой стадии создания УНК. Строительство тоннелей для размещения ускорителей на современном этапе также требует совершенствования существующих подходов геодезического сопровождения.

Стадия монтажа физического оборудования достаточно основательно проработана несколькими поколениями ученых геодезистов, создана фундаментальная теоретическая и методическая база [2], [6], [14], [15], [18], [31], [63], [69], [70]. С приходом в геодезические работы на ускорителях лазерных трекеров появилась необходимость в разработке новых методик и схем измерений. При эксплуатации УНК геодезическое обеспечение сводится к периодической юстировке магнитной системы и геодезическому мониторингу деформационных процессов несущих тоннелей комплекса.

*Взаимное положение сооружений и геометрические параметры тоннелей ускорительно-накопительных комплексов.*

В мировой практике все старейшие исследовательские ускорительные центры развиваются по определенному сценарию. На площадках с уже существующими ускорителями, выполнившими свою научную программу, создаются новые ускорительные установки. Старые комплексы модернизируются для совместной работы с новыми установками в качестве предускорителей, то есть по сути формируется новый ускорительный комплекс. Строительство тоннелей и зданий для размещения новых крупных блоков УНК с точки зрения взаимного расположения с уже существующими регламентируется нормами обычными для гражданского строительства [10], [11], [44], [54], [56]. Уточняется взаимное положение крупных блоков ускорительных комплексов в большинстве случаев после окончания строительства тоннелей и проведения их исполнительной съемки. На основании исполнительной съемки проектируются (либо допроектируются) каналы транспортировки пучка (перепускные каналы),

которые связывают крупные блоки. Так как каналы транспортировки имеют возможность корректировать траекторию пучка в достаточно больших пределах, величина погрешности определения взаимного положения ускорителя и предускорителя (бустера) лежит в рекомендуемом практикой диапазоне  $\pm 3,0$  мм.

Тоннель для ускорителя является в некотором смысле « футляром», в котором необходимо соблюсти все предусмотренные требования, предъявляемые техническим надзором и безопасностью эксплуатации, к геометрическим параметрам. Строительство же заведомо более просторного тоннеля при возросших протяженностях ускорителей становится экономически не целесообразным. Основные геодезические работы при строительстве тоннелей УНК включают: развитие наземного планового и высотного обоснования; передачу координат и направления в тоннель; развитие подземного планового и высотного обоснования; задание направления на проходку; исполнительную съемку сечений тоннеля. Основной величиной, характеризующей качество работ при проходке тоннелей, является сбойка. Допуски на сбойку указанные нормативными документами по производству маркшейдерских работ [61] составляют 0,2 м в плане и 0,1 м по высоте. При строительстве тоннеля встречными забоями допускается расхождение фактических осей в пределах  $\pm 100$  мм [57]. При строительстве тоннелей УНК устанавливаются более жесткие требования к сбойке  $\pm 25$  мм (таблица 1.1).

Таблица 1.1

Контролируемый параметр	Допуск, мм
Отклонение оси тоннеля от проектного положения	50,0
Максимально допустимая величина погрешности сбойки осей участков тоннеля, сооружаемых встречными забоями	25,0
Среднеквадратическая погрешность положения пункта подземной маркшейдерской опорной сети относительно пункта наземной опорной сети	5,0

Величина  $\pm 25$  мм принимается за предельную погрешность ( $2\sigma$ ). Выполнение данных требований обеспечивает как необходимые минимальные технологические зазоры в объеме тоннеля, так и унификацию габаритных размеров опорных металлоконструкций физического оборудования ускорителей.

Мировая практика эксплуатации УНК показывает, что даже при «идеальной» начальной юстировке магнитных элементов через некоторый промежуток времени требуется повторение юстировки оборудования. Оценку долговременных смещений дает эмпирический закон по формуле

$$dX^2 = A \times T \times L, A \approx 10^{-4} \text{ мкм}^2 / (\text{с} \times \text{м}), \quad (1.4)$$

где  $T$  – время за которое два участка тоннеля, находящиеся на расстоянии  $L$ , переместятся относительно друг друга на величину  $dX$ , которая в среднем по времени и пространству равна 0, а ее дисперсия подчиняется этому закону. Константа  $A$  зависит от места и глубины залегания тоннеля [67]. Применение эмпирического закона (1.4) на стадии проектирования УНК позволяет получить приблизительные оценки долговременных смещений оснований тоннелей. На практике стабильность пространственного положения УНК очень зависит от геологических характеристик грунтов, находящихся в основании тоннелей, и природных и техногенных факторов реализующихся на площадке строительства. Так для линейного тоннеля ВЭПП-5 оценка по эмпирической формуле (1.4) даёт период в 15 месяцев между циклами юстировки, а геодезический мониторинг тоннеля определяет период не более 10 месяцев. Только геодезический мониторинг деформаций оснований тоннелей даёт реальные данные для определения периода между юстировками физического оборудования ускорителей.

*Допуски на геометрические параметры магнитных систем ускорительно-накопительных комплексов*

Изучение динамики заряженных частиц в укорителях позволило определить, что требования к точности установки магнитной системы должны

быть различными по направлениям. Так в поперечных направлениях к орбите допуски более жесткие, чем в направлении вдоль орбиты. Допустимые искажения равновесной орбиты из-за ошибок установки магнитных элементов принимают равными  $\sim 1/10$  части апертуры вакуумной камеры. В ускорителях с жесткой фокусировкой эта величина порядка сантиметра, что определяет точность установки магнитных элементов  $\sim 0,1$  мм [49]. Ошибки установки магнитных элементов в проектное положение складываются из:

- погрешности определения положения магнитных осей относительно базовых поверхностей и центров геодезических знаков магнита;
- погрешности изготовления магнитов и установки геодезических знаков на них;
- погрешности юстировки магнитов от знаков геодезической сети;
- погрешности определения координат знаков геодезической сети.

Допуски на перечисленные составляющие в диапазоне характерном для требований большинства ускорительных установок представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Погрешности	Допуски
Погрешность определения положения магнитных осей относительно базовых поверхностей и центров геодезических знаков магнита.	$\sigma_m \approx 0,015 - 0,065 \text{ мм.}$
Погрешность изготовления магнитов и установки геодезических знаков на них.	$\sigma_{изг} \approx 0,01 - 0,05 \text{ мм.}$
Погрешность юстировки магнитов от знаков геодезической сети.	$\sigma_{юст} \approx 0,02 - 0,05 \text{ мм.}$
Погрешности определения координат знаков геодезической сети.	$\sigma_R \approx 0,1 - 0,3 \text{ мм.}$ $\sigma_Z \approx 0,07 - 0,2 \text{ мм.}$

Среднеквадратическое искажение орбиты пропорционально среднеквадратической ошибке установки магнитных элементов

$$\langle Y \rangle = \gamma \sigma_{уст}. \quad (1.5)$$

Для большинства ускорителей коэффициент искажения орбиты  $\gamma$  лежит в диапазоне 20–50. Задавая допустимую величину  $\langle Y \rangle$  и зная  $\gamma$  конкретного ускорителя, формируются требования к  $\sigma_{уст}$ . Допуски задаются в виде среднеквадратических отклонений магнитных осей элементов от их проектного (расчетного) пространственного положения, предполагая, что ошибки установки магнитных элементов являются случайными и некоррелированными. Среднеквадратические отклонения определяются в единой для комплекса системе координат, которую условно можно назвать абсолютной. При протяженности ускорителей в сотни метров допуски на установку физического оборудования получались близкими к достигнутому на современном этапе уровню точности измерений. Уже при таких сравнительно небольших размерах УНК прецизионная юстировка элементов магнитной структуры является сложной научно-технической задачей. При существенном увеличении размеров УНК до нескольких километров выполнение установленных требований в прежней, абсолютной формулировке, стало практически невозможным. Сформировался новый подход к заданию допусков на точность выверки физического оборудования ускорителей, основанный на учете корреляции ошибок установки магнитных элементов. Ошибки юстировки магнитных элементов ускорителя эквивалентны появлению возмущений магнитного поля в области, где проходят траектории частиц, приводящих к искажению замкнутой орбиты. В жесткофокусирующих системах, элементы которых точно отъюстированы взаимно, но могут плавно отклоняться от проектного положения на значительную величину (высокие положительные коэффициенты корреляции ошибок юстировки), орбита частиц плавно смещается в ту же сторону и как бы следует за сдвинутыми элементами [75]. При этом влияние ошибок юстировки сглаживается.

То есть важной с точки зрения динамики частиц является взаимная юстировка соседних магнитов, а не установка их строго в соответствии с проектом. Требования к точности установки могут быть значительно снижены. При этом следует рассматривать искажения орбиты не относительно абсолютной системы координат, а относительно центров самих элементов, которые, в свою очередь, могут быть смещены.

Предложенный подход сформировал разработку специального метода юстировки оборудования ускорителей, основанного на применении сглаживающих кривых [30], [82]. Сущность метода заключается в том, что элементы ускорителя юстируются не относительно их проектного (расчетного) положения, а относительно некоторой трендовой кривой, наилучшим образом аппроксимирующей реальное (измеренное) пространственное положение элементов магнитной структуры. Корректируется положение только тех элементов, отклонение которых от сглаживающей кривой выходит за рамки допусков на точность взаимной установки. Применение данного метода для юстировки оборудования ускорителей позволяет решить проблему согласования абсолютной и взаимной точностей и дает возможность существенно сократить объем соответствующих геодезических работ. Аспекты применения метода сглаживания ещё недостаточно полно разработаны. Построение сглаживающих кривых осуществляется различными способами с использованием сплайнов, рядов Фурье, полиномов различной степени [79–81]. Какой из методов построения сглаживающей кривой является более корректным для динамики частиц пока до конца не определено [30].

Технологический процесс работы ускорительно-накопительного комплекса протекает в гармоническом режиме. На искажениях орбиты в плане не сказывается изменение среднего радиуса (масштаба длин, нулевая гармоника), длины прямолинейных промежутков (первая гармоника), овальность (вторая гармоника); по высоте – общая отметка, наклон плоскости кольца как целого. Так

для комплекса ВЭПП-4м магнитные элементы должны быть установлены в проектное положение со следующими точностными характеристиками:

- среднеквадратическая ошибка установки элементов по радиусу 0,2 мм (без учета нулевой, первой и второй гармоник);
- по высоте 0,15 мм (без учета нулевой и первой гармоник);
- по азимуту (вдоль орбиты) 0,5 мм;

Амплитуда нулевой, первой и второй гармоник может быть до 1,0 мм [51].

### 1.3 Общие принципы построения геодезических опорных сетей современных ускорительно-накопительных комплексов

Наиболее часто геодезические опорные сети ускорительных комплексов создаются по принципу трех или двух ступеней. Где внешняя геодезическая опорная сеть отвечает за интеграцию проекта в городскую территорию. Первичная геодезическая опорная сеть обеспечивает проектные геометрические параметры зданий, сооружений и взаимное ориентирование вторичных геодезических опорных сетей всех крупных блоков ускорительного комплекса. Вторичные геодезические опорные сети служат основой непосредственно для установки оборудования и магнитных элементов ускорителей. При этом возможно сочетание различных видов построений сети. Проектирование наземного и подземного геодезического обоснования при строительстве тоннеля УНК и программы измерений должно проводиться для каждого отдельного случая строительства в зависимости от:

- конструктивных особенностей ускорителя;
- топографо-геодезической изученности района работ;
- геологических условий участка работ;
- наличия приборов и оборудования.

Очевидно, что минимизировать погрешность задания оси тоннеля возможно с сокращением ступеней развития геодезической разбивочной основы [31].

Развитие измерительных средств во многом определяет выбор метода построения геодезических опорных сетей. Широкое внедрение в производство геодезических работ электронных тахеометров привело к тому, что первичные линейно-угловые сети используются наиболее часто. Применение лазерных трекеров для геодезического сопровождения монтажа и эксплуатации ускорителей заряженных частиц меняет традиционные подходы к построению вторичных опорных геодезических сетей ускорителей.

Первичные опорные геодезические сети ускорительных комплексов имеют ряд характерных особенностей [12]:

- сети создаются в условной системе координат с привязкой к городской системе координат;
- форма сети определяется формой объектов, группы объектов;
- длины сторон, как правило, короткие;
- к пунктам сети предъявляются повышенные требования по стабильности положения в условиях их эксплуатации.

Вторичные опорные сети характеризуются:

- большой плотностью пунктов сети;
- пункты сети стараются приблизить к устанавливаемому оборудованию;
- форма сети обычно повторяет геометрическую форму сооружения в плане.

При построении вторичных опорных геодезических сетей кольцевых ускорителей важно учитывать особенности структуры конкретной магнитной системы – ее спектральную чувствительность. То есть проводить сравнительный анализ спектрального состава ошибок определения координат пунктов вторичной сети и спектральной чувствительности структуры ускорителя. Что позволяет еще на этапе проектирования определить наиболее оптимальный вариант построения вторичной геодезической сети.

В качестве примера создания опорных геодезических сетей современного ускорительного комплекса рассмотрим комплекс NSLS-II Брукхейвенской национальной лаборатории (США). Ускорительный комплекс NSLS-II состоит из

трех основных сооружений: источник излучения – накопительное кольцо электронных пучков периметром 780 м, электронный синхротрон (бустер) периметром 158 м, первоначальный линейный ускоритель длиной 40 м [71-73], [83]. Геодезическая сеть NSLS-II построена по принципу трех ступеней [47]. Схема комплекса NSLS-II и его первичной опорной геодезической сети представлена на рисунке 1.8.

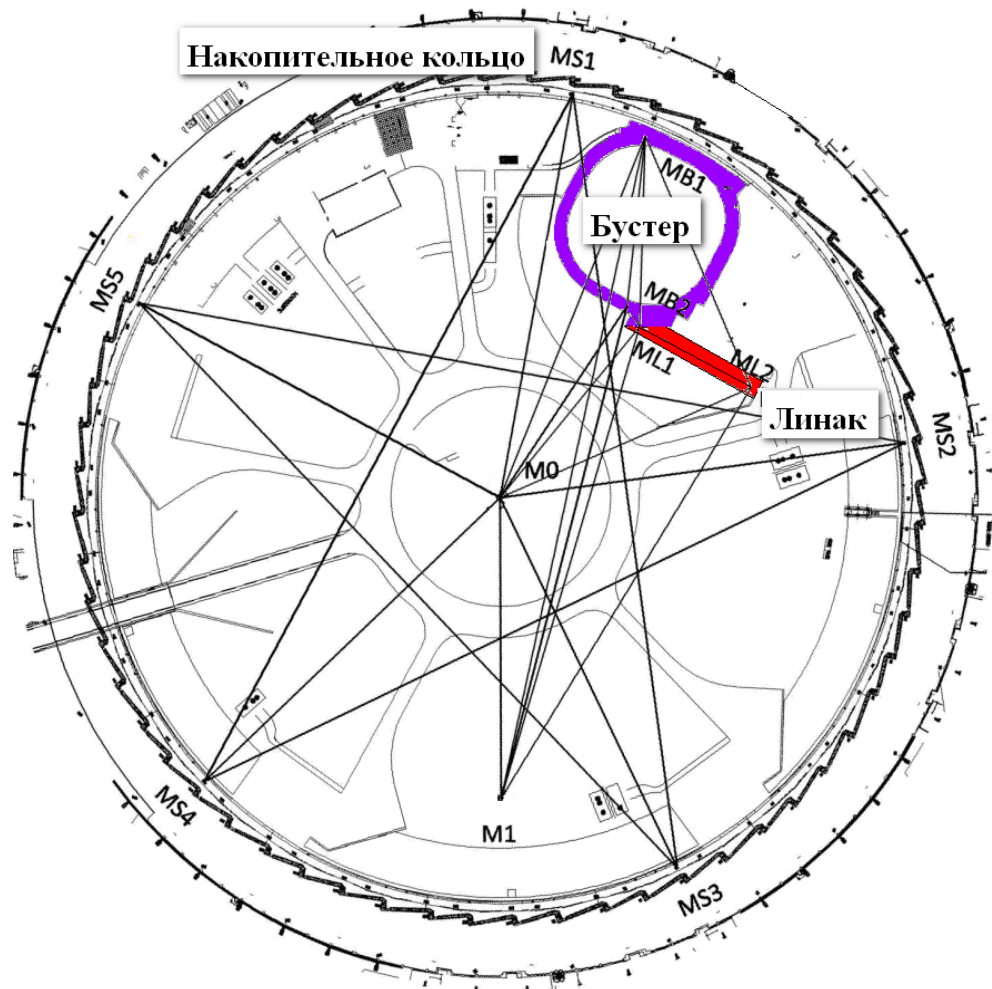


Рисунок 1.8 – Схема первичной опорной геодезической сети комплекса NSLS-II

Вторичная опорная геодезическая сеть бустера NSLS-II, от которой производится установка магнитной структуры, включает в себя 36 напольных и 72 настенных знаков, закрепленных по всему периметру тоннеля. Вид сверху показан на рисунке 1.9.

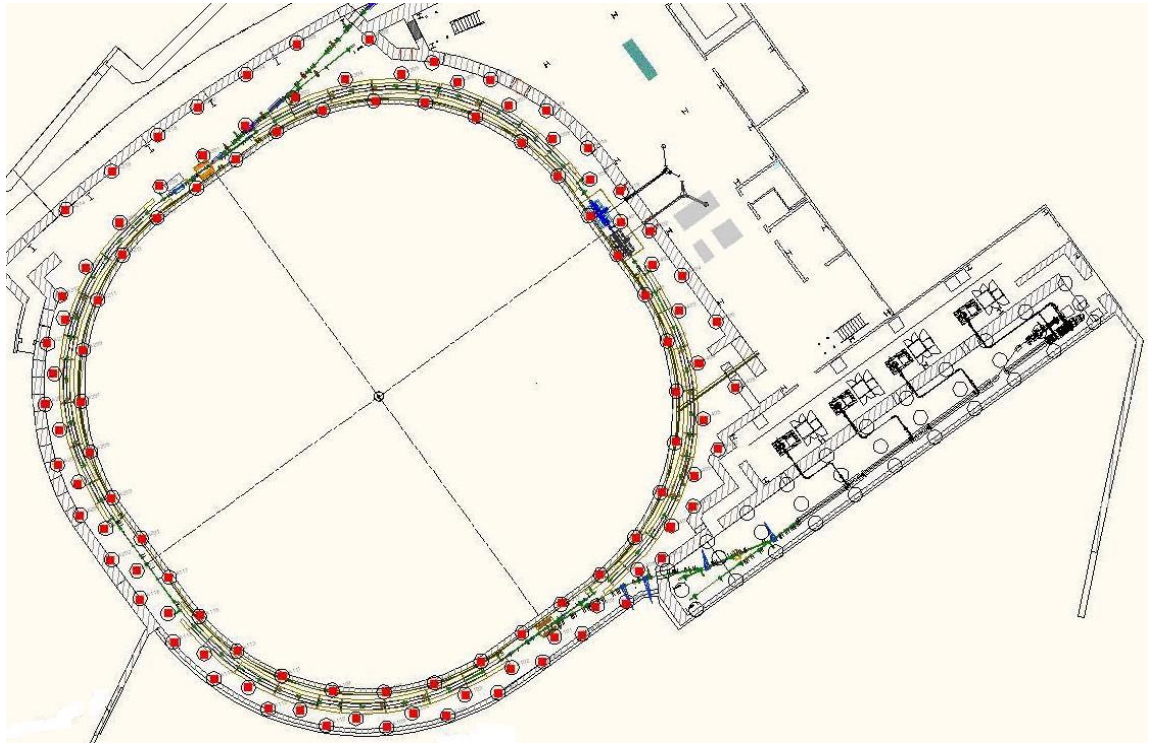


Рисунок 1.9 – Вторичная опорная геодезическая сеть бустера NSLS-II

Пространственное положение геодезических знаков вторичной сети бустера NSLS-II определяется измерениями лазерным трекером с 36 станций. Схема измерений лазерным трекером на одной станции показана на рисунке 1.10.

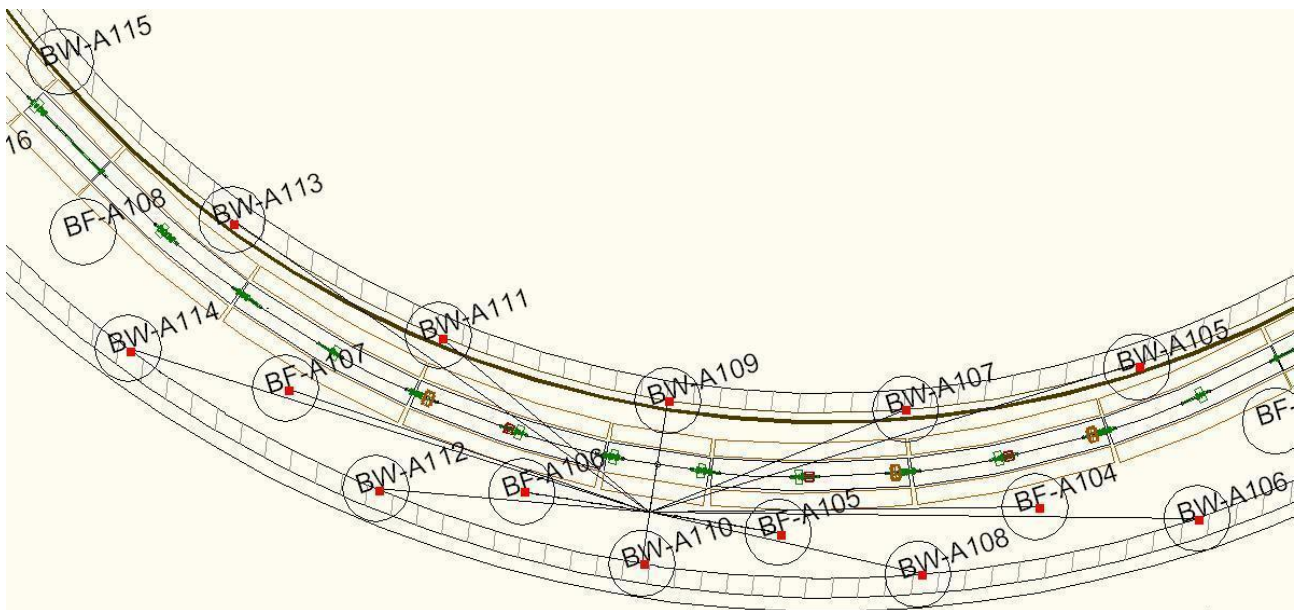


Рисунок 1.10 – Схема измерений на станции лазерным трекером

Построение планово-высотного геодезического обоснования ускорителя при использовании лазерного трекера требует достаточно высокой плотности пунктов сети (в два – три раза больше чем в традиционных построениях сети) и расположения их в сечении тоннеля максимально возможно разнесенных по расстоянию.

#### 1.4 Постановка задачи исследования

С учетом выполненного анализа постановка задач исследований рассматриваемых в данной работе определена как:

- разработка структурной схемы геодезического обеспечения стадий создания УНК с учётом технологических связей;
- разработка и внедрение методики геодезического обеспечения стадий создания бустера NSLS-II на основе модульного принципа сборки;
- разработка и исследование способа интерпретации результатов геодезического мониторинга вертикальных деформаций кольцевых тоннелей ускорителей на основе гармонического анализа;
- разработка рекомендаций по модернизации и созданию геодезических сетей УНК, ориентированных на применение лазерных трекеров.

## 2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАДИЙ СОЗДАНИЯ БУСТЕРА NSLS-II

### 2.1 Разработка структурной схемы геодезического обеспечения с учетом технологических связей для сохранения преемственности геодезических данных при создании УНК

Анализ опыта создания ускорительных комплексов дает понимание о необходимости применения комплексного подхода к геодезическому обеспечению этого процесса, так как нарушение технологической преемственности от этапа к этапу в создании УНК создает необоснованные трудозатраты и соответственно требует дополнительных ресурсов для восстановления той или иной достоверной технической информации. Автором реализован комплексный подход к формированию единой базы данных, содержащей физические и геометрические параметры ускорителя, конструкционные размеры элементов с реперными точками, результаты контрольных механических, магнитных и геодезических измерений.

Геометрические параметры всех составных частей ускорительного комплекса их координаты расположения на территории комплекса должны стать основой для формирования базы данных всех технологических, структурных и управленческих связей необходимых для эффективной эксплуатации. На современном этапе развития, когда создаются УНК высоких энергий с размерами в километры усилиями многих стран, необходима разработка персональных геоинформационных систем для этих и подобных уникальных высокотехнологичных сооружений. Такие персональные ГИС могут быть разработаны в том случае, если для всех этапов создания УНК выделить и сформировать необходимые и достаточные связи их геодезического сопровождения. При этом важно чтобы геодезическо-технологическая преемственность стала основой эффективной реализации научного проекта.

Одна из задач диссертационных исследований заключалась в разработке структурной схемы геодезического обеспечения стадий создания УНК с учётом технологических связей (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Структурная схема геодезического обеспечения этапов создания УНК с учётом технологических связей

При создании современных УНК имеется два взаимосвязанных процесса:

- создание физического оборудования;
- строительство сооружений для размещения физического оборудования.

Эти процессы имеют свои этапы реализации. Для соблюдения требуемых геометрических параметров и эффективного взаимодействия процессов для каждого этапа требуется создать необходимую и достаточную геодезическую составляющую. А также выявить технологические связи и определить порядок взаимодействия. Эта задача может быть успешно решена, если процессы

реализуются в единой системе координат, которая позволяет обеспечить полное согласование в пространстве всех составных частей УНК.

На основе предложенной в структурной схеме стратегии геодезического обеспечения стадий создания УНК и конкретных технических заданий могут быть разработаны специальные комплексные проекты производства геодезических работ (ППГР) проектируемых УНК. Наполнение этих специальных ППГР методическими решениями является актуальной научно-технической задачей.

## 2.2 Геодезическое обеспечение этапа проектирования бустера NSLS-II.

В 2010 году Институт Ядерной физики СО РАН приступил к проектированию и производству бустера NSLS-II Брукхейвенской национальной лаборатории, США. Создание и согласование проекта, изготовление и последующий монтаж физического оборудования «под ключ» по условиям контракта определялись сроком около двух лет, что требовало эффективных подходов и экономии времени на каждой стадии создания бустера NSLS-II [73]. Необходимость соблюдения требований технического задания по точности позиционирования элементов структуры бустера определяла применение современных способов и средств измерений, а также разработку метода сборки и геодезического контроля. Допуски позиционирования элементов бустера представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Элемент	Источник погрешности		
	Поперечное смещение	Продольное смещение	Наклон
	Допуск		
Диполь	0,15 мм.	0,5 мм.	0,2 мрад
Квадруполь			
Секступоль			
Датчик положения пучка			

Геодезическое обеспечение при проектировании бустера NSLS-II включало в себя несколько задач.

При решении *первой* задачи требовалось оптимизировать количество и пространственное расположения геодезических знаков на всех элементах структуры бустера NSLS-II. При проектировании в конструкцию основных элементов структуры бустера целесообразно заложить:

- пять геодезических знаков на верхней поверхности дипольных магнитов;
- четыре геодезических знака на верхней поверхности квадрупольных магнитов;
- четыре геодезических знака по парно на верхней и боковой поверхностях корректирующих магнитов;
- пять геодезических знаков по одному на поверхностях пяти граней секступольных магнитов;
- четыре геодезических знака на верхней поверхности септумных магнитов.

Критериями оптимизации количества и расположения геодезических знаков на элементах бустера являлись полнота обзора при различных схемах измерений и сохранения видимости как минимум на три знака, и распределение знаков на элементах с максимально возможными расстояниями друг относительно друга. Геодезические знаки представляют собой отверстие диаметром 6,35 мм  $\pm 0,01$  мм глубиной 12,7 мм, выполненное перпендикулярно (не более 0,015 мм), к шлифованной площадке диаметром 50 мм. Дальнейшие исследования по определению точности геометрических параметров бустера и практическая реализация геодезических методов измерений показали, что данное расположение и количество геодезических знаков (рисунок 2.2) обеспечивает возможность высокоточного позиционирования элементов.

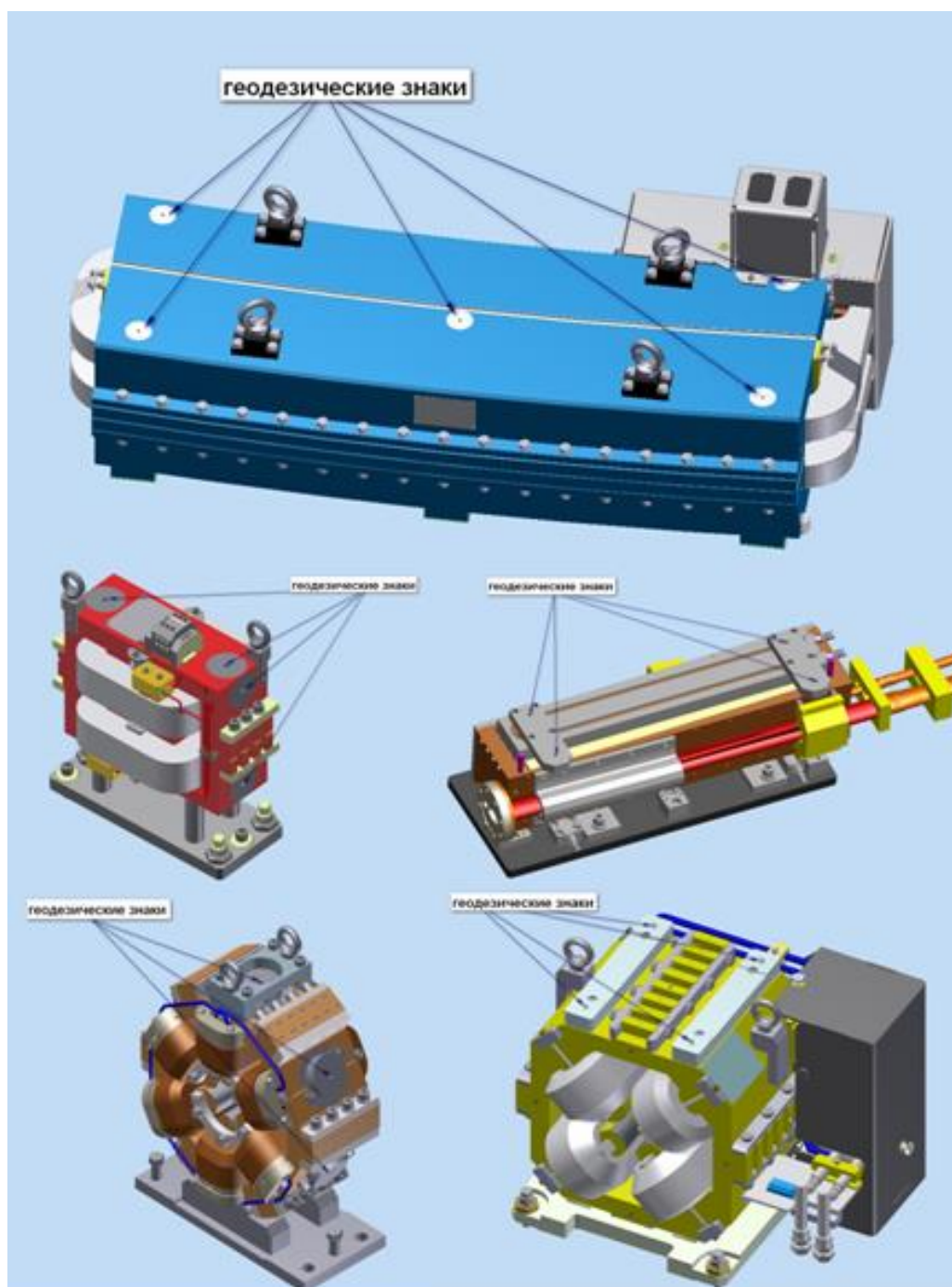


Рисунок 2.2 – Геодезические знаки на элементах структуры бустера NSLS-II

*Вторая* задача заключалась в назначении системы координат единой как для проектирования пространственного положения структуры бустера NSLS-II, так и для проведения монтажа и юстировки. Проектирование пространственного положения элементов оптической структуры бустера (рисунок 2.3) выполнялось в одной системе координат, центр (ноль) которой совпадает с геометрическим

центром оптической структуры бустера. Эта система координат была принята для производства монтажа и юстировки.

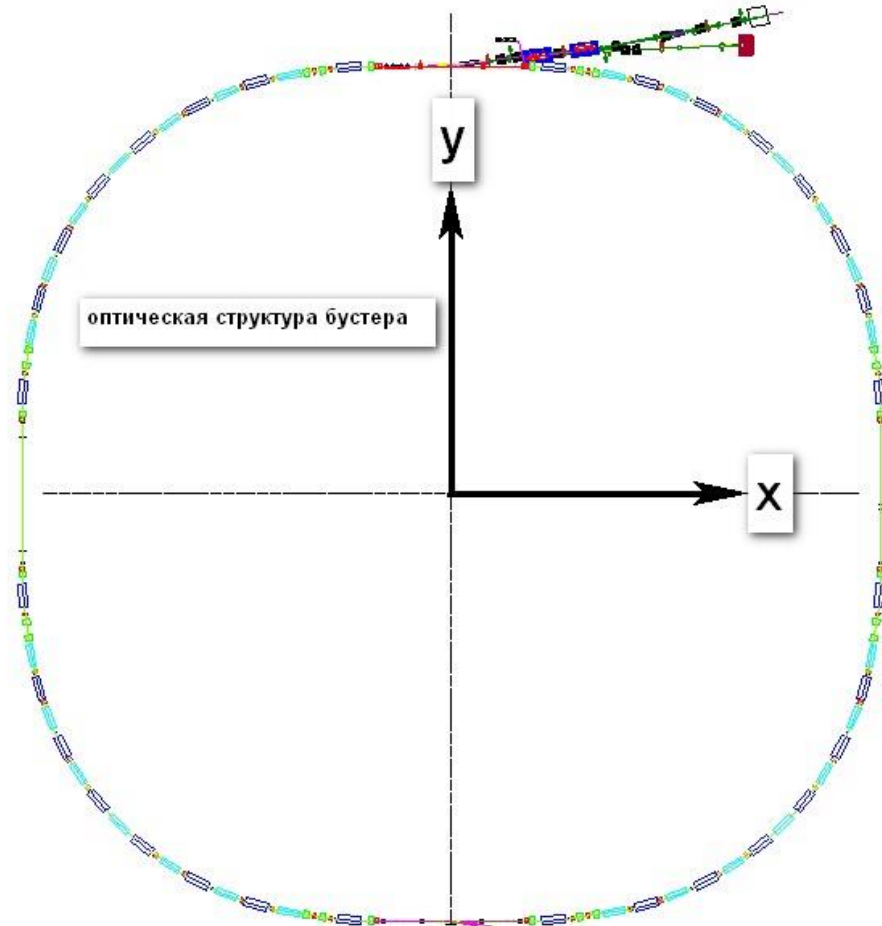


Рисунок 2.3 – Оптическая структура бустера NSLS-II с выпускным участком в выбранной системе координат

Данное теоретическое решение позволило на этапе проектирования увидеть, как и с какими технологическими зазорами вписывается структура бустера в объем тоннеля, а также контролировать сопряжения участков вакуумной камеры.

*Третья* задача заключалась в создании каталога проектных координат орбиты пучка в узловых точках всех элементов структуры бустера NSLS-II. На стадии проектирования формировался каталог проектных координат орбиты

пучка в узловых точках всех элементов структуры бустера NSLS-II (рисунок 2.4), который в последствии обеспечивал вставку реальных магнитных элементов в проектное положение в структуре и получение проектных координат геодезических знаков элементов.

<i>элемент</i>	<i>узловая точка</i>	<i>X, мм</i>	<i>Y, мм</i>	<i>Z, мм</i>
BR-ISRKIC3	<i>in</i>	-1564,685	-23785,855	0
	<i>out</i>	-1766,316	-23785,855	0
BR-ISRKIC4	<i>in</i>	-3689,684	-23776,355	0
	<i>out</i>	-3890,315	-23776,355	0
BR-ISCXW2	<i>in</i>	-4083,000	-23776,355	0
	<i>out</i>	-4217,000	-23776,355	0
BR-A1QF1	<i>in</i>	-4310,000	-23776,355	0
	<i>out</i>	-4610,000	-23776,355	0
BR-A1BD1	<i>in</i>	-5023,001	-23776,355	0
	<i>out</i>	-6318,359	-23681,331	0
BR-A1CY1	<i>in</i>	-6645,667	-23633,05	0
	<i>out</i>	-6778,233	-23613,496	0
BR-A1QG1	<i>in</i>	-6984,153	-23583,121	0
	<i>out</i>	-7280,942	-23539,342	0
BR-A1CX1	<i>in</i>	-7520,648	-23503,983	0
	<i>out</i>	-7642,727	-23485,976	0
BR-A1QD1	<i>in</i>	-7882,434	-23450,617	0
	<i>out</i>	-8179,223	-23406,838	0
BR-A1BF1	<i>in</i>	-8377,081	-23377,652	0
	<i>out</i>	-9597,984	-23161,83	0

Рисунок 2.4 – Фрагмент каталога проектных координат орбиты пучка в узловых точках элементов структуры бустера NSLS-II

При «классической» методике геодезического обеспечения (монтажа) установки магнитов в проектное положение для каждого отдельного элемента закладывается индивидуальная опорная конструкция его размещения в тоннеле ускорителя и, следовательно, проводится персональная юстировка каждого элемента непосредственно в тоннеле. Данная методика могла не обеспечить производство монтажа в отведенные сроки. Поэтому в целях повышения эффективности использования вторичной опорной геодезической сети и

уменьшения временных и финансовых затрат на бустере NSLS-II реализована другая методика геодезического обеспечения монтажа конструктивных элементов ускорителя.

*Четвёртой* задачей являлось проектирование и разработка модульного способа сборки бустера NSLS-II. При непосредственном участии автора разработан проект модульной сборки бустера. Вся структура бустера разделена на 44 модуля длиной от 1,3 до 3,5 м. Физически каждый модуль представляет несущую жесткую балку (гирдер), на который устанавливались элементы структуры ускорителя с общей вакуумной камерой. Гирдер представляет собой конструкцию в основе, которой заложен стальной профиль прямоугольного сечения размерами 500x300 мм, с толщиной стенки 16 мм в который интегрированы детали, обеспечивающие необходимую жесткость конструкции, высокоточное позиционирование и закрепление магнитных элементов и модуля в целом. Модули содержат в среднем около шести магнитных и других элементов, подлежащих точной юстировке. Магнитные элементы относительно гирдера имеют возможность юстировки  $\pm 2,5$  мм. Каждый модуль опирается на две тумбы, закрепляемые к полу. Предусмотрена возможность перемещения модуля относительно тумб по трем координатам в диапазоне  $\pm 25$  мм. Общий вид некоторых модулей показан на рисунке 2.5.

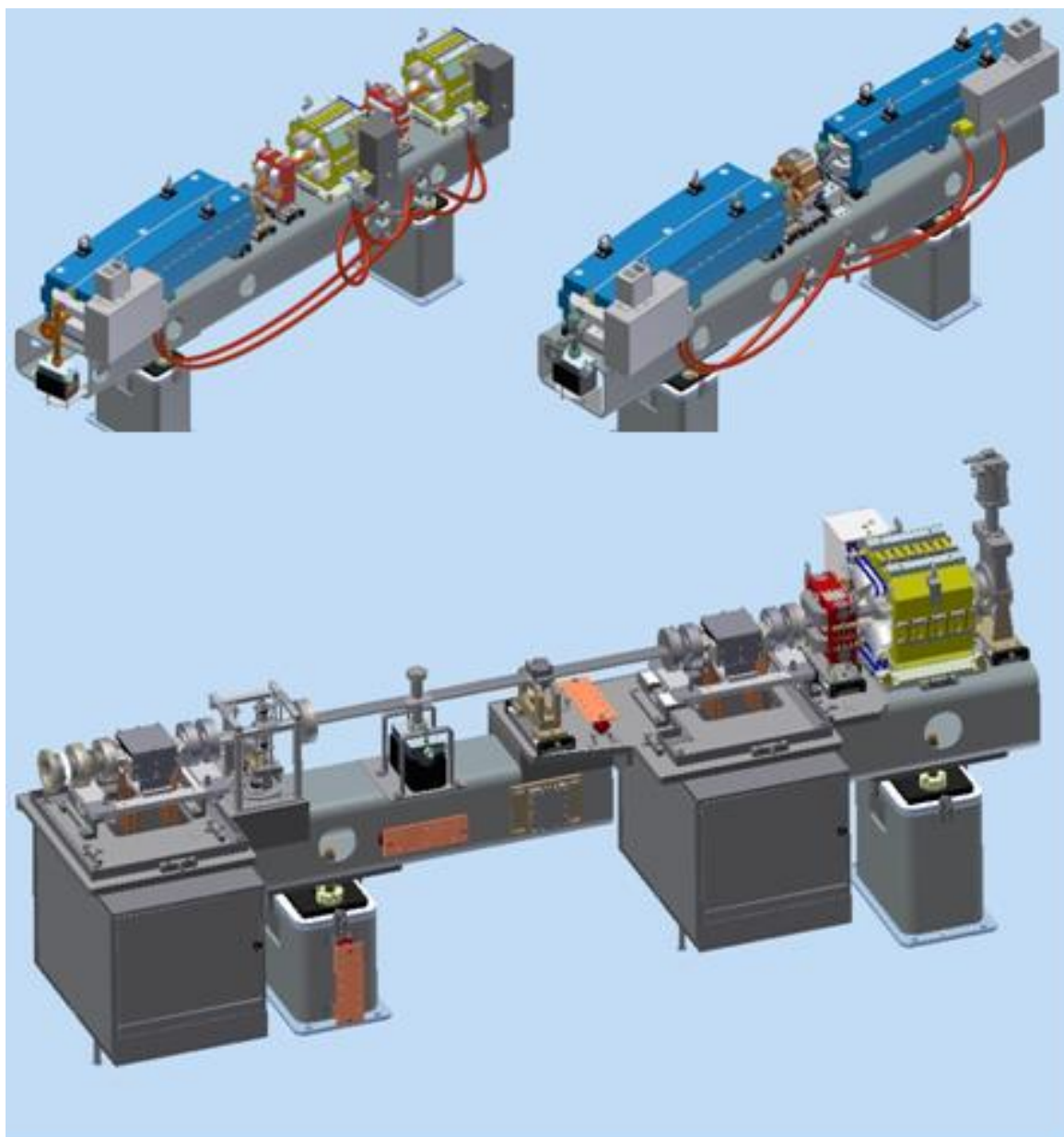


Рисунок 2.5 – Модули бустера NSLS-II

Проектирование модулей бустера с точки зрения их геометрических параметров осуществлялось на основе анализа различных данных рассматриваемых в единой системе координат.

### 2.3 Геодезический контроль сборки модулей бустера NSLS-II.

Геодезический контроль выполняется в следующих основных направлениях: контроль качества изготовления крупногабаритной продукции строительства и машиностроения; контроль технологического процесса строительства сооружений и монтажа технологического оборудования; контроль процессов технической эксплуатации зданий, сооружений и технологического оборудования и их оснований. Геодезический контроль позволяет предотвратить брак в определении фактического технического состояния конструкции технологического оборудования, на основе проверки геометрических параметров [14], [15].

На этапе изготовления гирдеров осуществлялся геодезический контроль соответствия критических геометрических параметров изделия проекту:

- отклонение от плоскостности опорных установочных площадок дипольных магнитов на гирдерах ( $\pm 0,06$  мм);
- взаимное плановое положение центров опорных установочных площадок всех магнитных элементов на гирдерах ( $\pm 0,15$  мм).

Критичность выбранных для геодезического контроля геометрических параметров гирдера определялась наибольшим вкладом параметра в конечную погрешность юстировки массивных магнитных элементов модуля (диполи, квадруполи) с учетом заложенного в конструкцию диапазона юстировки. Наибольшая точность изготовления требовалась для опорных установочных площадок дипольных магнитов на гирдерах так как было принято техническое решение, предписывающее жесткую посадку дипольных магнитов по высоте. Высотная юстировка диполей предполагалась лишь в случае аварийной ситуации приведшей к деформации гирдера при транспортировке до места конечного монтажа модуля.

Геодезический контроль с применением API Laser Tracker 3 показал, что отклонение от плоскостности опорных установочных площадок дипольных

магнитов на всех гирдерах (рисунок 2.6) укладывается в заданный диапазон. Средняя плоскость, полученная по результатам многократных измерений API Laser Tracker 3, определялась с точностью  $\pm 0,015$  мм. Также было соблюдено требование на взаимное положение центров опорных установочных площадок всех магнитных элементов на гирдерах.

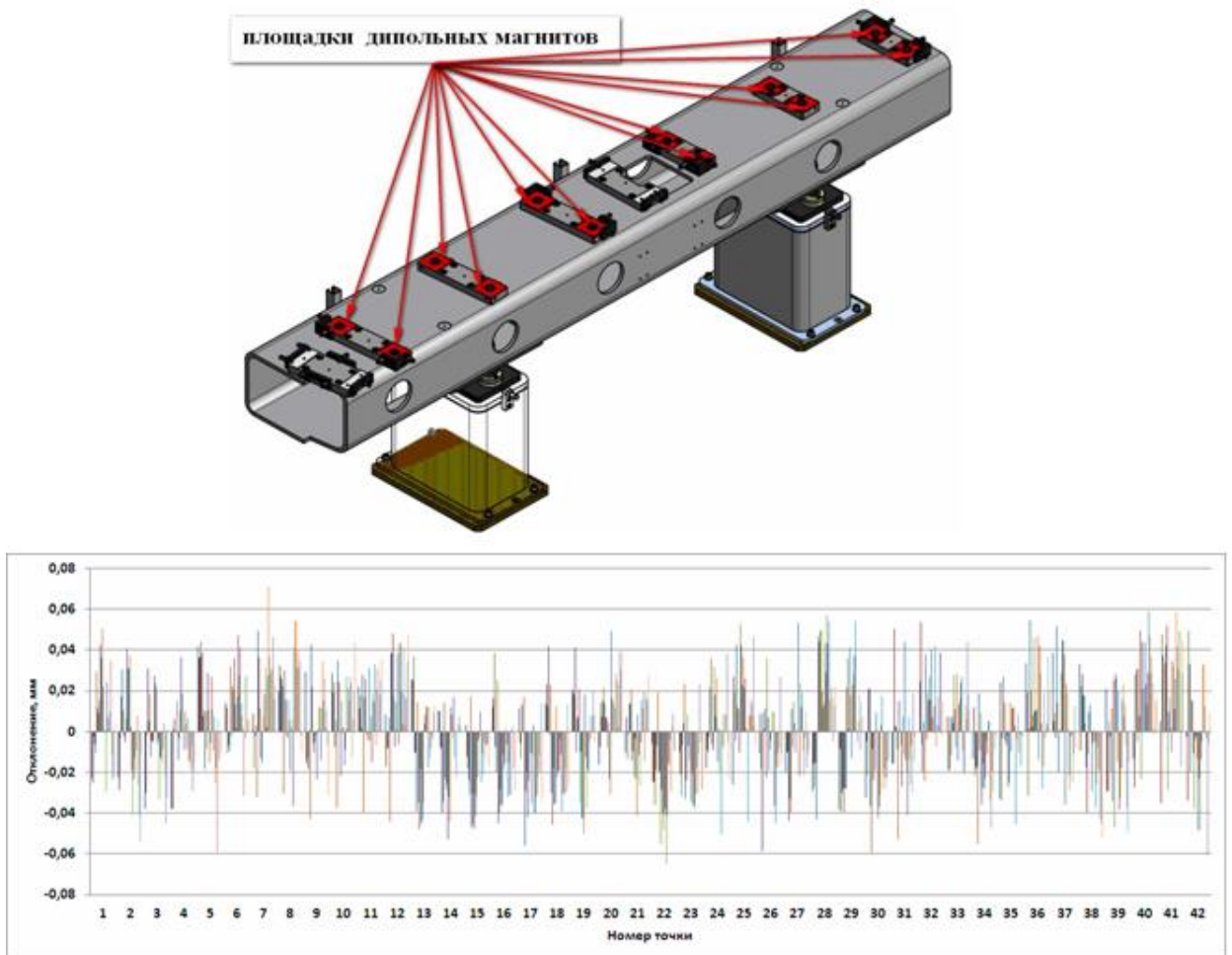


Рисунок 2.6 – Опорные установочные площадки дипольных магнитов на гирдере и гистограмма их отклонений от плоскостности (для 24 гирдеров длиной 3,5 м)

На первом этапе сборки модулей требовалось определить взаимное положение геодезических знаков на магнитных элементах и пространственное положение геодезических знаков относительно магнитной оси элемента. Магнитные оси элементов определялись при магнитных измерениях.

Геодезические измерения с помощью API Laser Tracker 3 позволили определить пространственное положение геодезических знаков относительно магнитной оси элемента для диполя с  $\sigma = 0,065$  мм, для квадруполя, секступоля с  $\sigma = 0,035$  мм.

На втором этапе сборки модулей узловые точки магнитных осей элементов совмещались с узловыми точками проектной орбиты пучка для этих элементов и вычислялись проектные координаты геодезических знаков элементов структуры бустера NSLS-II. Далее элементы структуры бустера устанавливались на гирдер и юстировались в проектное взаимное положение, определялось их положение относительно геодезических знаков гирдера. Данная операция имела следующий порядок действий:

- установка элементов на гирдере в среднее плановое положение по диапазону юстировочных узлов;
- производство съёмки положения геодезических знаков наиболее массивных элементов на гирдере и их юстировка в проектное взаимное положение;
- производство контрольной съёмки положения геодезических знаков наиболее массивных элементов на гирдере;
- анализ результатов контрольной съёмки положения геодезических знаков наиболее массивных элементов на гирдере;
- юстировка всех элементов на гирдере в проектное взаимное положение;
- финальная исполнительная съёмка с двух станций всех геодезических знаков всех элементов на гирдере и геодезических знаков принадлежащих гирдеру (рисунок 2.7);
- определение координат геодезических знаков гирдера.

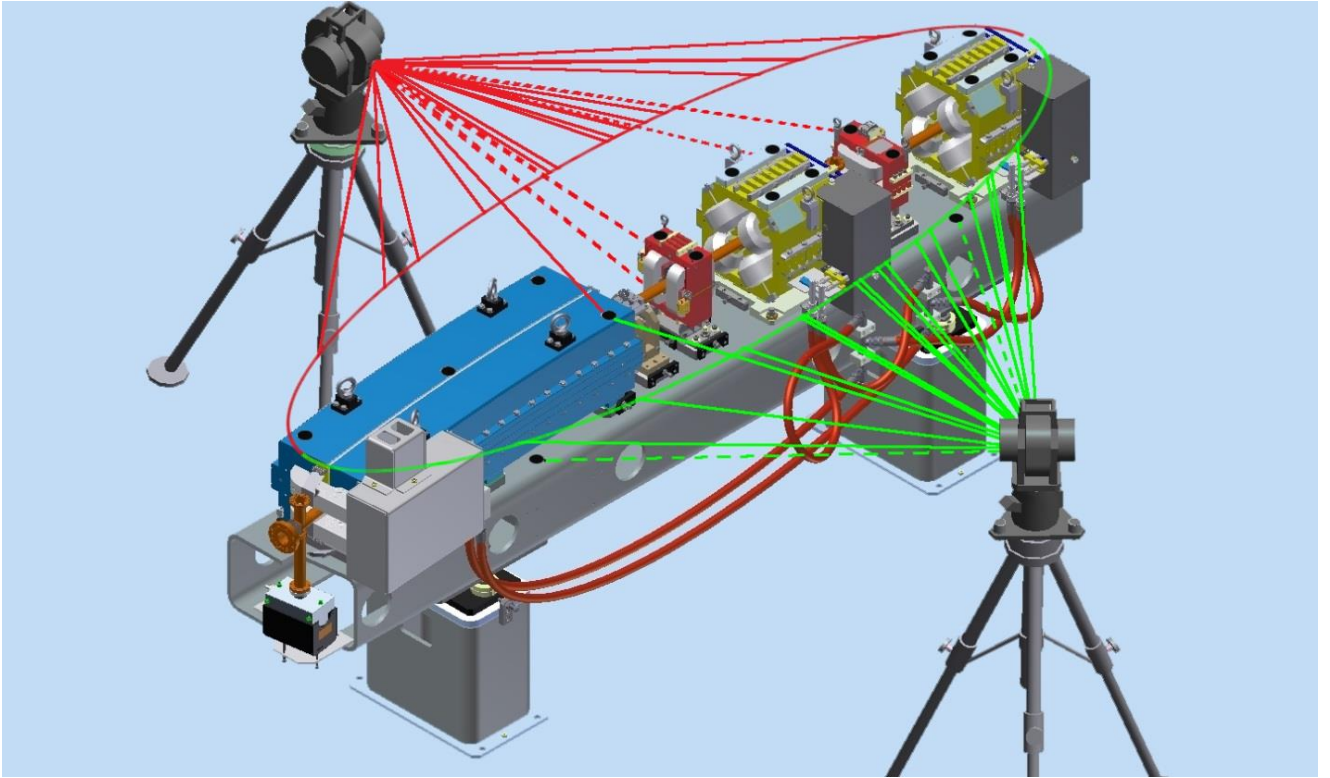


Рисунок 2.7 – Иллюстрация исполнительной съёмки модуля бустера NSLS-II

Геодезическое сопровождение сборки модулей бустера NSLS-II методически выполнялось согласно представленной на рисунке 2.8 схемы с соблюдением расстояния от 1,5 до 3,0 м между API Laser Tracker 3 и юстируемым физическим оборудованием.

По результатам геодезических измерений API Laser Tracker 3 положение магнитных элементов относительно проектного определено с  $\sigma = 0,085$  мм. Положение магнитных элементов относительно расчетной орбиты определено со среднеквадратическим отклонением  $\sigma = \sqrt{0,065^2 + 0,085^2} = 0,107$  мм.

На основе результатов проведенных измерений создан каталог координат всех геодезических знаков элементов и гирдеров в системе координат бустера.



Рисунок 2.8 – Схема геодезического сопровождения сборки модулей бустера

NSLS-II

Модули доставлялись из города Новосибирска в город Нью-Йорк автомобильным и морским транспортом. Сопровождение монтажа и юстировки модулей осуществлялось геодезической группой Брукхейвенской национальной лаборатории (BNL) при содействии геодезической группы ИЯФ СО РАН.

При монтаже модулей в кольце бустера соблюдался следующий порядок геодезических работ:

- на первоначальном этапе в здании бустера от вторичной опорной геодезической сети производится разметка мест крепления опорных тумб гирдеров;

- на втором этапе производится монтаж и юстировка гирдерных модулей, где модуль устанавливается в среднее положение плановой юстировки; далее, используя лазерный трекер, от опорной геодезической сети в соответствии с каталогом координат модуль приводится к горизонту на проектной отметке и производится его плановая юстировка с контролем высотного положения. После итераций обеспечивших нахождение центров геодезических знаков гирдера в проектном положении все юстировочные узлы гирдера фиксируются;

- на третьем этапе производится контрольный цикл геодезических измерений планового и высотного положения элементов на кольце бустера.

Результаты контрольного цикла геодезических измерений планового и высотного положения элементов структуры бустера, проведенного в мае 2013 года представлены в приложении А в оригинальном виде документа, который предоставлялся всем заинтересованным участникам проекта.

Автором был проведен анализ вертикальных смещений по данным четырех циклов измерений (ЕРОСН 3, ЕРОСН 4, ЕРОСН 5, ЕРОСН 6) вторичной сети бустера, представленных специалистами BNL. При рассмотрении изменений высотных отметок знаков сети от цикла к циклу (рисунок 2.9) обнаружено что сеть бустера от цикла к циклу наклоняется как целое.

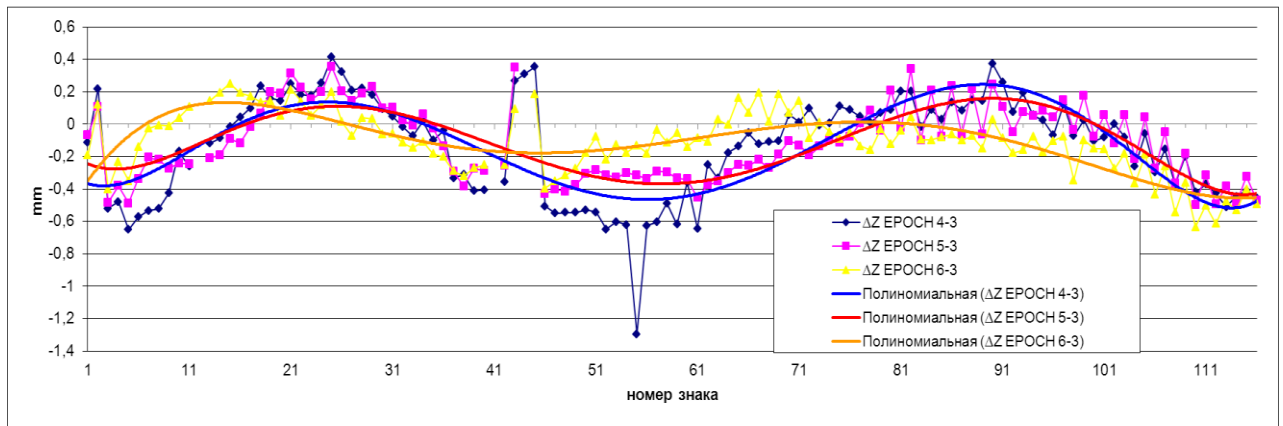


Рисунок 2.9 – Деформация сети бустера NSLS-II по вертикали относительно цикла EPOCH 3

Такой сценарий развития деформаций маловероятен. Проверим это сравнением взаимного положения знаков вторичной сети бустера в одной системе координат цикла EPOCH 3 с циклом EPOCH 6 (рисунок 2.10).

Best-Fit Transformation4 (Summary)				
A::EPOCH 3.txt to A::EPOCH 6.txt				
Results	X	Y	Z	Mag
Count	116	116	116	116
Max Error	1.0690	1.2048	0.3198	1.3676
RMS Error	0.4093	0.4760	0.1231	0.6398
StdDev Error	0.4111	0.4781	0.1237	0.6426

Рисунок 2.10 – Результаты сравнения взаимного положения знаков сети бустера

Сравнение показывает, что изменение вертикального положения вторичной сети бустера за период от EPOCH 3 до EPOCH 6 в среднем определяется диапазоном  $\pm 0,12$  мм. Следовательно, значимых вертикальных деформаций сети не происходит. Рисунок 2.9 иллюстрирует, флуктуации системы координат от цикла к циклу, что приводит к необоснованным величинам подвижек компонентов бустера при юстировке и трудозатратам. Система координат должна быть более стабильной чем та что используется в EPOCH 3, EPOCH 4, EPOCH 5, EPOCH 6, а вертикальная ось отвесной. В связи с тем что в геодезических работах

на NSLS-II применяются исключительно только лазерные трекеры американским коллегам было предложено организовать контроль горизонтальности плоскости относимости высокоточным нивелиром.

#### 2.4 Исследование влияния длины визирного луча лазерного трекера API на размеры эллипсоидов погрешностей

При эксплуатации лазерных трекеров необходимо учитывать особенности их применения как с точки зрения принципа измерения, так и конструктивных решений в конкретной модели трекера. Отсутствие возможности центрирования прибора на геодезическом пункте не позволяет реализовывать многие традиционные схемы измерений. Методом определения координат при измерениях лазерным трекером является полярный метод - пространственная полярная засечка. При этом измеряются горизонтальные  $\beta$ , вертикальные  $\nu$  углы и наклонные расстояния  $S$  до уголкового отражателя, установленного на поверхности объекта.

Координаты центра уголкового отражателя:

$$X_{omp} = S \cos \nu \cos \beta; \quad (2.1)$$

$$Y_{omp} = S \cos \nu \sin \beta; \quad (2.2)$$

$$Z_{omp} = S \sin \nu. \quad (2.3)$$

Погрешности определения координат центра уголкового отражателя:

$$m_{X_{omp}} = \sqrt{(\cos \nu \cos \beta)^2 m_S^2 + (S \cos \nu \sin \beta)^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 + (S \sin \nu \cos \beta)^2 \left(\frac{m_\nu}{\rho}\right)^2}; \quad (2.4)$$

$$m_{Y_{omp}} = \sqrt{(\cos \nu \sin \beta)^2 m_S^2 + (S \cos \nu \cos \beta)^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 + (S \sin \nu \sin \beta)^2 \left(\frac{m_\nu}{\rho}\right)^2}; \quad (2.5)$$

$$m_{Z_{omp}} = \sqrt{(\sin \nu)^2 m_S^2 + (S \cos \nu)^2 \left(\frac{m_\nu}{\rho}\right)^2}, \quad (2.6)$$

где  $m_s$ ,  $m_\beta$ ,  $m_\nu$  соответственно, погрешности определения наклонного расстояния, горизонтального угла и вертикального угла. При совмещении оси X с визирным лучом получим:  $m_x = m_s$ ;  $m_y = Sm_\beta$ ;  $m_z = Sm_\nu$ .

В большинстве измерительных систем, где используется полярный метод, точность измерения расстояний (погрешность вдоль визирного луча) и угла (погрешность поперек визирного луча) различна. При выборе наиболее оптимального расположения прибора относительно обмеряемого объекта, необходимо анализировать несколько факторов: требование к точности, реальные условия измерений и особенности конструкции объекта. Рационально, с точки зрения равенства точности измерений и полноты обзора, устанавливать прибор в центре. В этом случае точность определения радиальных расстояний будет полностью зависеть от погрешности дальномера применяемого прибора. Что применимо на ускорительных установках зального расположения, хотя при плотной компоновке физического оборудования тоже часто невыполнимо. Для лазерных трекеров API по данным разработчиков прибора точность измерения расстояний в режиме абсолютного дальномера (ADM)  $\pm 0,015$  мм до 10 м и  $\pm 0,015$  мм  $+0,0015$  мм/м свыше 10 м. Точность угловых измерений заявлена как 3,5 мкм/м [84],[85]. Эти обстоятельства сформировали необходимость проведения дополнительных исследований характеристик прибора. По результатам многократных измерений была исследована зависимость погрешности измерения по направлениям вдоль визирного луча и поперек визирного луча от расстояния на длинах до 29 м. Требовалось нахождение оптимального диапазона расстояний между прибором и юстируемыми элементами, где среднеквадратические погрешности  $m_s$ ,  $m_y$ ,  $m_z$  имеют близкие значения. По методу наименьших квадратов численным решением найдены коэффициенты и получены выражения:

$$m_s = (0,0068 + 0,0025L) \text{ мм}; \quad (2.7)$$

$$m_y = (0,0022 + 0,0048L) \text{ мм}; \quad (2.8)$$

$$m_z = (0,0011 + 0,0048L) \text{ мм}, \quad (2.9)$$

где  $L$  – расстояние от прибора до отражателя в метрах.

Результаты представлены на графике (рисунок 2.11).

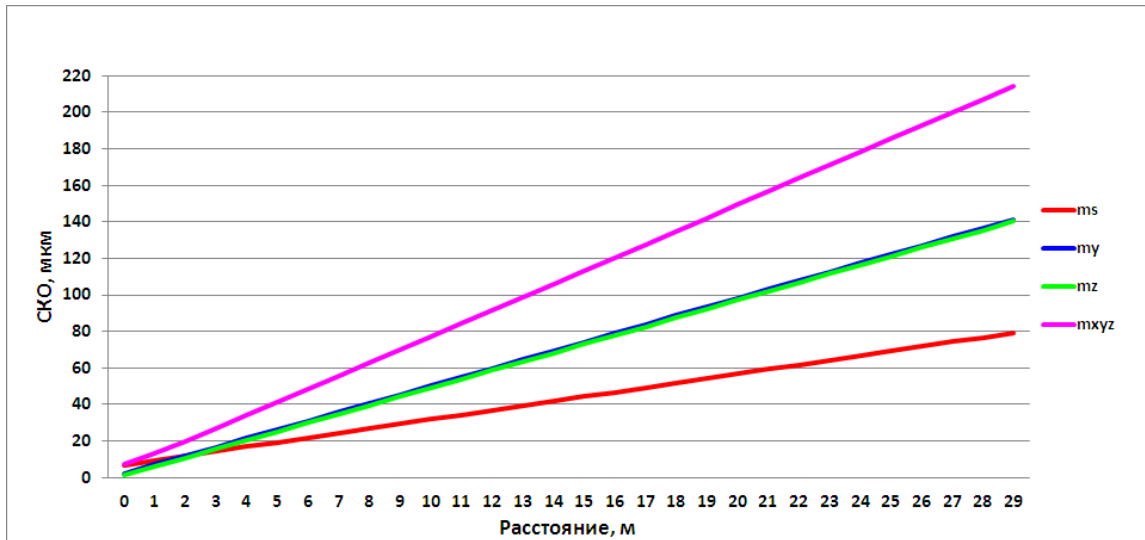


Рисунок 2.11 – График зависимости погрешностей  $m_s$ ,  $m_y$ ,  $m_z$ ,  $m_{xyz}$  от расстояния визирного луча API Tracker3

Проведенные исследования показали, что для расстояний от 1,5 до 3,0 м среднеквадратические погрешности  $m_s$ ,  $m_y$ ,  $m_z$  находятся в диапазоне  $\pm 5,0$  мкм (рисунок 2.12).

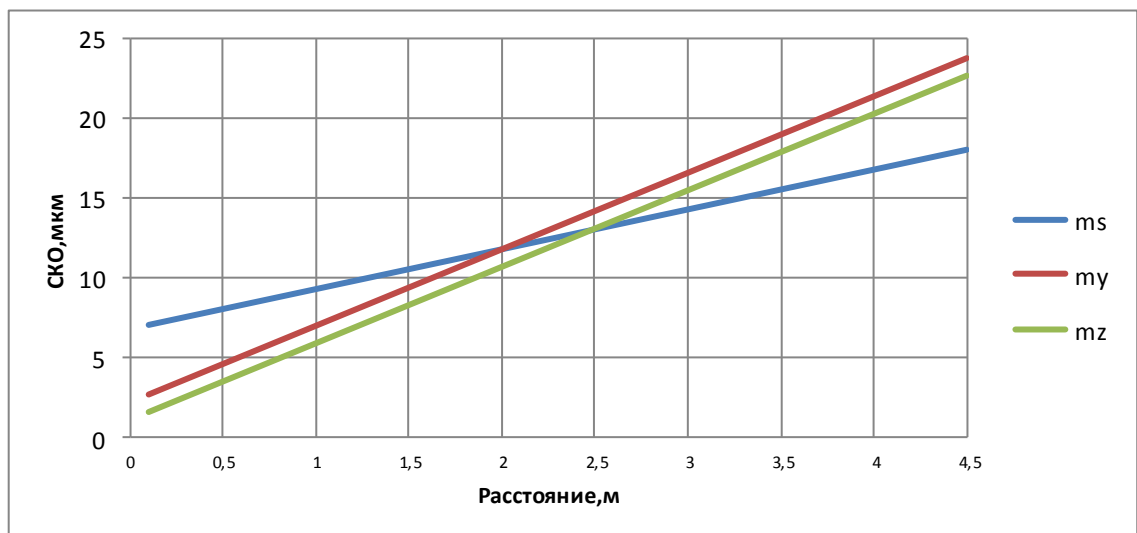


Рисунок 2.12 – График зависимости погрешностей  $m_s$ ,  $m_y$ ,  $m_z$  от расстояния

Выражения (2.7), (2.8), (2.9) правомерны в исследованном диапазоне длин визирного луча API Tracker3 и могут быть исходными для определения фактических погрешностей построения, расчетов вторичных геодезических сетей и установки экспериментального физического оборудования. Результаты проведенного исследования в практическом применении определяют зоны перекрытия и рабочие длины для разработки схем измерений при построении вторичных геодезических сетей ускорителей с применением лазерных трекеров.

Для определения координат пунктов вторичной геодезической сети ускорителя разрабатывается схема измерений, которая должна обеспечивать разумный компромисс между точностью и трудоемкостью. Для получения максимально возможной точности шаг между станциями измерений трекера делается минимально возможным и зоны перекрытия со смежных станций ограничиваются расстоянием минимально возможным для существующей схемы расположения пунктов сети. Однако реализация такого подхода требует времени, которого при эксплуатации УНК может быть не выделено. Поэтому исходя из принципа необходимости и достаточности схема измерений лазерным трекером определяется масштабом длин на которых точность измерений прибора близка к требуемой точности установки физического оборудования. То есть для большинства ускорителей можно считать оптимальными: шаг между станциями около 10 м, а зона перекрытия со смежных станций около 20 м. Также важно обеспечить рациональную схему расположения знаков вторичной геодезической сети, которая определяется с учетом конкретной компоновки основного и дополнительного физического оборудования в объеме тоннеля ускорителя. Более детальные исследования планируемых геодезических сетей могут быть выполнены с применением специализированного модуля универсального программного комплекса Spatial Analyzer - модуль SA USMN (рисунок 2.13). Предварительный расчёт точности определения координат выполняется на основе априорно заданных геометрических связей, точности применяемых приборов, выбранных режимов измерений.

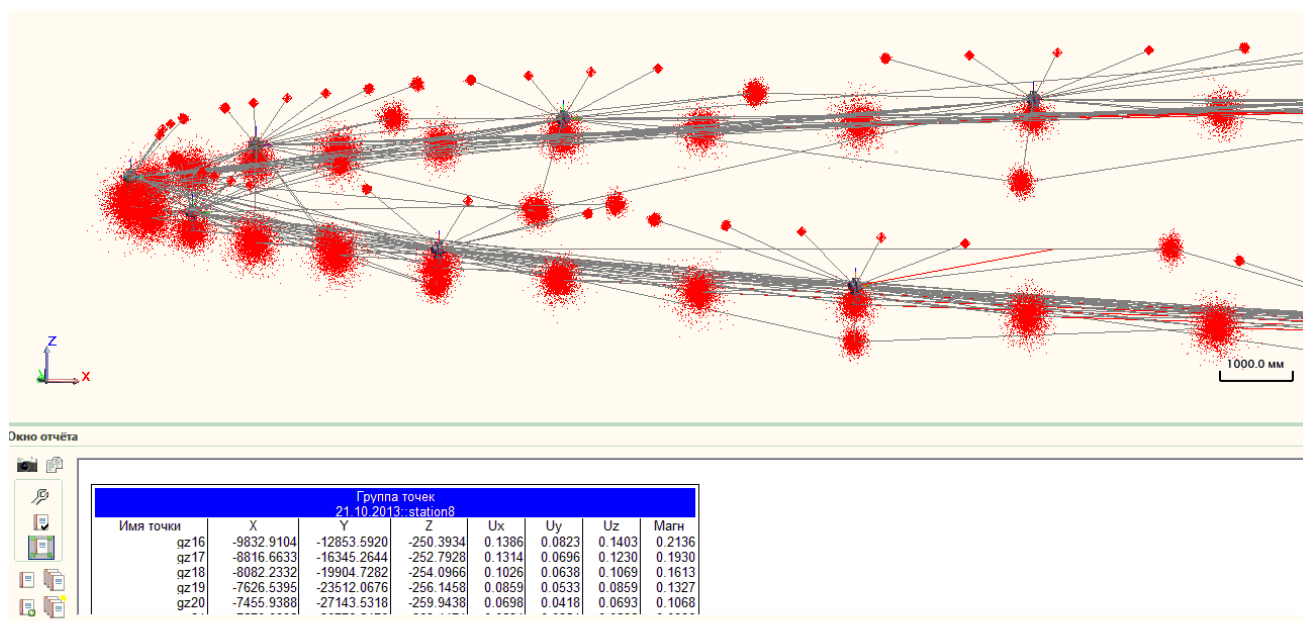


Рисунок 2.13 – Эллипсоиды погрешностей, моделируемые в модуле SA USMN для сети ВЭПП-4м

## 2.5 Применение метода сглаживающих кривых при модульном способе сборки бустера NSLS-II

Модульный способ сборки бустера хорошо вписывается в концепцию специального метода, основанного на применении сглаживающих кривых. Этот метод, предполагает приведение магнитов к трендовой кривой, которая может отклоняться от расчетной орбиты [30]. Для циклических ускорителей в устойчивой периодичной фокусирующей системе частица совершает колебания около положения равновесной орбиты. Поперечные колебания частиц называют бетатронными, а число этих колебаний на длине оборота  $\nu$  - бетатронной частотой. Анализ показывает, что в кольцевых ускорителях неидеальности поля приводят к раскачке колебаний и возникновению поперечных резонансов. Поэтому возмущение, вызванное ошибкой установки магнитных элементов не

должно содержать гармонических функций с частотами, близкими к частоте бетатронных колебаний.

Бустер NSLS-II имеет периметр орбиты 158,4 м и расчетную бетатронную частоту  $\nu = 9,64$ . Расчет спектральной чувствительности структуры бустера показывает, что 10-я гармоника наиболее критична для работы ускорителя (рисунок 2.14). Длина бетатронной волны и длина волны 10-й гармоники для структуры бустера составит около 16 м. Если создать для бустера модуль с магнитной структурой, где целое число элементов периодичности укладывается на длине волны бетатронных колебаний, это будет единичная структура. Тогда весь ускоритель можно представить из единичных участков и неединичного участка для получения нецелого  $\nu$ . Траектория ускорителя установленная из единичных участков может позволить существенно снизить требования к положению магнитной структуры относительно расчетной равновесной орбиты [49].

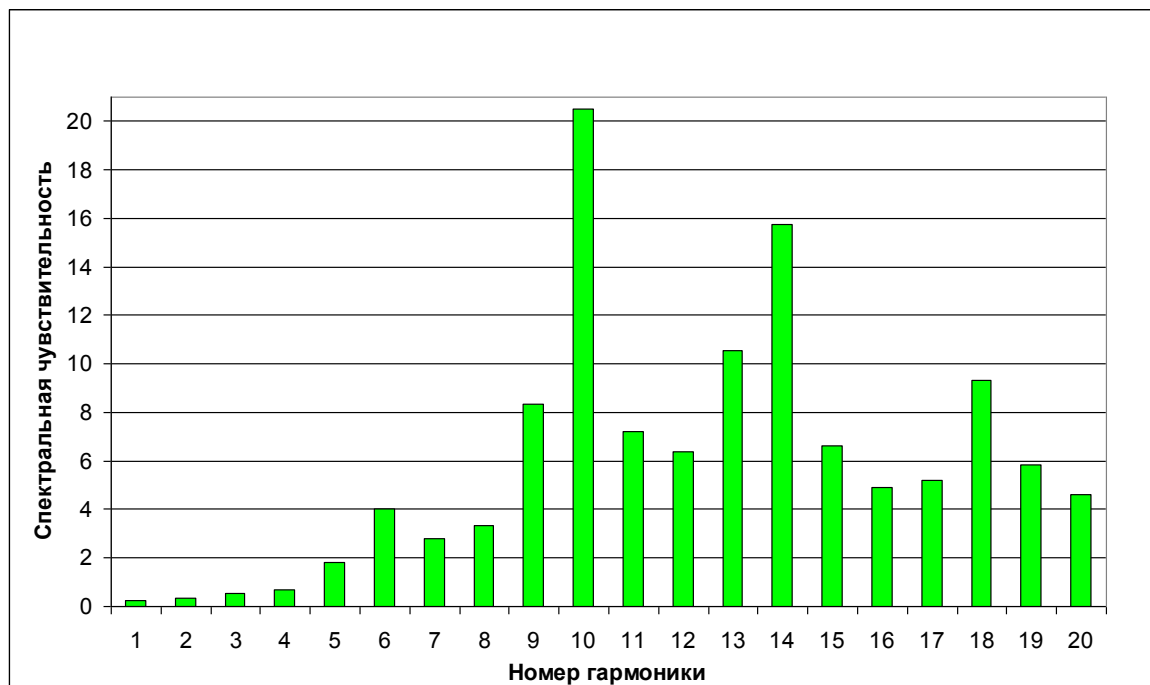


Рисунок 2.14 – Спектральная чувствительность магнитной структуры бустера NSLS-II

Длина магнитной структуры бустера, расположенной на четырех модулях составит около 16 м, тогда при относительной юстировке этих модулей с точностью  $\sim 0,15$  мм их можно принять близкими к единичной структуре. Движение частицы из точки 0 с нулевым углом и координатой относительно идеальной орбиты сформирует искаженную равновесную орбиту, точно проходящую через точки совмещения концов единичных участков (рисунок 2.15). Искажение орбиты внутри участков определяется их углом к идеальной орбите, а максимальное искажение относительно оси участка определяется как

$$y_{\max} = \frac{S_i - S_{i-1}}{2\pi} . \quad (2.10)$$

Так как допустимые искажения составляют около 2мм, величины  $S_i$  могут быть около 10 мм. При этом концы единичных участков должны быть совмещены с точностью  $\sim 0,1$  мм [49].

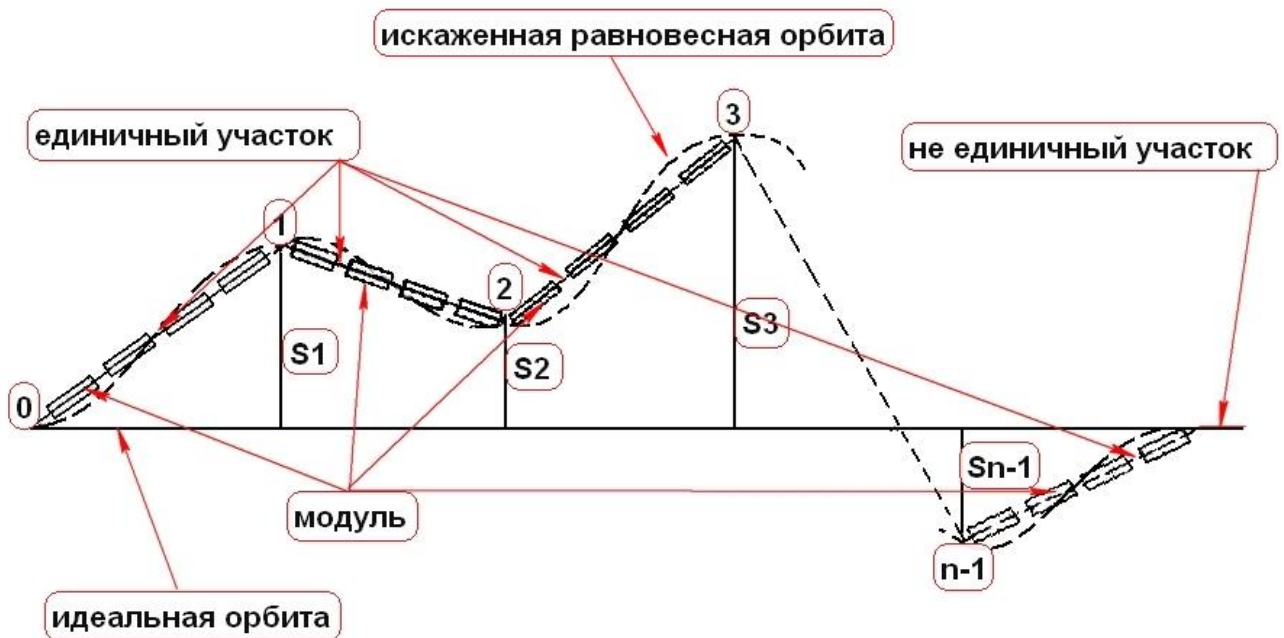


Рисунок 2.15 – Схема построения структуры бустера из единичных участков, состоящих из четырех модулей

В случае подхода к юстировке как обычной структуры модульный способ сборки также сохраняет преимущества высоких положительных коэффициентов корреляции ошибок юстировки, т.к. на длине модуля укладывается  $\sim \frac{1}{4} \lambda_{\text{дет}}$ .

Сглаживающая кривая должна так аппроксимировать результаты измерений, чтобы число необходимых подвижек элементов было минимальным и, что более существенно, вызывать наименьшие искажения орбиты. Сглаживающая кривая строится как сумма гармоник Фурье, к которым магнитная структура наименее чувствительна. Спектральная чувствительность  $\gamma_k$  к гармонике возмущения  $k$  есть наибольшая величина относительного отклонения искаженной замкнутой орбиты при воздействии возмущения с единичной амплитудой [30]. Если возмущение это сумма  $n$  гармонических функций, тогда оценка максимального искажения будет

$$y_{\max} = \sum_{k=1}^n (\gamma_k a_k), \quad (2.11)$$

Гармонику следует считать критичной, если произведение амплитуды гармоники на соответствующий коэффициент спектральной чувствительности вносит вклад (10-15 %) в искажение орбиты частиц от допустимого, которое принимается как 1/10 минимального размера вакуумной камеры. Для некритичной гармоники должно выполняться равенство:  $a_k \leq 0.1 y_{\text{дон}} / \gamma_k$ .

При построении сглаживающей кривой на практике выполняется следующее. Проводится цикл геодезических измерений по определению положения элементов структуры ускорителя. Измерения обрабатываются, находятся отклонения элементов от проектного положения  $\Delta R_i$ , далее вычисляются амплитуды гармоник, проводится Фурье-анализ результатов по формуле

$$a_k = \sqrt{c_k^2 + b_k^2}, \quad (2.12)$$

где  $c_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \Delta R_i \cos\left(\frac{2\pi k S_i}{P_0}\right)$ ;

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \Delta R_i \sin\left(\frac{2\pi k S_i}{P_0}\right);$$

$P_0$  – периметр установки;

$n$  – число точек;

$k$  – номер гармоники;

$S_i$  – текущая продольная координата точки  $i$ .

Далее для получения сглаживающей кривой нужно последовательно суммировать гармоники с номерами  $k = 0, 1, 2, \dots$ , одновременно вычисляя сумму (2.11), пока расчетное искажение орбиты не превысит допустимое. Полученная сумма не критичных гармоник сформирует сглаженную кривую.

Спектральная чувствительность бустера NSLS-II показана на рисунке 2.14, а на рисунке 2.16 спектральный состав погрешностей определения плановых координат в геодезической сети бустера NSLS-II. Рассматривая значения спектральной чувствительности видно, что они растут с увеличением номера гармоники, имея первый максимум при  $k = 6$  и второй при  $k = 10$ . Амплитуды погрешностей определения плановых координат имеют наибольшие значения при  $k = 0, 1, 2$ .



Рисунок 2.16 – Спектральный состав погрешностей определения плановых координат во вторичной сети бустера NSLS-II

Это значит, что в сети недостаточно хорошо определяется масштаб или неопределенность среднего диаметра кольца составляет  $\pm 0,5$  мм (нулевая гармоника), а неопределенность радиусов двух полуколец составляет  $\pm 0,2$  мм (первая гармоника) и отличие двух перпендикулярных диаметров от их номинала можно определить не точнее  $\pm 0,2$  мм. Максимальное допустимое искажение орбиты  $y_{don} = 2$  мм допуск на амплитуды первой и второй гармоники составит;  $a_1 = 0,1 \times y_{don} / \gamma_1 = 0,1 \times 2 / 0,2 = 1$  мм и  $a_2 = 0,1 \times 2 / 0,3 = 0,67$  мм.

Каждая гармоника имеет влияние на орбиту пучка частиц  $a_k \times \gamma_k$ , и от того, сколько и какие гармоники входят в состав сглаживающей кривой  $u = \sum a_k \times \gamma_k$  зависит величина искажений орбиты (рисунок 2.17).

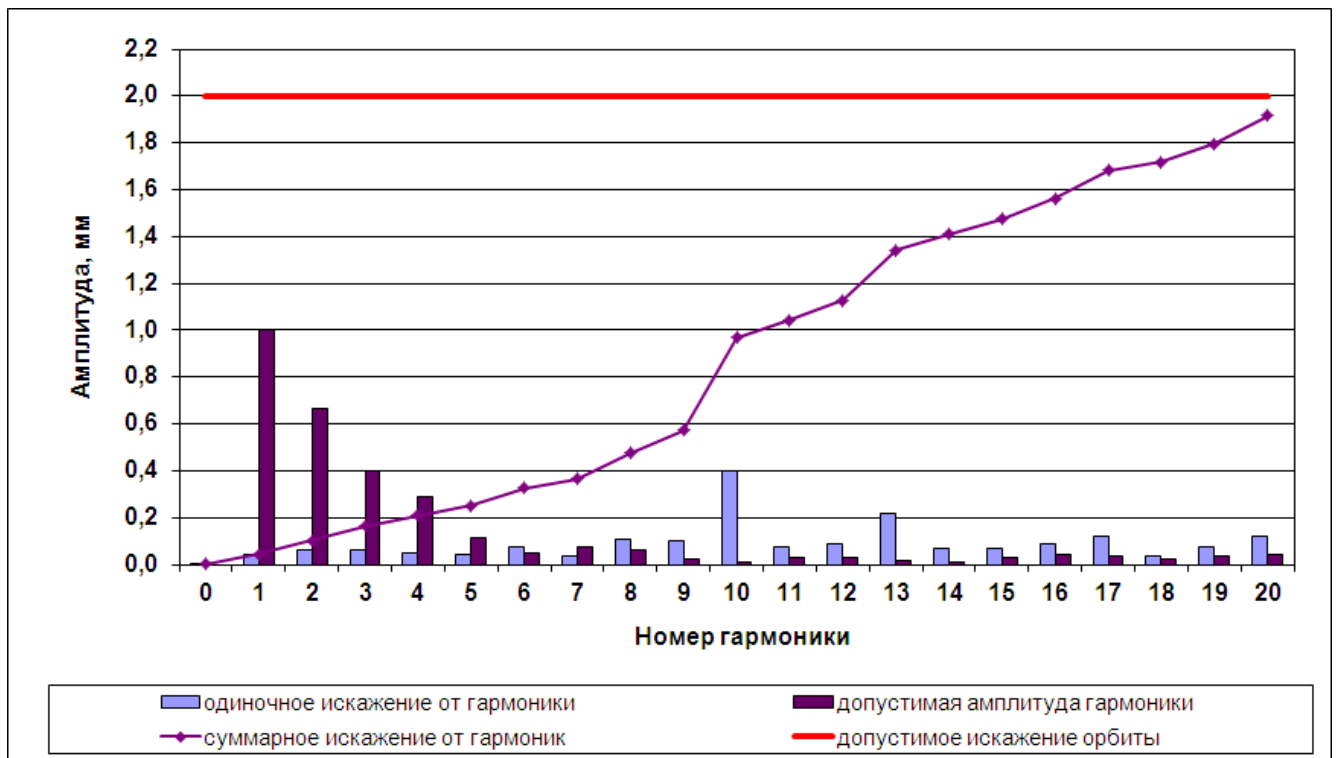


Рисунок 2.17 – График зависимости искажений орбиты бустера NSLS-II от гармоник возмущения, вызванных погрешностями юстировки

Шестая гармоника является первой критичной. Формально до двадцатой гармоники включительно рубеж максимального искажения орбиты в 2 мм не

достигнут. Но из-за того, что для реальных магнитных структур резонансными являются не только гармоники, близкие к частоте бетатронных колебаний, но и суммовые и разностные, включать в состав сглаживающей кривой рекомендуется только гармоники до первой критичной. Следовательно, сглаживающая кривая может включать в себя гармоники с нулевой по пятую включительно.

Геодезическое обеспечение стадий создания бустера NSLS-II сформировано на основе анализа исходных данных и принятых технических решений. Их состав представлен в таблице 2.2. Шаг за шагом начиная со стадии проектирования проводилось наполнение единой базы данных. Физические и геометрические параметры ускорителя являются исходными данными для разработки технических и методических решений определяющих успешное воплощение проекта в реальность. Геодезическая составляющая выступает в роли фундамента на котором базируется комплексный подход к созданию ускорителя. Современные возможности вычислительной техники позволяют иметь полный необходимый объем информации в единой базе данных, характеризующих все технические стороны стадий процесса создания ускорительно-накопительного комплекса. Состав и методы выполнения геодезических работ, средства измерений при реализации проекта бустера NSLS-II определили границы методики комплексного геодезического обеспечения УНК.

Таблица 2.2

Стадии	Исходные данные	Технические решения	Геодезическая составляющая
Проектирование	<p>1 Каталог координат узловых точек орбиты пучка</p> <p>2 Технические характеристики магнитных элементов</p> <p>3 Спектральная чувствительность магнитной структуры ускорителя</p>	<p>1 Количество и габариты модулей</p> <p>2 Рабочие диапазоны и конструкция юстировочных узлов магнитных элементов и модулей</p> <p>3 Конструкция гирдеров модулей адаптированная для геодезического контроля</p>	<p>1 Оптимизация количества и расположения геодезических знаков на элементах</p> <p>2 Моделирование опорной геодезической сети для оптимизации по спектральному составу ошибок определения координат.</p>
Изготовление	<p>1 Точности, заложенные в техническом задании</p> <p>2 Каталог координат узловых точек орбиты пучка</p>	<p>1 Конструкция стапелей и кареток для магнитных измерений адаптированная для геодезического контроля.</p>	<p>1 Создание опорных сетей стапелей</p> <p>2 Определение взаимного положения геодезических знаков и узловых точек магнитной оси элементов</p> <p>3 Создание каталога координат геодезических знаков магнитных элементов</p> <p>4 Геодезический контроль изготовления гирдеров модулей</p>
Монтаж	<p>1 Каталог координат геодезических знаков магнитных элементов</p> <p>2 Проект размещения и компоновки физического оборудования в тоннеле ускорителя</p>	<p>1 Количество и расположение геодезических знаков опорной сети в тоннеле ускорителя</p> <p>2 Технология сборки модулей</p>	<p>1 Создание опорной геодезической сети в тоннеле ускорителя</p> <p>2 Геодезическое обеспечение сборки модулей</p> <p>3 Геодезическое обеспечение монтажа модулей в тоннеле</p>
Эксплуатация	<p>1 Каталог координат геодезических знаков магнитных элементов</p> <p>2 Каталог координат геодезических знаков опорной сети в тоннеле ускорителя</p> <p>3 Реальные условия и компоновка радиационной защиты</p>	<p>1 Оптимизация схем измерений в геодезической опорной сети</p>	<p>1 Геодезический мониторинг</p> <p>2 Юстировка магнитных элементов ускорителя</p>

### 3 ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОННЕЛЕЙ УСКОРИТЕЛЬНО-НАКОПИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ИЯФ СО РАН

#### 3.1 Геодезическое обеспечение строительства тоннеля С-тау фабрики ускорительно-накопительного комплекса ВЭПП-5 ИЯФ СО РАН

*Краткая характеристика территории строительства.*

Площадка для строительства комплекса расположена в пределах правобережного Приобского плато. Естественный рельеф участка нарушен при проведении разного рода строительных работ, но сохранен уклон местности в западном направлении. Абсолютные отметки (а.о.) в направлении уклона местности от 182,0 до 173,0 м.

С-тау фабрика запроектирована в форме, близкой к эллипсу (рисунок 3.1).

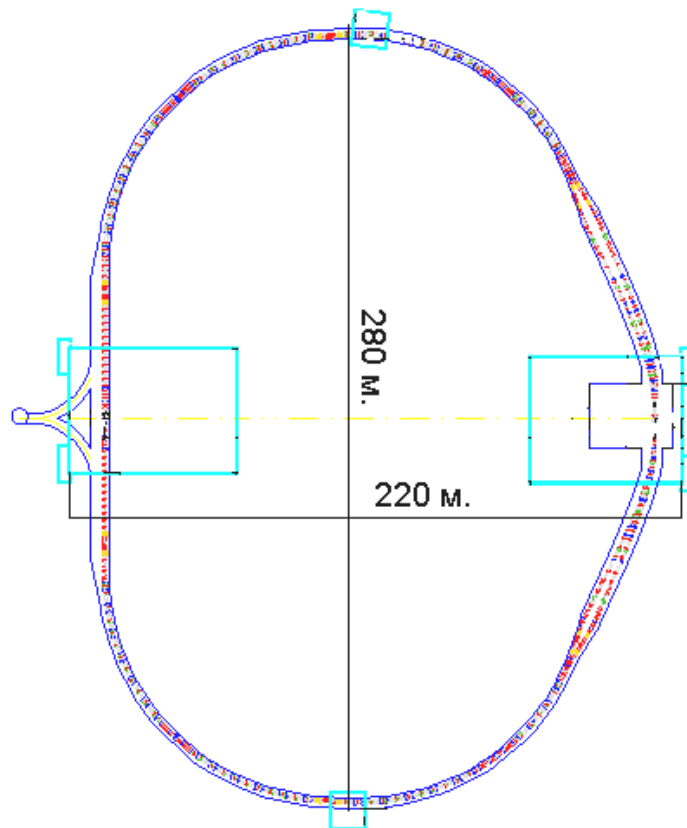


Рисунок 3.1 – Схема С-тау фабрики

Глубина заложения лотка тоннеля относительно дневной поверхности от 10 до 17 м. В геологическом строении территории принимают участие среднечетвертичные супеси, суглинки и глинистые пески. Грунтовая толща с поверхности до глубины 0,2–2,5 м сложена насыпным грунтом (супесь, реже суглинок легкий с включением разнообразного строительного мусора). Супесь до глубины 1,2–1,5 м твердая, полутвердая, маловлажная, в нижней части слоя влажная, пластичная, водонасыщенная. Под насыпным грунтом до глубины 6,0–10,0 м (а.о. 164,0–168,0 м) залегает супесь (легкая и тяжелая) с прослойками песка, реже суглинка. Супесь не содержит примеси органики, ненабухающая, непросадочная, незасоленная. Под слоем супеси с глубины 6,0–10,0 м до глубины 15,0–17,0 м (а.о. 160,0–162,0 м) залегает суглинок с линзами супеси, водонасыщенный. С глубины 15,0–17,0 м до глубины 25,0 м и глубже залегает песок пылеватый с линзами мелкого песка, с глубины 18,0–20,0 м переходящий в мелкий песок. Уровень грунтовых вод по состоянию на март 1991 года вскрыт на а.о. 153,9 м. Средняя величина сезонных колебаний уровня грунтовых вод составляет 0,5–0,6 м [16].

В 1995 году для сооружения ускорительного комплекса была создана наземная опорная геодезическая сеть, которая состояла из девяти геодезических пунктов. До настоящего времени сохранились лишь четыре пункта, расположение и конструкция этих пунктов не обеспечивает геодезического сопровождения современного проекта. Поэтому возникла научно-техническая задача по созданию наземной опорной геодезической сети для обеспечения строительства С-тау фабрики.

*Создание наземной опорной геодезической сети С-тау фабрики.*

Технология построения геодезического обоснования должна обеспечивать взаимосвязь этапов геодезических измерений, т.е. сохранить их преемственность для достижения заданных точностей монтажа несущих конструкций физического оборудования и возможности ведения проходки на разных участках тоннеля С-тау фабрики одновременно [7], [8].

На стадии строительства сооружения обеспечить в необходимом объеме выполнение геодезических работ, позволяющих гарантировать соблюдение проектных геометрических размеров тоннеля С-тау фабрики с погрешностью  $\pm 25$ мм. На стадии монтажа несущих конструкций физического оборудования обеспечить в необходимом объеме выполнение геодезических работ, позволяющих гарантировать соблюдение проектного пространственного положения несущих конструкций с погрешностью  $\pm 2,5$ мм.

Территория строительства на 70 % покрыта густым смешанным лесом в связи с этим автором была предложена методика выноса в натуру предполагаемых мест закладки геодезических пунктов первичной сети, основанная на использовании приложения «Google Планета Земля» и мобильного телефона с встроенным приемником глобального позиционирования:

- на топографической основе участка строительства определяются места закладки геодезических пунктов первичной сети;

- в приложении Google Планета Земля находится участок строительства и производится вставка изображения его топоосновы с оптимизацией положения объектов на топооснове и снимке из космоса (рисунок 3.2), выбор прозрачности изображения топоосновы в интерфейсе программы позволяет сделать оптимизацию по максимальному числу объектов;

- на местах закладки обозначенных на топооснове в приложении «Google Планета Земля» ставятся метки в свойствах, которых отображены их географические координаты;

- географические координаты меток заносятся в программу навигации мобильного телефона;

- на местности определяются предварительные места закладки пунктов геодезической сети и производится рекогностировка с учетом минимизации вырубki деревьев для открытия видимости между пунктами. Устанавливаются окончательные места закладки геодезических пунктов сети.

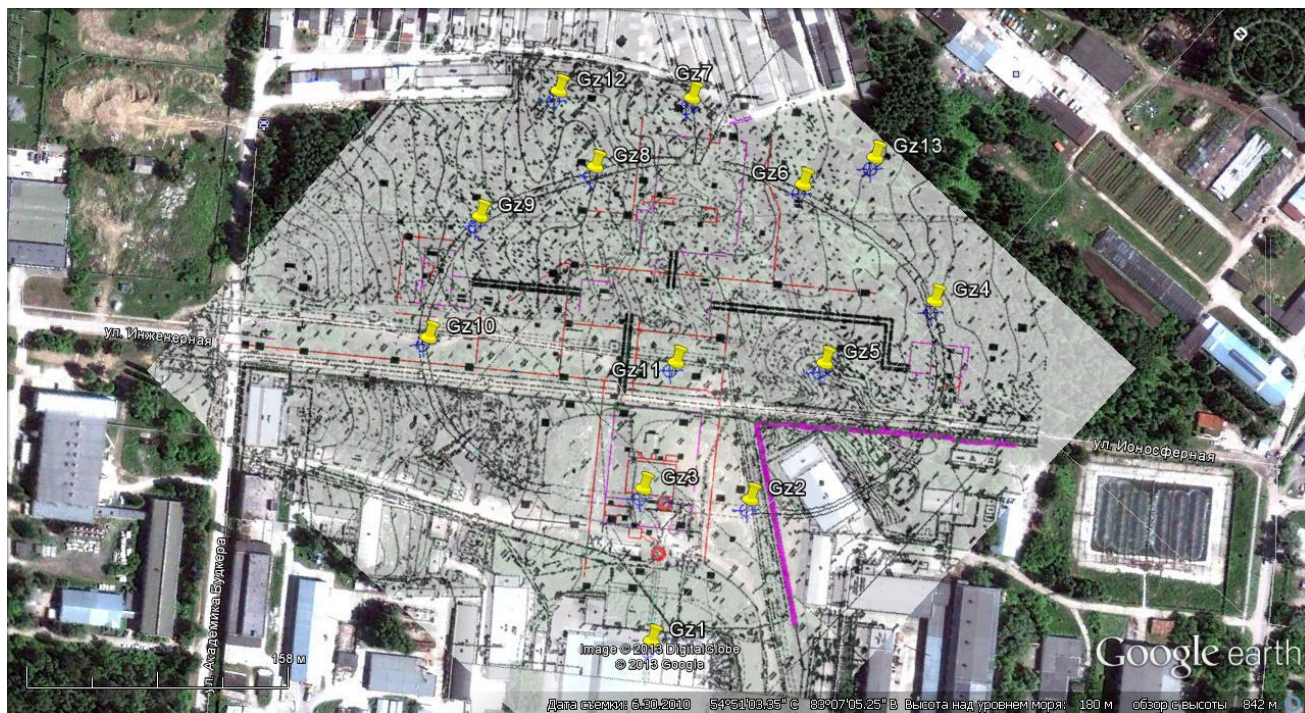


Рисунок 3.2 – Топографическая основа участка строительства С-тау фабрики в приложении «Google Планета Земля»

Всего выполнена закладка 12 наземных геодезических пунктов и реконструкция двух геодезических пунктов на крыше здания № 13. Конструкция геодезических пунктов сети на крыше здания № 13 представлена на рисунке 3.3. Общий вид наземных геодезических пунктов сети показан на рисунке 3.4.

Необходимость обеспечения долговременной сохранности пунктов сети заставила применять конструкцию знака не приспособленную для принудительного центрирования. Расположение пунктов сети определено из расчета обеспечения выноса в натуре осей всех вертикальных шахт и с последующей передачей координат на горизонт подземных работ. Количество пунктов сети выбрано с запасом ~ 20 % для возможности проводить геодезические работы вне зависимости от различного рода строительной деятельности на площадке, закрытия видимости или выхода из строя локального геодезического пункта опорной сети.

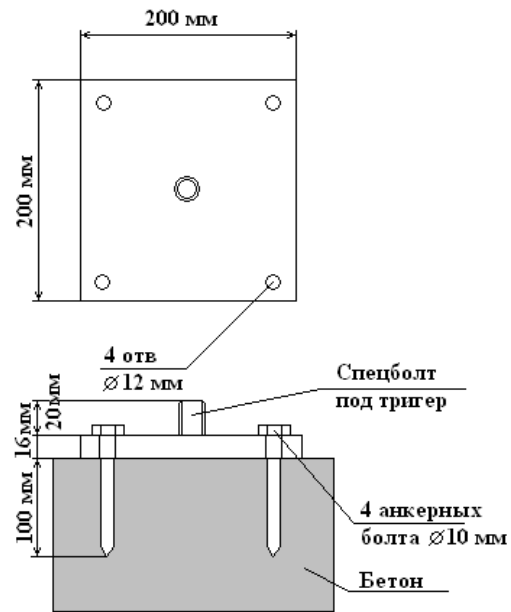


Рисунок 3.3 – Конструкция геодезических пунктов сети на крыше здания № 13



Рисунок 3.4 – Общий вид наземных геодезических пунктов сети

Для ориентирования и центрирования подземной маркшейдерской опорной сети, обеспечения строительства наземных сооружений и геометрического согласования в пространстве ранее построенных объектов комплекса ВЭПП-5 с С-тау фабрикой создана первичная наземная опорная геодезическая сеть (рисунок 3.5).

Широкое внедрение в практику геодезических работ светодальномерной техники привело к более частому применению линейно-угловых построений. Как правило в линейно-угловых геодезических сетях измеряются все или часть углов и сторон.

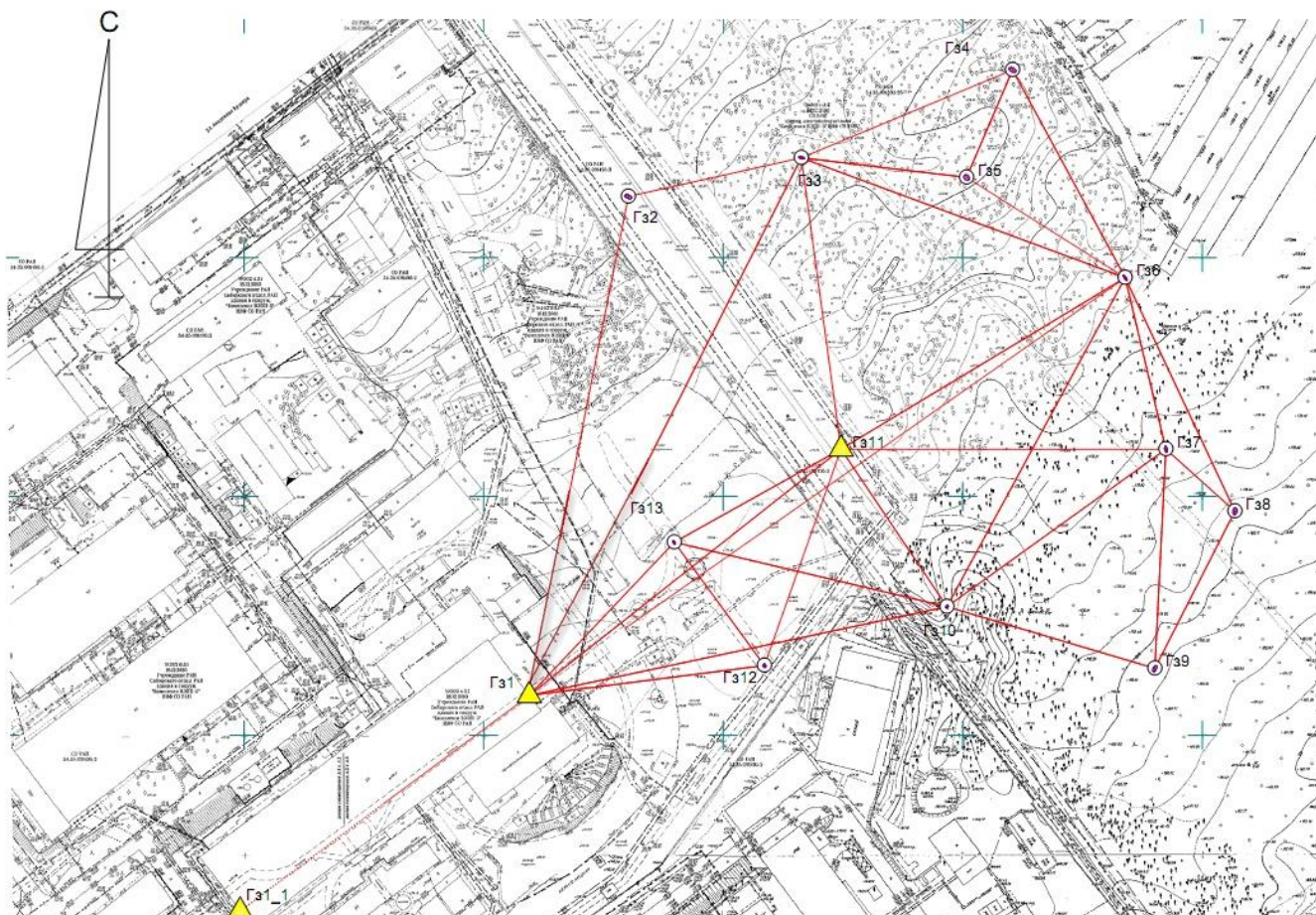


Рисунок 3.5 – Схема наземной опорной геодезической сети С-тау фабрики

В сравнении с триангуляцией и трилатерацией сеть, в которой оптимальным образом сочетаются угловые и линейные измерения, в меньшей степени зависит от геометрии фигуры построений. Линейно-угловая сеть при прочих равных

условиях позволяет определить координаты пунктов точнее, чем в сетях триангуляции и трилатерации, примерно в 1,5 раза [18].

Для угловых и линейных измерений был использован электронный тахеометр Leica TCRP1201+ (рисунок 3.6). Среднеквадратическая погрешность измерения угла в сети, полученная по невязкам треугольников составила 20".



Рисунок 3.6 – Электронный тахеометр Leica TCRP1201+

Углы измерялись четырьмя полными приемами. Среднеквадратическая погрешность измерения линий в сети составила 0,8 мм. Ведомость оценки точности положения пунктов по результатам уравнивания представлена на рисунке 3.7.

M min	Пункт	M max	Пункт	M средняя
0,00074	Гз10	0,00180	Гз4	0,00133

Пункт	M	Mx	My	a	b	$\alpha$
1	2	3	4	5	6	7
Гз10	0,00074	0,00060	0,00044	0,00061	0,00042	18°35'22,2"
Гз12	0,00088	0,00070	0,00053	0,00071	0,00051	164°10'20,5"
Гз13	0,00079	0,00064	0,00046	0,00070	0,00037	152°00'35,1"
Гз2	0,00164	0,00089	0,00138	0,00145	0,00076	111°38'35,9"
Гз3	0,00121	0,00054	0,00108	0,00111	0,00048	105°08'16,1"
Гз4	0,00180	0,00108	0,00144	0,00157	0,00089	118°13'48,2"
Гз5	0,00162	0,00116	0,00113	0,00131	0,00096	137°03'55,5"
Гз6	0,00135	0,00108	0,00082	0,00129	0,00041	144°27'55,6"
Гз7	0,00135	0,00122	0,00058	0,00123	0,00054	169°45'58,1"
Гз8	0,00171	0,00148	0,00086	0,00150	0,00084	8°24'23,6"
Гз9	0,00153	0,00128	0,00084	0,00138	0,00067	25°03'40,7"

Рисунок 3.7 – Ведомость оценки точности положения пунктов по результатам уравнивания

Для определения высот пунктов применен нивелир Ni007. Среднеквадратическая погрешность измерения превышения на станции по невязкам в полигонах составила 1,7 мм.

*Передача координат на горизонт подземных работ.*

При строительстве тоннеля выполняются два основных вида геодезических работ: вынесение проекта в натуру и исполнительная съемка сооружения. Оба вида работ осуществляются от пунктов геодезической основы, создаваемой как на дневной поверхности, так и в строящемся тоннеле в одной и той же системе координат. Перенесение проекта сооружений в натуру и соблюдение запроектированных геометрических форм этих сооружений являются ответственной задачей. Погрешность ориентировки отклоняет ось сооружаемого тоннеля от запроектированной трассы и вызывает несбойку при встречной

проходке тоннелей. Расхождения в осях встречных тоннелей, превышающие допуск являются недопустимыми. При такой несбойке габаритный запас оказывается недостаточным [23], [25], [31].

Наличие скважин с поверхности на горизонт подземных работ обусловило применения способа ориентирования через ствол и скважину. Скважины были исследованы на предмет их отклонения от вертикали и возможности свободного прохождения отвесной линии по всей длине в сечении скважины. Одна из скважин оказалась подходящей для передачи координат с поверхности на горизонт подземных работ. Сущность способа состоит в следующем. На дневной поверхности от пунктов обоснования определяют координаты отвесов  $O1$  и  $O2$ . В подземных условиях определяется взаимное положение пунктов подземной полигонометрии и отвесов  $O1$  и  $O2$ . По вычисленным координатам отвесов определяют расстояния между отвесами на поверхности и в шахте и дирекционный угол створа отвесов.

Данный способ ориентирования позволяет получить дирекционный угол линии подземной полигонометрии непосредственно у забоя [3]. Применение рассматриваемого способа выгодно отличается от способа ориентирования двумя отвесами через одну шахту, так как расстояние между отвесами многократно увеличивается, что в конечном итоге позволяет определить дирекционный угол створа отвесов с более высокой точностью.

На точность сбойки будут оказывать влияние следующие среднеквадратические погрешности:

$m_1$  - построения геодезического обоснования на поверхности;

$m_2$  - ориентирования подземной основы через ствол;

$m_3$  - ориентирования подземной основы через скважину;

$m_4$  - хода подземной полигонометрии от ствола до места сбойки;

$m_5$  - хода подземной полигонометрии от скважины до места сбойки.

Для тоннелей длиной до 1,0 км величину влияния перечисленных ошибок можно принять одинаковой. Тогда

$$\mu_c = m_1 \sqrt{n}, \quad (3.1)$$

где  $n$  число влияющих среднеквадратических погрешностей. То при среднеквадратичной погрешности определения плановых координат пунктов наземной опорной сети  $S$ -тау фабрики взятой для пункта наименее точно определенного  $m_1 = 1,8$  мм точность сбойки составит  $\mu_c = 4$  мм.

С учетом проведенных исследований реализована передача координат с поверхности на горизонт подземных работ строительства  $S$ -тау фабрики по схеме представленной на рисунке 3.8.

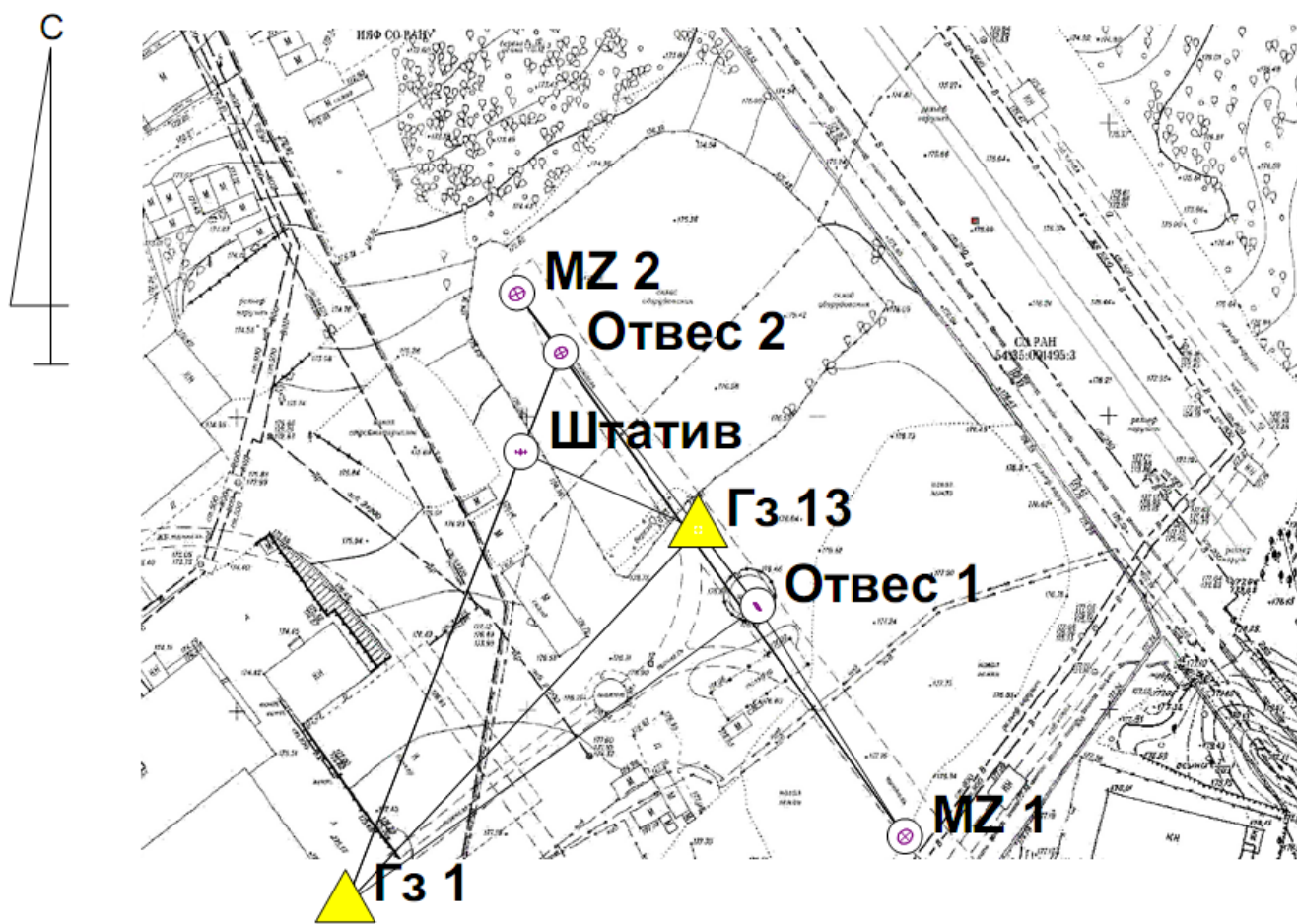


Рисунок 3.8 – Схема передачи координат с поверхности на горизонт подземных работ

Среднеквадратическая погрешность измерения угла, полученная по невязкам треугольников составила 1,9". Среднеквадратическая погрешность измерения линий составила 1,3 мм. Ведомость оценки точности положения пунктов по результатам уравнивания представлена на рисунке 3.9.

M min	Пункт	M max	Пункт	M средняя
0,00086	Отвес 1	0,00175	MZ 2	0,00134

Пункт	M	Mx	My	a	b	$\alpha$
1	2	3	4	5	6	7
MZ 1	0,00173	0,00121	0,00123	0,00133	0,00110	47°07'09,4"
MZ 2	0,00175	0,00114	0,00132	0,00137	0,00109	64°49'00,2"
Отвес 1	0,00086	0,00067	0,00054	0,00083	0,00022	142°03'42,1"
Отвес 2	0,00140	0,00092	0,00106	0,00110	0,00087	62°40'48,2"
Штатив	0,00095	0,00040	0,00086	0,00086	0,00040	90°31'36,3"

Рисунок 3.9 – Ведомость оценки точности положения пунктов по результатам уравнивания

### 3.2 Организация геодезического мониторинга вертикальных деформаций тоннелей УНК ИЯФ СО РАН

В современной практике высокоточных инженерно-геодезических работ наблюдения за деформационными процессами уникальных сооружений являются значительно востребованными [19], [22], [28], [50], [60], [62], [64], [65]. Для высокотехнологичных инженерных сооружений, имеющих высокие требования к пространственному положению уникального оборудования и к стабильности геометрических параметров несущих строительных конструкций, необходимо регулярно проводить геодезический мониторинг, как на стадии строительства, так и в период эксплуатации [33], [37], [40], [66], [74]. Рационально организованный геодезический мониторинг позволяет обозначить существующие тенденции

деформаций и определить величины вертикальных смещений несущих конструкций сооружений, что в свою очередь дает возможность принимать необходимые и достаточные технические и организационные решения при эксплуатации уникального оборудования и осуществлять прогнозирование деформаций на эксплуатационный период проведения научных экспериментов. Геодезический мониторинг деформационных процессов является одной из основных форм изучения состояния крупных инженерных объектов, которая определяется тремя составляющими: наблюдение, оценка, прогноз [12]. Целями проведения геодезического мониторинга в конечном счете является:

- оценка рисков, связанных с развитием процессов деформации сооружений и прилегающей территории;
- поиск ранних предвестников возможных катастрофических деформационных процессов, способных привести к утрате объекта или к нарушению условий обеспечения нормального эксплуатационного режима сооружений [66].

На ускорительно-накопительном комплексе ВЭПП-4м ИЯФ СО РАН геодезический мониторинг вертикальных деформаций несущего кольцевого тоннеля с *периметром* 366 м выполняется с 1973 года. Опорная сеть ВЭПП-4м состоит из 94 пунктов расположенных в полукольцах – на внешней стене, в техническом промежутке – на колоннах, в экспериментальном промежутке – на внутренней стене.

Для закрепления пункта плановой и высотной сети используются высокоточные геодезические знаки. Плановое положение обозначается центром втулки, позволяющей центрировать приборы и приспособления на знаке с точностью  $\pm 0,006$  мм. За высотный репер принимается верхняя плоскость втулки.

Плановая и высотная сети строятся отдельно. Высотная сеть ВЭПП-4м сформирована таким образом, что бы оптимизировать проведение геодезических работ по времени без потери необходимой точности измерений. Выполняемых методом геометрического нивелирования коротким визирным лучом из середины

с использованием нивелиров типа Ni-007. Метод геометрического нивелирования коротким визирным лучом из середины был разработан в МИИГАиК и успешно применяется в течение десятков лет на ускорительно-накопительных комплексах [39].

В ИЯФ СО РАН на его основе создана методика нивелирования геодезической основы, где измерения превышений выполняются с точным соблюдением равенства плеч (без изменения фокусировки) с использованием реек со специальными шкалами, с отсчитыванием на один и тот же штрих, как по основной, так и дополнительной шкале (при двух горизонтах) по двум рейкам. Схема измерений формирует сеть замкнутых полигонов (рисунок 3.10) [43], [46].

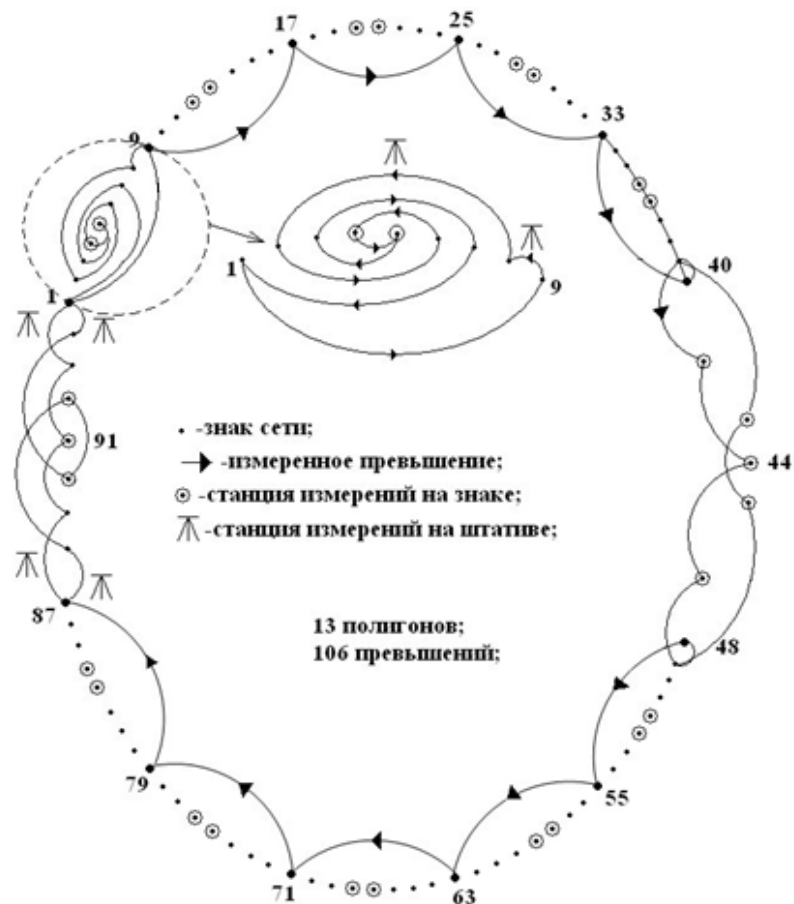


Рисунок 3.10 – Схема измерений высотной сети ВЭПП-4м

В высотной сети превышения в каждом малом полигоне измеряются с четырех станций. Нивелир устанавливается непосредственно на знаке опорной сети, что дает определенные преимущества. Во-первых, знак выполняет роль жесткого штатива, что обеспечивает высокую стабильность инструмента. Во-вторых, так как расстояния между знаками в полукольцах строго одинаковые, то легко соблюдается равенство плеч, исключая ошибки за перефокусировку и за невыполнение главного условия нивелира (угол «i»). Только при измерении двух превышений из девяти, с длиной плеч  $\sim 2,5$  м, прибор устанавливается на штативе, имеющем специальное устройство для оперативного изменения высоты инструмента. Места для установки штативов заранее определены, что значительно ускоряет процесс перестановки инструмента.

Превышения измеряются по двум рейкам, по основной и дополнительной шкалам. Ошибка за «разность нулей» реек исключается перестановкой последних. Каждая рейка имеет отдельную подсветку, которая закреплена на знаке. Это обеспечивает хорошее освещение шкал реек. Постоянство разности между одноименными штрихами основной и дополнительной шкал обеих реек контролируется. Каждое превышение измеряется четыре раза и берется среднее из измерений. Полигоны измеряются последовательно. Измерения по определению превышения на станции проводятся следующим образом:

- нивелир устанавливается на знак (штатив) и приводится к горизонту;
- на геодезические знаки, между которыми определяется превышение, устанавливаются рейки и осветительные стойки;
- наблюдатель наводит и фокусирует прибор на заднюю рейку № 1;
- вращением барабана оптического микрометра добивается точно симметричного введения штриха основной шкалы рейки № 1 в бисектор сетки нитей, берется отсчет (номер штриха и отсчет по микрометру);
- наведение сбивается, и предыдущий пункт повторяется;
- два предыдущих пункта повторяются для штриха дополнительной шкалы рейки № 1;

- наблюдатель наводит и фокусирует прибор на переднюю рейку № 2;
- вращением барабана оптического микрометра добивается точно симметричного введения штриха дополнительной шкалы рейки № 2 в бисектор сетки нитей, берется отсчёт (номер штриха и отсчёт по микрометру);
- наведение сбивается, и предыдущий пункт повторяется;
- два предыдущих пункта повторяются для штриха основной шкалы рейки № 2;
- рейки меняются местами;
- наблюдатель наводит и фокусирует прибор на переднюю рейку № 1;
- вращением барабана оптического микрометра добивается точно симметричного введения штриха основной шкалы рейки № 1 в бисектор сетки нитей, берется отсчёт (номер штриха и отсчёт по микрометру);
- наведение сбивается, предыдущий пункт повторяется;
- два предыдущих пункта повторяются для штриха дополнительной шкалы рейки № 1;
- наблюдатель наводит и фокусирует прибор на заднюю рейку № 2;
- вращением барабана оптического микрометра добивается точно симметричного введения штриха дополнительной шкалы рейки № 2 в бисектор сетки нитей, берется отсчёт (номер штриха и отсчёт по микрометру);
- наведение сбивается, и предыдущий пункт повторяется;
- два предыдущих пункта повторяются для штриха основной шкалы рейки № 2.

При завершении измерений оперативно вычисляется невязка в полигоне и если она превосходит допуск ( $2\sigma\sqrt{n}$ ,  $n$  – число превышений в полигоне), измерения производятся повторно. Точность измерения превышений, рассчитанная по невязкам полигонов из 16 циклов измерений, составляет  $\sigma = 0,025$  мм. В среднем, время, необходимое для проведения измерений в одном полигоне, вместе с оперативным вычислением невязки, составляет 40 минут, то есть для проведения цикла нивелировки бригаде из трех человек требуется два

рабочих дня. В высотной сети возникает 13 условных уравнений. Уравнивание выполняется строго, по методу наименьших квадратов.

На рисунке 3.11 представлен график осадок тоннеля ВЭПП-4м за период 2001–2013 гг. Результаты циклов геодезических измерений высотной сети ВЭПП-4м представлены в приложении Б.

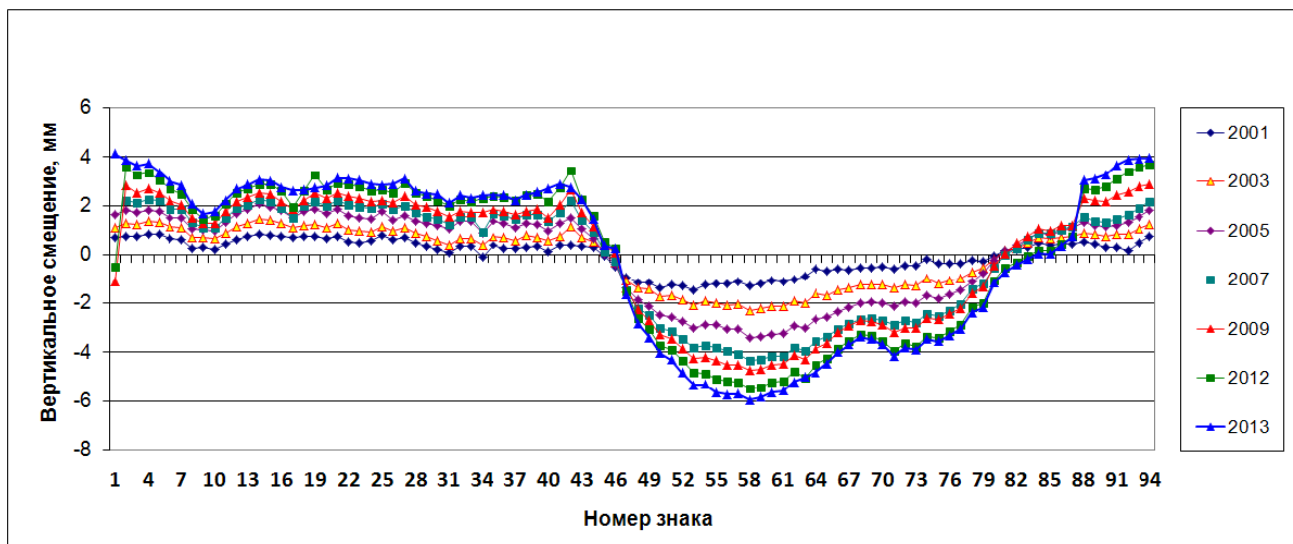


Рисунок 3.11 – График осадок тоннеля ВЭПП-4м

В локальных нивелирных сетях при наблюдении за деформациями крупных инженерных сооружений, отличающихся повышенными требованиями к точности производства этих работ, часто возникает необходимость выбора наиболее устойчивой группы геодезических знаков. Оценка устойчивости в общем случае состоит в разделении собственно смещений и ошибок их определения и в сравнении этих величин. Критерием выбора устойчивой группы знаков, как плоскости относимости, служит анализ изменений превышений с наложением на него той или иной гипотезы, основанной на знании о физической природе явления, конкретных факторах. Так как на комплексе нет специальных глубинных реперов, высоты которых могут быть приняты в качестве исходных, за нулевую принимается средняя отметка устойчивой группы знаков. Предложенный Ю. А. Пупковым и М. А. Боковым алгоритм позволяет по результатам повторных геодезических измерений находить участки сооружения, наименее подверженные

деформациям [43]. Группу знаков, располагающуюся на таком участке, предлагается считать стабильной. Предлагаемый метод можно применять, если изменения координат соответствуют деформациям исследуемого участка сооружения, координаты знаков получены с примерно одинаковой точностью и расстояния между знаками сопоставимы с размерами зоны деформаций.

Исходными данными для исследования на устойчивость являются координаты пунктов в последовательных циклах измерений, вычисленные в произвольной системе координат. Предположим, что сформированная по локальному принципу группа знаков, координаты которых определены в последовательных циклах измерений, расположена на участке сооружения, который не претерпел деформаций за исследуемый промежуток времени. Тогда форма пространственной линии, соединяющей эти знаки, будет оставаться неизменной в пределах точности определения координат. Метод определения устойчивой группы основан на обратном предположении, что неизменность формы пространственной линии может означать отсутствие деформаций на данном участке сооружения. Абсолютные смещения сооружения не отслеживаются этим методом, но они не являются существенными для юстировки оборудования ускорителей. Минимальное число знаков в группе должно обеспечивать площадь, размеры которой не меньше размеров зоны деформаций. Максимальное число знаков не ограничено. Аналогичным образом можно решать и обратную задачу нахождения локальных деформируемых участков сооружения.

Данный метод можно применять при выполнении следующих условий: изменения высот знаков соответствуют деформациям исследуемой поверхности (слоя грунта, фундамента и пр.); расстояния между соседними знаками сравнимы с размерами зоны существенных деформаций оснований; отметки знаков получены с примерно одинаковой точностью.

Принцип неизменности взаимного расположения знаков в пределах точности линейных и угловых измерений может быть положен в основу метода определения наиболее устойчивой группы плановых знаков.

Ускорительно-накопительный комплекс ВЭПП-5 ИЯФ СО РАН находится на стадии строительства. В введенных в эксплуатацию тоннелях комплекса регулярно проводится геодезический мониторинг деформаций. В линейном тоннеле комплекса ВЭПП-5 геодезические наблюдения за осадками выполняются с 1998 года по настоящее время. Для контроля за вертикальными смещениями в тело наблюдаемого объекта заложены 42 осадочные марки (рисунок 3.12), изменяющие свое высотное положение вместе с несущими конструкциями тоннеля.

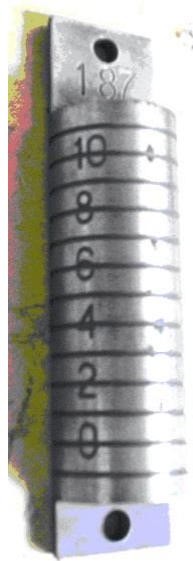


Рисунок 3.12 – Осадочная марка

Схемы расположения осадочных марок в тоннеле, полигонов и измерений в полигоне показаны на рисунке 3.13. Измерения производятся методом геометрического нивелирования коротким визирным лучом из середины с применением нивелира Ni-007.

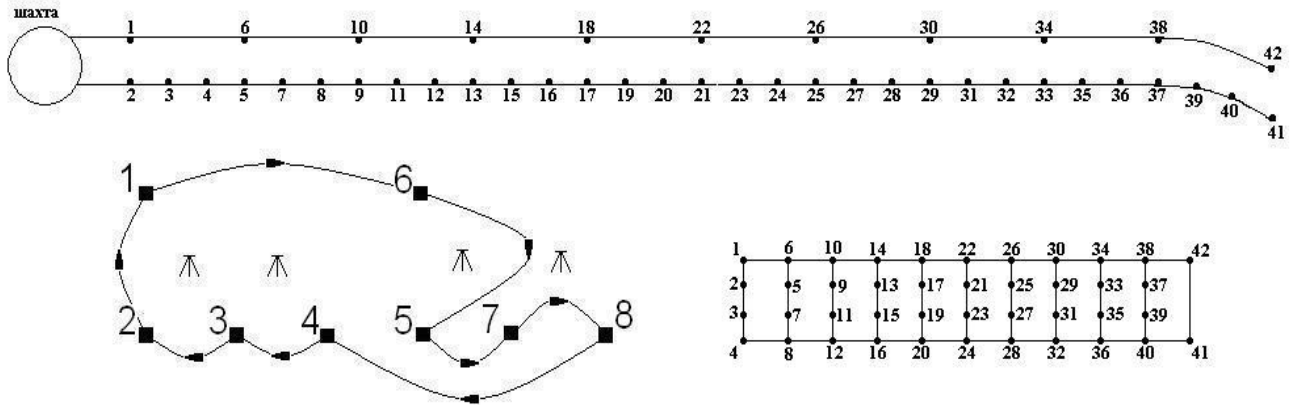


Рисунок 3.13 – Схема расположения марок в тоннеле и измерений в полигонах

Точность измерения превышений рассчитанная по невязкам полигонов из шести циклов измерений, составляет  $\sigma = 0,07$  мм. На графике (рисунок 3.14) представлены результаты геодезических наблюдений циклов нивелирования линейного тоннеля комплекса ВЭПП-5 за период 1999–2012 гг.

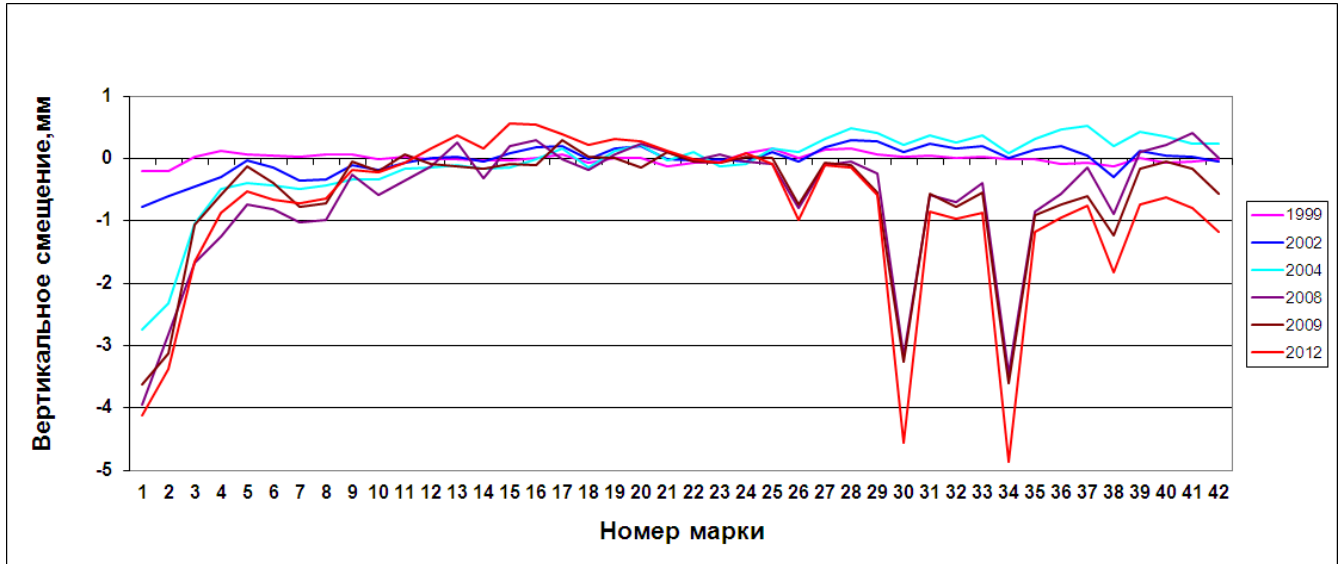


Рисунок 3.14 – График осадок линейного тоннеля ВЭПП-5

Оценка долговременных смещений, на основе геодезического мониторинга несущих конструкций тоннеля позволяет определить временной интервал между циклами проведения юстировки оборудования ускорителя, а также найти

необходимый эффективный диапазон коррекции положения орбиты пучка для проектируемой магнитной структуры. Физический проект комплекса ВЭПП-5 [67] предполагает создание системы коррекции, для определения диапазона которой принято, что среднеквадратичная погрешность механической юстировки элементов будет около 100 мкм. Расчетная требуемая точность  $\sigma \approx 20$  мкм достигается непосредственно системой коррекции положения орбиты пучка.

### 3.3 Спектральное представление вертикальных деформаций кольцевого тоннеля ускорителя ВЭПП-4м

Для кольцевых несущих тоннелей ускорителей с периметрами в несколько сотен метров анализ вертикальных смещений по результатам геодезических наблюдений на основе графика осадок можно считать недостаточно информативным. Так как он не позволяет в полном объеме определить тенденции изменения жесткости в конструкции тоннеля на участках различной протяженности. То есть на графике практически невозможно выделить из величины реализованного вертикального смещения знака сети составляющие, относящиеся к различным в масштабе объекта деформациям.

Спектральное представление вертикальных деформаций кольцевого тоннеля как дополнительный инструмент анализа предполагает, что длина волны каждой гармоники на периметре тоннеля определяет протяженность участка, на котором реализуется вертикальное смещение знаков высотной сети на величины амплитуд данной гармоники. Для реализации представления вертикальных деформаций в спектральном виде на практике выполняется следующее. Проводится цикл геодезических измерений по определению высотного положения знаков сети. Измерения обрабатываются, находят отклонения высотных отметок от средней отметки в данном цикле  $\Delta H_i$ , далее вычисляются амплитуды гармоник, то есть проводится Фурье-анализ результатов.

$$a_k = \sqrt{\left(\frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i \cos\left(\frac{2\pi k S_i}{P}\right)\right)^2 + \left(\frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i \sin\left(\frac{2\pi k S_i}{P}\right)\right)^2}, \quad (3.2)$$

где  $P$  – периметр тоннеля;

$n$  – число точек;

$k$  – номер гармоники;

$S_i$  – текущая продольная координата точки  $i$ .

Спектральный состав вертикальных деформаций тоннеля ВЭПП-4м за период 2001–2013 гг, полученный по данному алгоритму, показан на рисунке 3.15. Точность определения величины амплитуд гармоник с учетом корреляции определения превышений между знаками в высотной геодезической сети ВЭПП-4м представлены на графике (рисунок 3.16).

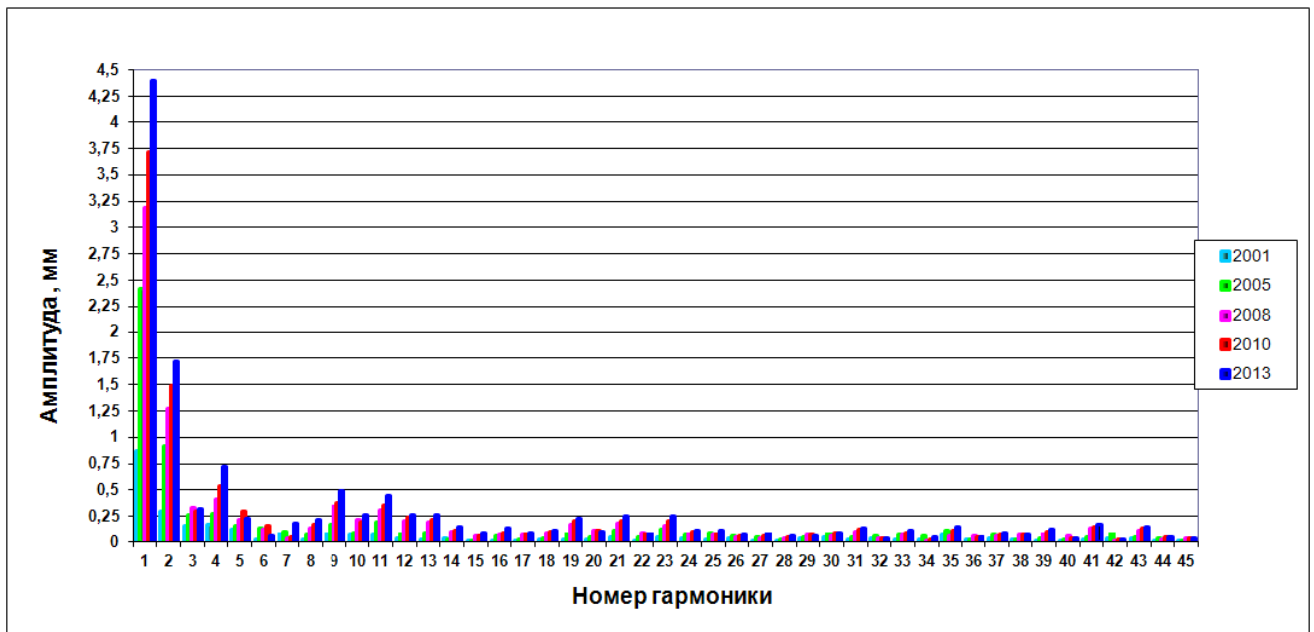


Рисунок 3.15 – Спектральный состав вертикальных деформаций тоннеля ВЭПП-4м

Для анализа результатов, представленных на гистограмме (рисунок 3.15), следует периметр тоннеля разделить на номер гармоники и получить протяженность участка, на котором реализуется вертикальное смещение, аппроксимируемое гармонической функцией. На гистограмме видно, что характер

спектрального состава вертикальных деформаций сохраняется от цикла к циклу, но в среднем растут амплитуды.



Рисунок 3.16 – Точность определения величины амплитуд гармоник

Реализуется наклон кольцевого тоннеля как целого (первая гармоника). Формируется наклон полуколец в форме «раскрытой книги» (вторая гармоника). Пики присутствующие на четвертой, девятой и одиннадцатой гармониках, показывают взаимную разнонаправленность вертикального смещения участков тоннеля протяженностью соответственно около 46; 20; 17 м то есть локальные изменения жесткости конструкции тоннеля («эффект гусеницы»). Половина длины волны девятой гармоники близка по протяженности участкам тоннеля расположенным между температурными швами. Для одиннадцатой гармоники просматривается связь с образовавшимися трещинами блоков тоннеля.

Аппроксимация результатов наблюдений цикла 2013 года гармониками наиболее выраженными в спектральном составе показана на рисунке 3.17. В таком виде представления удобно отслеживать локализацию вертикальных смещений по конкретным гармоникам.

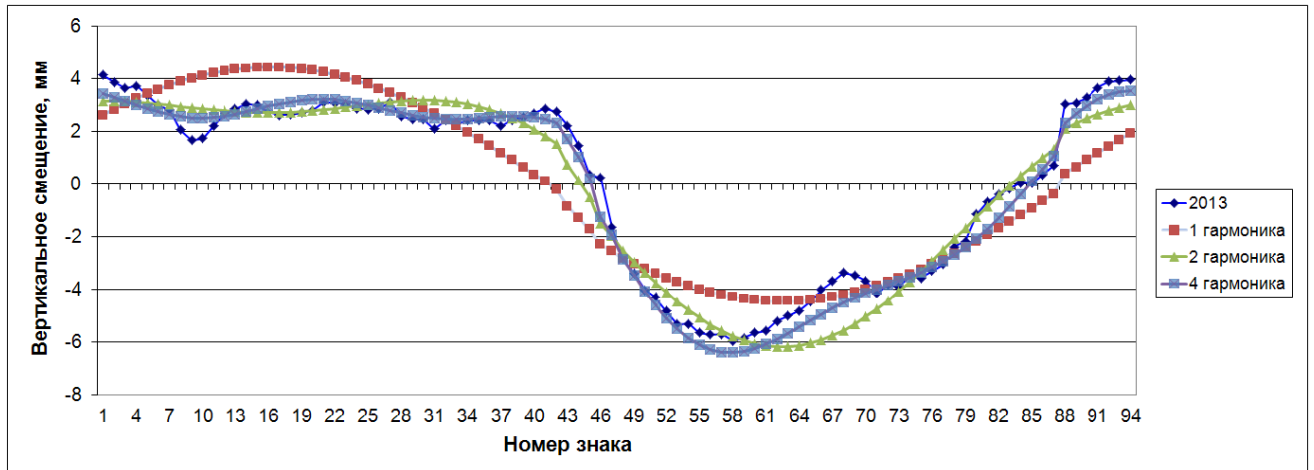


Рисунок 3.17 – Аппроксимация результатов наблюдений цикла 2013 года несколькими гармониками

С точки зрения контроля сохранения жесткости конструкции тоннеля важно оценить, на сколько критичны происходящие деформации. Если принять, что предельная относительная растяжимость бетона при изгибе равна около 0,1 мм/м, то в пересчете на стрелку прогиба это составит около 6 мм. Данные величины определяют полное разрушение бетона, тогда как трещинообразование начинается при величинах в три-четыре раза меньших в зависимости от марки бетона [59]. Отношение величины амплитуды гармоники к  $\frac{1}{4}$  части длины ее волны, есть величина относительного вертикального смещения. Следовательно, сумма относительных вертикальных смещений по всем гармоникам, начиная со второй, есть максимально возможная величина для реализации в данном цикле относительной вертикальной деформации  $Dz_{отн.}$  кольцевого тоннеля.

$$Dz_{отн.} = \sum_{k=2}^n \frac{a_k 4k}{P}, \quad (3.3)$$

где  $a_k$  – амплитуда гармоники;

$P$  – периметр тоннеля;

$n$  – число гармоник;

$k$  – номер гармоники.

Для ВЭПП-4м при  $n = 45$  относительная вертикальная деформация  $Dz_{отн.}$  достигает 1,4 мм это около 23 процентов от предельной величины, что можно интерпретировать как потерю жесткости в конструкции тоннеля приблизительно на тоже количество процентов.

Применение предлагаемого подхода параллельно с анализом вертикальных смещений тоннеля решает задачу оценки влияния этих смещений на вертикальное искажение орбиты ускорителя. В современной практике эксплуатации для каждого конкретного ускорителя определяется спектральная чувствительность его магнитной структуры к изменению ее геометрических параметров относительно расчетных. Большинство кольцевых ускорителей имеют малые величины коэффициентов спектральной чувствительности к низким гармоникам. Сопоставление спектральной чувствительности ускорителя и спектрального состава деформаций тоннеля позволяет делать выводы о критичности деформаций для нормальной работы ускорителя. Такое сопоставление возможно при достаточной плотности пунктов геодезической сети в тоннеле, позволяющей выполнить аппроксимацию результатов наблюдения гармониками с характерными длинами волн. Одним из критериев определения оптимальной плотности пунктов опорных геодезических сетей ускорителей можно считать получение правдоподобной аппроксимации на длине бетатронной волны. То есть наличие не менее пяти пунктов сети на длине бетатронной волны в тоннеле. Если же в спектральной чувствительности ускорителя присутствуют и другие близкие к длине бетатронной волны сильно выраженные гармоники возмущения это необходимо учитывать при формировании плотности пунктов геодезической сети.

В методе анализа вертикальных деформаций тоннеля ВЭПП-4м нулевая гармоника (изменение плоскости относимости) не рассматривается, что в практическом применении дает возможность более длительное время сохранять положение физического оборудования ускорителя в пределах рабочего диапазона юстировочных узлов.

Развитие осадок прогнозируется экспоненциальной моделью

$$H = H_0(1 - e^{-t/\tau}), \quad (3.4)$$

где  $H_0$  - конечная осадка;

$t$  – текущее время от начала прогноза;

$\tau$  – время затухания осадки [30].

Магнитные элементы устанавливаются по высоте с упреждением, но не более чем на 0,35 мм и таким образом, чтобы обеспечить плавность перехода от магнита к магниту с точностью  $\pm 0,1$  мм. Это позволяет несколько увеличить промежуток времени между циклами юстировок.

Использование в геодезическом сопровождении эксплуатации ускорительных комплексов гармонического анализа для оценки вертикальных деформаций кольцевых тоннелей позволяет совместно с традиционным представлением более полно отслеживать деформационные процессы, развивающиеся на территории ускорительного комплекса. Использование спектрального анализа в геодезии для оценки вертикальных деформаций кольцевых тоннелей и оценки характерных размеров структур современных вертикальных движений крупных геоструктур Сибири [26] показывает востребованность метода при столь разном масштабе объектов исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных научных исследований цель диссертационной работы достигнута. Получены следующие *основные результаты*:

– по итогам анализа отечественных и зарубежных методик геодезического обеспечения строительства и эксплуатации УНК установлено, что главной особенностью является необходимость учета фактора строительства новых установок на базе уже действующих с объединением их в единую систему;

– методологически обоснованная, разработанная и реализованная структурная схема геодезического обеспечения стадий создания УНК, с учётом технологических связей, может быть использована в качестве элемента согласования в пространстве и времени двух взаимосвязанных процессов - создания физического оборудования и строительства сооружений для его размещения; формируется комплексный подход с целью обеспечения преемственности геодезических работ;

– разработанная методика геодезического обеспечения УНК при модульном принципе сборки, позволяет определить положения магнитных элементов относительно расчетной орбиты с величиной среднеквадратической погрешности в 0,1 мм и выполнить оценку влияния погрешностей юстировки на искажение орбиты; методика реализована и обеспечила успешное решение научно-технической задачи по созданию бустера NSLS-II, где модульный принцип сборки позволил вести строительство тоннеля и монтаж физического оборудования в параллельном режиме, что сократило сроки создания ускорителя на три-четыре месяца;

– алгоритм оценки максимальных относительных вертикальных деформаций кольцевых тоннелей ускорителей, разработанный автором на основе гармонического анализа и способ интерпретации результатов геодезического мониторинга, позволяют оценить изменение жесткости тоннеля и определить

величины вертикальных деформаций на длине бетатронной волны, где наиболее критично нарушение допусков;

– для равного влияния действия погрешностей по направлениям при проведении геодезического контроля физического оборудования рекомендуем проводить измерения лазерными трекерами API в радиусе от 1,5 до 3 м. При формировании схемы измерений для большинства ускорителей в качестве оптимальных можно рекомендовать расстояние между станциями около 10 м, зону перекрытия со смежными станциями около 20 м;

– при создании и модернизации вторичных геодезических сетей ускорителей, ориентированных на применение лазерных трекеров, сеть целесообразно создавать в виде пространственных линейно-угловых построений с высокой плотностью пунктов сети, в два-три раза выше по сравнению с традиционными (0,25 пункта на один погонный метр тоннеля – для ВЭПП-4м до 0,68 пункта – для бустера NSLS - II).

Результаты диссертационных исследований использовались при строительстве и эксплуатации отечественных и зарубежных ускорительно-накопительных комплексов, а также могут получить распространение на строительство других уникальных сооружений. Перспективы научных исследований, представленных в диссертации, несомненны и их целесообразно продолжить в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.».

Автор благодарит за внимание к работе и участие в решении ряда вопросов по теме диссертации кандидата технических наук Ю. А. Пупкова, за эффективное научное руководство кандидата технических наук П. П. Мурзинцева, за консультации по вопросам инженерной геодезии М. А. Бокова, за интерес к работе доктора технических наук Г. А. Уставича.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Боков, М. А. Плановая геодезическая сеть модернизированного ускорителя ВЭПП-4м [Текст] / М. А. Боков и др. // Геодезическое и фотограмметрическое обеспечение строительства и эксплуатации инженерных сооружений: научно-техн. сб. тр. – М., 1991. – С. 45–52.

2 Большаков, В. Д. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам [Текст] / В. Д. Большаков, Г. П. Левчук, В. Е. Новак. – М.: Недра, 1980. – 781 с.

3 Власенко, Е. П. Особенности ориентирования подземных геодезических сетей методом двух шахт [Текст] / Е. П. Власенко, Хамид Фармарз Пур // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 1. – С. 39–43

4 Высокоточные инженерно-геодезические работы по созданию опорной геодезической сети ускорителя [Текст] / М. А. Боков, Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев, А. В. Полянский : метод. указания по выполнению лаб. работ. – Новосибирск, СГГА, 2007. – 50 с.

5 Ганьшин, В. Н. Геодезические методы измерений вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов [Текст] / В. Н. Ганьшин, А. Ф. Стороженко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1991. – 190 с.

6 Геодезическое обеспечение эксплуатации промышленных предприятий [Текст] / В. Б. Жарников, Б. Н. Дьяков, Б. Н. Жуков и др. – М.: Недра, 1992. – 160 с.

7 Принцип преемственности и его роль при построении геодезических сетей на поверхности и в тоннеле УНК [Текст] / В. А. Горелов, Г. В. Глухов, Е. Д. Лавриненко // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2002. – № 3. – С. 15–21.

8 Создание планового геодезического обоснования при строительстве УНК [Текст] / В. А. Горелов, Г. В. Глухов, Е. Д. Лавриненко // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2002. – № 3. – С. 3–14.

9 ГОСТ 24842012. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2014.

10 ГОСТ 8.401-80 ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 12 с.

11 ГОСТ 21779-82 (СТ СЭВ 2681-80). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 22 с.

12 Гуляев, Ю. П. Прогнозирование деформаций сооружений по геодезическим данным [Текст] / Ю. П. Гуляев // Геодезия и картография. – 1983. – № 12. – С. 17–21.

13 Жарников, В. Б. О классах точности нивелирования для контроля деформаций [Текст] / В. Б. Жарников, Б. Н. Жуков // Геодезия и картография. – 1990. – № 9. – С. 22–26.

14 Жуков, Б. Н. Геодезический контроль инженерных объектов промышленных предприятий и гражданских комплексов [Текст]: учеб. пособие / Б. Н. Жуков, А. П. Карпик. – Новосибирск: СГГА, 2006. – 148 с.

15 Жуков, Б. Н. Руководство по геодезическому контролю сооружений и оборудования промышленных предприятий при их эксплуатации [Текст] / Б. Н. Жуков. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 376 с.

16 Отчет об инженерно-геологических изысканиях на площадке строительства тоннеля инъекционного комплекса ВЭПП-5 [Текст]. – Новосибирск: ЗапСибТИСИЗ, 1991.

17 Иванов, В. Г. Об одном из главных источников ошибок точного и высокоточного нивелирования [Текст] / В. Г. Иванов // Геодезия и картография. – 1998. – № 4. – С. 21 – 26.

18 Инженерная геодезия [Текст]: учебник для вузов / Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман; под ред. Д. Ш. Михелева. – 4-е изд., испр. – М.: Академия, 2004. – 480 с.

19 Инструкция по нивелированию I , II, III и IV классов [Текст]. – М.: ЦНИИГАиК, 2004. – 226 с.

20 Исследование точностных характеристик дальномеров API LASER TRACKER 3 [Текст] / Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев, А. В. Полянский, Ю. А. Пупков, Л. Е.Сердаков // ГЕО-Сибирь-2011: сб. материалов. – СГГА. – 2011. – С.9–12.

21 Исследование точностных характеристик внутреннего электронного уровня API Laser Tracker 3 [Текст] / Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев, А. В. Полянский, Ю. А. Пупков, Л. Е.Сердаков // Геодезия и картография. – 2013. – № 6. – С.13–16.

22 Карлсон, А. А. О качестве высокоточного нивелирования короткими лучами [Текст] / А. А. Карлсон // Геодезия и картография. – 1986. – № 4. – С. 45–49.

23 Карпик, А. П. Некоторые проблемы геодезического обеспечения тоннеля при скоростной проходке [Текст] / А. П. Карпик; Новосиб. ин-т инж. геодезии, аэрофотосъемки и картографии. – Деп. в ВОНТИ ЦНИИГАиК 27.05.83, № 98, гд-Д-83. – Новосибирск, 1983.

24 Карпик, А. П. Исследование и анализ точности специальных инженерно-геодезических сетей методом математического моделирования [Текст] : метод. указания / А. П. Карпик, И. Н. Чешева. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 32 с.

25 Карпик, А. П. Вычисление вероятнейшего положения оси тоннеля на круговой кривой[Текст] / А. П. Карпик Межвуз. сб.: Совершенствование методов инженерно-геодезических работ. – Новосибирск: НИИГАиК. –1988. – Вып. 37. – С. 67–73.

26 Колмогоров, В. Г. Оценка пространственно-временных характеристик современной геодинамики Сибири [Текст] / В. Г. Колмогоров // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1.– С. 33–35.

27 Комар, Е. Г. Основы ускорительной техники [Текст] : учеб. пособие / А. А. Соколов, Е. Г. Комар. – М., 1975.

28 Кочетов, Ф. Г. Нивелиры с компенсаторами [Текст] / Ф. Г. Кочетов. – М.: Недра, 1985. – 148 с.

29 Лебедев, А. Н. Теория циклических ускорителей [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Лебедев. – М., 1962.

30 Левашов, Ю. И. Критерии и технология прецизионной установки магнитов ВЭПП-4м методом сглаживания [Текст]: автореф. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 01.04.20 / Левашов Юрий Иванович. – Новосибирск, 1999. – 17 с.

31 Лошков, С. А. Геодезическое обеспечение строительства технологических тоннелей и монтажа блоков ускорительно-накопительных комплексов [Текст] : обзор. инфор. / С. А. Лошков, Л. Н. Витюк. – М. – ЦНИИГАиК ГУГК СССР, 1988. – 68 с.

32 Лоусон, Ч. Численное решение задач метода наименьших квадратов [Текст] / Ч. Лоусон, Р. Хенсон ; пер. с англ. – М.: Наука, 1986. – 232 с.

33 Мазуров, Б. Т. Анализ геодезических измерений с учетом динамики объектов мониторинга [Текст] / Б. Т. Мазуров // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 18–21.

34 Маркузе Ю. И. Основы уравнительных вычислений [Текст] : учеб. пособие для геодез. спец. вузов / Ю. И. Маркузе. – М.: Недра, 1990. – 239 с.

35 Мещерский И. Н. Об ошибках высокоточного нивелирования [Текст] / И. Н. Мещерский // Геодезия и картография. – 1987. – № 7. – С. 48–52.

36 Полянский, А. В. Модульный принцип геодезического сопровождения строительства тоннелей уникальных сооружений [Текст] / А. В. Полянский, М. А. Боков, Ю. И. Левашов // Геомониторинг на основе соврем. технологий сбора и обработки информации, посвящ., 90-летию К. Л. Проворова : тез. докл. / СГГА. – Новосибирск, 1999. – С. 89.

37 Наземное лазерное сканирование [Текст] : монография / В. А. Середович, А. В. Комиссаров, Д. В. Комиссаров, Т. А. Широкова. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.

38 Нестерёнок, В. Ф. О нормировании точности геометрического нивелирования для измерения деформаций [Текст] / В. Ф. Нестерёнок // Геодезия и картография. – 1992. – №3. – С. 16–18.

39 Пискунов, М. Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений [Текст] / М. Е. Пискунов. – М.: Недра, 1980. – 248 с.

40 Николаев, С. А. Определение периода стабилизации осадок инженерных сооружений по данным геодезических наблюдений [Текст] / С. А. Николаев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 1978. – № 4. – С. 41–45.

41 Николаев, С. А. Статистические исследования осадок инженерных сооружений [Текст] / С. А. Николаев. – М.: Недра, 1983. – 110 с.

42 О возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования [Текст] / В. Г. Колмогоров, Г. Г. Асташенков // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2012. – № 2/1, 2012. – С. 16–17.

43 О нахождении устойчивой группы знаков при обработке повторных измерений в свободных сетях [Текст] / М. А. Боков, Ю. И. Левашов, А. В. Полянский, Ю. А. Пупков // Геомониторинг на основе соврем. технологий сбора и обработки информации, посвящ., 90-летию К. Л. Проворова : тез. докл. / СГГА. – Новосибирск, 1999. – С. 90.

44 Пособие по производству геодезических работ в строительстве (к СНиП 3-01.03.-84) [Текст]. – М.: НИИОМТП Госстроя СССР, 1985. – 73 с.

45 О геодезическом сопровождении BOOSTER NSLS-II Брукхейвенской национальной лаборатории министерства энергетики США [Текст] / Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев, А. В. Полянский, Ю. А. Пупков, Л. Е. Сердаков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012: VIII Междунар. науч. конгр. : 10–12 апр. 2012г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика,

картография, маркшейдерия», сб. материалов в 3 т. – Новосибирск: СГГА, 2012. – Т.1. – С. 183–188.

46 Геодезический мониторинг вертикальных деформаций тоннелей ускорительных комплексов ИЯФ СО РАН [Текст] / Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев, А. В. Полянский, Ю. А. Пупков, Л. Е.Сердаков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013: IX Междунар. Науч. конгр. :15–26 апр. 2013г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия», сб. материалов Новосибирск: СГГА, 2013. – Т.1, ч.1. – С. 128–132.

47 Геодезическое обеспечение создания бустера для NSLS-II [Текст] / Д. Б. Буренков, П. П. Мурзинцев, А. В. Полянский, Ю. А. Пупков, Л. Е.Сердаков // Геодезия и картография. – 2013. – № 6. – С. 13–16

48 Проект супер С-т фабрики в Новосибирске [Текст] Институт Ядерной Физики им. Г.И.Будкера СО РАН. – Новосибирск, 2011. – 156 с.

49 Пупков, Ю. А. Система допусков на установку магнитов ускорителей на большие энергии [Текст] / Ю. А. Пупков, И. Я. Протопопов, А. Н. Скринский Материалы научно-техн. конф. Геодезические работы при монтаже и эксплуатации технологического оборудования . – Новосибирск, 1978. – С. 99–103.

50 Пупков, Ю. А. Определение ошибки измерения превышений в зависимости от длины визирного луча по невязкам замкнутых нивелирных ходов [Текст] / Ю. А. Пупков // Исследования по геодезии, аэрофотосъемке и картографии. – Вып.5(4). – С. 86–90.

51 Пупков, Ю. А. Технические требования на установку в проектное положение магнитных элементов модернизированного ускорительно-накопительного комплекса ВЭПП-4м ИЯФ СО АН СССР [Текст] / Ю. А. Пупков, Ю. И. Левашов. – Новосибирск: ИЯФ, 1987.

52 Скрипников, В. А. Применение высокоточных оптико-электронных приборов при измерении деформаций инженерных сооружений [Текст] / В. А. Скрипников // ГЕО-Сибирь-2009: сб. материалов V Междунар. науч. конгр.

«ГЕО-Сибирь-2009», 20–24 апр. 2009 г., Новосибирск.– Новосибирск: СГГА, 2009. – Т. 1, ч. 1. – С. 170–172.

53 Скрипникова, М. А. Возможности применения автоматизированных высокоточных электронных тахеометров при измерении деформаций инженерных сооружений [Текст] / М. А. Скрипникова // ГЕО-Сибирь-2010: сб. материалов VI Междунар. науч. конгр. «ГЕО-Сибирь-2010», 19–29 апр. 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2010. – Т. 1, ч. 1. – С. 131–134.

54 СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1985.

55 СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1987.

56 СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства [Текст]. – М.: ПНИИС Госстроя России, 1997.

57 СНиП 32-04-97. от 29.07.97 N 18-41 Тоннели железнодорожные и автодорожные [Текст]. – М.: Госстрой России, 1998.

58 Тамутис, З. П. Проектирование инженерных геодезических сетей [Текст] / З. П. Тамутис. – М.: Недра, 1990. – 138 с.

59 Технические указания по защите бетонных мостовых опор от образования температурных трещин [Текст] / ЦНИИС Минтрансстроя. – М., 1958.

60 Травкин, С. В. Разработка методов и средств поверки и калибровки геодезических приборов для измерения превышений [Текст] : автореф. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 25.00.32 / Травкин Сергей Владимирович. – М., 2007. – 25 с.

61 Указания по производству геодезическо-маркшейдерских работ при строительстве подземных коммуникаций закрытыми способами. ВСИ 123-75 [Текст] / Главмосстрой: утв. 30.12.75. – Б. И., 1976. – 34 с.

62 Уставич, Г. А. Об опыте исследования влияния рефракции на результаты точного нивелирования [Текст] / Г. А. Уставич // Геодезия и картография. – 1975.– № 6. – С. 11–12.

63 Уставич, Г. А. Разработка методов, средств и технологий геодезических измерений при монтаже и эксплуатации оборудования инженерных сооружений в условиях влияния возмущающих воздействий [Текст] : автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук :05.24.01 / Уставич Георгий Афанасьевич . – М., 1993. – 48 с. :

64 Влияние электромагнитных полей на инженерно-геодезические работы [Текст] / Г. А. Уставич, Я. Г. Пошивайло, Е. Л. Соболева, М. С. Калинина // Геодезия и картография. – 2005. – № 11. – С. 28–30.

65 Уставич, Г. А. Технология выполнения высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами [Текст] / Г. А. Уставич // Геодезия и картография. – 2006. – № 2. – С. 3–6.

66 Федосеев, Ю. Е. Стратегия и тактика интерпретации результатов геодезического мониторинга деформационных процессов [Текст] / Ю. Е. Федосеев, Е. А. Егорченкова // Наука и Безопасность. – 2011. – № 2 (12), дек.

67 Физический проект комплекса ВЭПП-5 [Текст]. – Новосибирск, 1995.

68 Хорошилов, В. С. Оптимизация комплекса инженерно-геодезических работ при монтаже технологического оборудования инженерных объектов [Текст] : автореф. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук : 25.00.32 / Хорошилов Валерий Степанович.– СГГА, Новосибирск, 2009.– 20с.

69 Ямбаев, Х. К. Геодезический контроль прямолинейности и соосности в строительстве [Текст] / Х. К. Ямбаев. – М.: Недра, 1986.-264 с.

70 Ямбаев, Х. К. Специальные приборы для инженерно-геодезических работ [Текст] / Х. К. Ямбаев. – М.: Недра, 1990. – 267 с.

71 Willeke, F. Accelerator Systems Installation [Text] / F. Willeke. – ASD Director 6th ASAC, October 22–23, 2009.

72 Precision Alignment of Multipoles on a Girder for NSLS-II [Text] / Animesh Jain. – 17th International Magnetic Measurement Workshop (IMMW17), Barcelona, Spain, 18–23 September, 2011.

73 Status of NSLS-II booster [Text] / S. M. Gurov, E. B. Levichev, A. V. Polyansky, T. V. Shaftan, S. Sharma, D. S. Shichkov et al. // ISSN 1562–6016. BAHT. – 2012. – №4(80).

74 Results of Long-term Observations of Deformations of the VEPP-4 Storage Ring Constructions [Electronic resource] / BINP, M. Bokov, D. Burenkov, A. Polyanskiy, Yu. Pupkov, Russia and Yu. Levashov, USA, 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering Nottingham, United Kingdom, 28 June – 1 July 2004.

75 High precision geodesy applied to CERN accelerators [Text] / J. Gervaise and E. J. N. Wilson, CERN, Geneva, Switzerland.

76 Status of the Novosibirsk high power free electron Laser project [Text] / N. A. Vinokurov, Yu. I. Levashov et al. – Free electron laser challenges, 13–14 Feb., 1997, San Jose, California, eds, p. 185–187.

77 First experimental results at the high power free electron laser at Siberian Center for Photochemistry Research [Text] / Antokhin E. A., Kiselev O. B., Polyanskiy A. V., et al // Preprint Budker INP 2003–53, Novosibirsk, 2003.

78 Status of the Novosibirsk High Power Free Electron Laser [Text] / Kulipanov G. N., Antokhin E. A., Kiselev O. B., Polyanskiy A. V., et al // Proc. of 3-rd Asian Particle Accelerator conference, Gyeongju, Korea, March 22–26, 2004.

79 Survey and Alignment Report on the Primary Control Network for the APS/Light Source [Text] / H. Fridsam, J. Penicka, S. Zhao Note LS–220, 1993.

80 Allgemeine Vermessungs Nachrichten [Text] / W. Schwarz Die Justierung von Teilchenbeschleunigern. – Heft 1, 1990.

81 Metrology for LEP [Text] / M. Mayoud, J. P. Quesnel Applied // CERN Accelerator School, Applied Geodesy for Particle Accelerators, CERN, Switzerland, April, 1987.

82 Matrix method for analysis of network accuracy based on the beam dynamic theory [Text] / Yurii A. Pupkov, Yurii I. Levashov, Budker Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia //Proceedings of the Fourth International Workshop on Accelerator Alignment (IWAA95), November 14–17, KEK, Tsukuba, 1995.

83 Status of NSLS-II booster [Electronic resource] / S. Gurov et al, //PAC'11, New-York, 2011, WEP201, p. 437. <http://www.JACoW.org>.

84 [Electronic resource] [http://www.nevatec.ru/tracker3/files/tracker\\_api.pdf](http://www.nevatec.ru/tracker3/files/tracker_api.pdf).

85 [Electronic resource] <http://www.nevatec.ru/Radian/files/Radian.pdf>.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

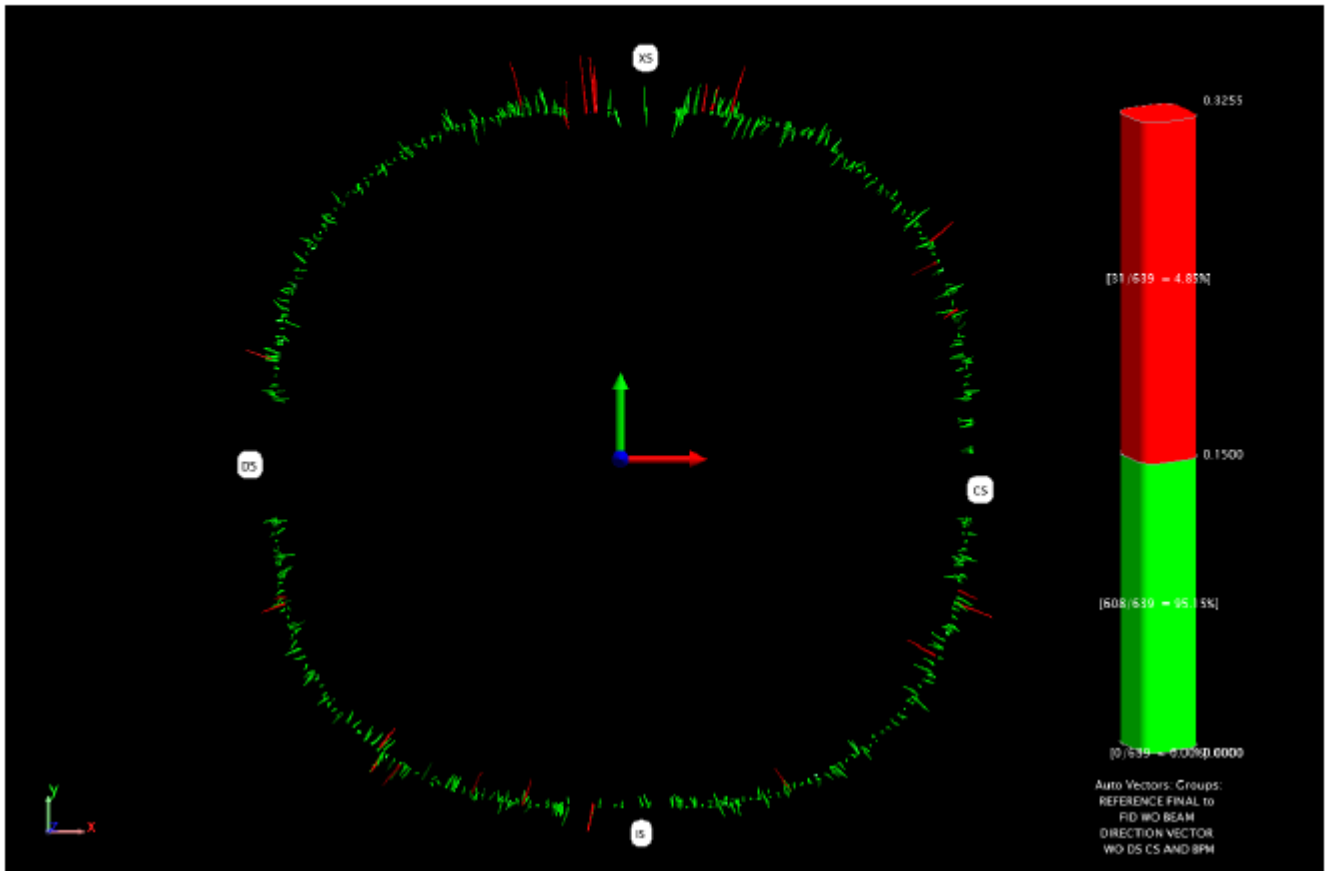
РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЬНОГО ЦИКЛА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ  
ИЗМЕРЕНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БУСТЕРА NSLS-II**Booster Alignment Report May 21 2013**

---

## Notes:

1. The deviations are displayed in cylindrical frame where R and Z are what matter.
2. The RMS of key elements is about 0.05 mm in both radial and elevation directions  
The comparison is shown in the first part of the report.
3. BPMs contribute the largest deviations.  
CS and DS straights have large deviations due to bolted connection.  
The comparison can be seen in the second part of the report.
4. A final survey is planned one month before the commissioning.

### Part 1: Deviations of Key Elements



All Vectors Summary: Vector Group				
CYU ANALYSIS:Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM				
Statistic	dR	dTheta	dZ	Mag
Min	-0.1726	-0.0000	-0.1493	0.0070
Max	0.3140	0.0000	0.2774	0.3255
Average	0.0051	-0.0000	0.0014	0.0653
StdDev from Avg	0.0588	0.0000	0.0511	0.0445
StdDev from Zero	0.0590	0.0000	0.0511	0.0791
RMS	0.0590	0.0000	0.0510	0.0790
Count	639			

Vector Group										
CYU ANALYSIS:Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A1BD1F1	24172.5139	-102.1422	180.0001	24172.4877	-102.1422	180.0052	-0.0262	0.0000	0.0051	0.0269
BR-A1BD1F2	24469.7546	-102.0448	179.9788	24469.7333	-102.0448	179.9795	-0.0213	0.0000	0.0027	0.0246
BR-A1BD1F3	24443.0083	-103.4165	180.0013	24443.0194	-103.4165	179.9774	0.0111	-0.0000	-0.0239	0.0298
BR-A1BD1F4	24653.3163	-104.6936	180.0049	24653.3509	-104.6936	179.9628	0.0346	-0.0000	-0.0421	0.0565
BR-A1BD1F5	24358.3550	-104.8224	179.9910	24358.3739	-104.8224	179.9667	0.0189	-0.0000	-0.0243	0.0329
BR-A1CX1F1	24590.6273	-107.9184	124.0440	24590.6879	-107.9184	124.0710	0.0608	-0.0000	0.0270	0.0864
BR-A1CX1F2	24784.0803	-107.8421	124.0540	24784.0989	-107.8421	124.0420	0.0186	0.0000	-0.0120	0.0222
BR-A1CX1F3	24835.3943	-107.8232	74.2400	24835.4100	-107.8232	74.2382	0.0157	0.0000	-0.0018	0.0187
BR-A1CX1F4	24835.4954	-107.8227	-74.1520	24835.4955	-107.8227	-74.1546	0.0001	0.0000	-0.0026	0.0175
BR-A1CY1F1	24639.6292	-105.8323	150.1020	24639.4872	-105.8323	150.1509	-0.1420	0.0000	0.0489	0.1503
BR-A1CY1F2	24475.6914	-105.8819	150.0920	24475.6309	-105.8819	150.0837	-0.0605	-0.0000	-0.0083	0.0620

Part 1: Deviations of Key Elements

CYU ANALYSIS: Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A1CY1F3	24689.1691	-105.8167	97.9750	24689.1112	-105.8167	97.9543	-0.0579	0.0000	-0.0207	0.0639
BR-A1CY1F4	24689.1859	-105.8173	-98.0680	24689.1637	-105.8173	-98.0748	-0.0222	0.0000	-0.0068	0.0261
BR-A1QD1F1	24693.9360	-109.2179	230.0469	24694.0186	-109.2179	230.0352	0.0826	0.0000	-0.0117	0.0835
BR-A1QD1F2	24651.8040	-108.6928	230.0129	24651.7631	-108.6928	230.0444	-0.0409	-0.0000	0.0315	0.0517
BR-A1QD1F3	24838.8203	-108.6145	230.1478	24838.7680	-108.6145	230.1608	-0.0523	0.0000	0.0130	0.0540
BR-A1QD1F4	24880.7860	-109.1357	230.1353	24880.7799	-109.1357	230.1469	-0.0061	-0.0000	0.0116	0.0153
BR-A1QG1F1	24539.7704	-107.1353	230.1092	24539.7600	-107.1353	230.1075	-0.0104	0.0000	-0.0017	0.0112
BR-A1QG1F2	24505.9188	-106.6038	230.0518	24505.9058	-106.6038	230.0486	-0.0130	-0.0000	-0.0032	0.0213
BR-A1QG1F3	24694.0366	-106.5409	229.9606	24694.0374	-106.5409	229.9546	0.0008	-0.0000	-0.0060	0.0150
BR-A1QG1F4	24727.6656	-107.0684	229.9950	24727.6630	-107.0684	229.9899	-0.0028	-0.0000	-0.0051	0.0166
BR-A1BD2F1	25063.3712	-114.0565	180.0450	25063.2510	-114.0565	180.1357	-0.1202	0.0000	0.0907	0.1506
BR-A1BD2F2	25360.3975	-113.9598	179.9980	25360.3744	-113.9598	180.0597	-0.0231	-0.0000	0.0617	0.0679
BR-A1BD2F3	25335.9962	-115.2834	180.1240	25335.9591	-115.2834	180.1427	-0.0371	-0.0000	0.0187	0.0416
BR-A1BD2F4	25548.0188	-116.5140	180.0210	25548.0080	-116.5140	180.0193	-0.0108	-0.0000	-0.0017	0.0247
BR-A1BD2F5	25253.2352	-116.6399	180.0480	25253.1972	-116.6399	180.0431	-0.0380	-0.0000	-0.0049	0.0439
BR-A1BF1F1	24765.7850	-109.9121	165.9963	24765.7469	-109.9121	166.0223	-0.0381	-0.0000	0.0260	0.0489
BR-A1BF1F2	24943.2662	-109.8409	166.0312	24943.2281	-109.8409	166.0275	-0.0381	0.0000	-0.0037	0.0428
BR-A1BF1F3	24961.9330	-111.1055	165.9968	24961.8962	-111.1055	166.0345	-0.0368	0.0000	0.0377	0.0557
BR-A1BF1F4	25152.0524	-112.2882	166.0465	25152.0346	-112.2882	166.1151	-0.0178	-0.0000	0.0686	0.0711
BR-A1BF1F5	24976.1074	-112.3760	166.0205	24976.0748	-112.3760	166.1204	-0.0326	0.0000	0.0999	0.1051
BR-A1CX2F1	25328.8867	-117.1855	124.0560	25328.8370	-117.1855	124.0718	-0.0497	-0.0000	0.0158	0.0559
BR-A1CX2F2	25523.4311	-117.1304	124.0570	25523.3753	-117.1304	124.0220	-0.0558	0.0000	-0.0350	0.0688
BR-A1CX2F3	25574.8155	-117.1161	74.1720	25574.7319	-117.1161	74.1767	-0.0836	-0.0000	0.0047	0.0842
BR-A1CX2F4	25574.7496	-117.1156	-74.2440	25574.6626	-117.1156	-74.2826	-0.0870	0.0000	-0.0386	0.0966
BR-A1SF1F1	25129.3458	-113.1788	158.9550	25129.3730	-113.1788	159.0099	0.0272	-0.0000	0.0549	0.0630
BR-A1SF1F2	24994.3905	-113.2435	79.1630	24994.3806	-113.2435	79.1790	-0.0299	-0.0000	0.0180	0.0390
BR-A1SF1F5	25264.3591	-113.1180	79.8760	25264.3743	-113.1180	79.7171	0.0152	-0.0000	0.0411	0.0439
BR-A1BD3F1	25563.7493	-121.9036	180.0201	25563.6728	-121.9036	180.1140	-0.0765	0.0000	0.0939	0.1211
BR-A1BD3F2	25863.0053	-121.8526	179.9929	25862.9743	-121.8526	180.0521	-0.0310	-0.0000	0.0592	0.0669
BR-A1BD3F3	25800.1328	-123.1449	180.0460	25800.1212	-123.1449	180.0707	-0.0116	0.0000	0.0247	0.0288
BR-A1BD3F4	25975.5532	-124.3826	180.0818	25975.6038	-124.3826	180.0660	0.0506	-0.0000	-0.0158	0.0530
BR-A1BD3F5	25677.8544	-124.4627	180.0661	25677.8932	-124.4627	180.0518	0.0388	0.0000	-0.0143	0.0420
BR-A1BF2F1	25394.5598	-118.0449	166.0340	25394.4880	-118.0449	166.0530	-0.0718	0.0000	0.0190	0.0743
BR-A1BF2F2	25573.4626	-118.0002	166.0230	25573.4484	-118.0002	166.0161	-0.0142	-0.0000	-0.0069	0.0167
BR-A1BF2F3	25558.4534	-119.2346	166.0300	25558.4450	-119.2346	166.0417	-0.0084	-0.0000	0.0117	0.0264
BR-A1BF2F4	25716.0580	-120.4145	166.0250	25716.0729	-120.4145	166.0502	0.0149	0.0000	0.0252	0.0359
BR-A1BF2F5	25538.1177	-120.4758	166.0400	25538.0942	-120.4758	166.0665	-0.0235	0.0000	0.0265	0.0374
BR-A1CY2F1	25917.4688	-124.9845	150.0930	25917.4643	-124.9845	150.0717	-0.0045	-0.0000	-0.0213	0.0228
BR-A1CY2F2	25752.5263	-125.0051	150.1500	25752.5222	-125.0051	150.1016	-0.0041	-0.0000	-0.0484	0.0522
BR-A1CY2F3	25967.3244	-124.9785	97.9020	25967.3675	-124.9785	97.8891	0.0431	0.0000	-0.0129	0.0450
BR-A1CY2F4	25967.3621	-124.9784	-98.1120	25967.3870	-124.9784	-98.1065	0.0249	0.0000	0.0055	0.0259
BR-A1BD4F1	25839.8446	-129.9159	180.0611	25839.5115	-129.9159	179.9898	-0.1331	-0.0000	-0.0713	0.1510
BR-A1BD4F2	26139.5822	-129.9072	179.9892	26139.4836	-129.9072	179.9262	-0.0986	0.0000	-0.0630	0.1179
BR-A1BD4F3	26040.0923	-131.1756	180.0255	26040.0011	-131.1756	179.9908	-0.0912	0.0000	-0.0347	0.0980
BR-A1BD4F4	26179.7222	-132.4246	179.9943	26179.6557	-132.4246	179.9603	-0.0665	0.0000	-0.0340	0.0748
BR-A1BD4F5	25880.2282	-132.4624	180.0114	25880.1569	-132.4624	179.9997	-0.0713	-0.0000	-0.0117	0.0742
BR-A1BF3F1	25777.4818	-125.8623	166.0891	25777.5861	-125.8623	166.0234	0.1043	0.0000	-0.0657	0.1233
BR-A1BF3F2	25957.3303	-125.8448	166.0634	25957.4677	-125.8448	165.9913	0.1374	-0.0000	-0.0721	0.1556
BR-A1BF3F3	25905.4938	-127.0568	166.0592	25905.5802	-127.0568	165.9690	0.0664	0.0000	-0.0902	0.1121
BR-A1BF3F4	26027.5372	-128.2426	166.0203	26027.5591	-128.2426	165.9486	0.0219	0.0000	-0.0717	0.0759
BR-A1BF3F5	25848.2573	-128.2768	166.0344	25848.2682	-128.2768	165.9778	0.0109	-0.0000	-0.0566	0.0586
BR-A1SD1F1	25955.0964	-129.0891	159.0858	25955.1778	-129.0891	159.1227	0.0814	0.0000	0.0369	0.0920
BR-A1SD1F1	25955.0964	-129.0891	159.0858	25955.1360	-129.0891	159.1703	0.0396	0.0000	0.0845	0.0958
BR-A1SD1F2	25817.6122	-129.1123	79.4166	25817.5306	-129.1123	79.4120	-0.0816	0.0000	-0.0046	0.0824
BR-A1SD1F4	26092.3789	-129.0672	-79.8312	26092.4914	-129.0672	-79.6807	0.1125	0.0000	0.1505	0.1886
BR-A1SD1F5	26092.7745	-129.0675	79.1451	26092.8290	-129.0675	79.2234	0.0545	0.0000	0.0783	0.0961
BR-A1SD1F5	26092.7745	-129.0675	79.1451	26092.8861	-129.0675	79.1947	0.1116	0.0000	0.0496	0.1226
BR-A1BF4F1	25939.5377	-133.7926	166.0250	25939.5434	-133.7926	166.0315	0.0057	0.0000	0.0065	0.0159
BR-A1BF4F2	26119.5538	-133.8010	166.0170	26119.5374	-133.8010	166.0103	-0.0164	-0.0000	-0.0067	0.0213
BR-A1BF4F3	26032.2343	-134.9965	165.9510	26032.1833	-134.9965	165.9480	-0.0510	-0.0000	-0.0030	0.0511
BR-A1BF4F4	26119.3569	-136.1921	166.0440	26119.3144	-136.1921	165.9999	-0.0425	-0.0000	-0.0441	0.0617
BR-A1BF4F5	25939.3951	-136.2004	166.0560	25939.3418	-136.2004	166.0188	-0.0533	-0.0000	-0.0372	0.0679
BR-A1BD5F1	25879.8938	-137.5312	180.0100	25879.9253	-137.5312	179.9784	0.0315	-0.0000	-0.0316	0.0491
BR-A1BD5F2	26179.4967	-137.5687	179.9930	26179.5503	-137.5687	179.9669	0.0536	-0.0000	-0.0261	0.0596
BR-A1BD5F3	26039.7835	-138.8179	180.0090	26039.8100	-138.8179	180.0292	0.0265	-0.0000	0.0202	0.0349
BR-A1BD5F4	26139.4826	-140.0863	180.0070	26139.4975	-140.0863	180.0369	0.0149	0.0000	0.0299	0.0346
BR-A1BD5F5	25839.4005	-140.0778	180.0000	25839.3834	-140.0778	180.0325	-0.0171	-0.0000	0.0325	0.0368
BR-A1BF5F1	25848.0539	-141.7171	165.9560	25848.0573	-141.7171	165.9708	0.0034	0.0000	0.0148	0.0184
BR-A1BF5F2	26027.5213	-141.7512	165.9880	26027.5350	-141.7512	165.9943	0.0137	0.0000	0.0063	0.0264
BR-A1BF5F3	25905.2048	-142.9367	166.0890	25905.1822	-142.9367	166.0883	-0.0226	0.0000	-0.0007	0.0233
BR-A1BF5F4	25957.0171	-144.1490	166.0920	25956.9928	-144.1490	166.0728	-0.0243	-0.0000	-0.0192	0.0350
BR-A1BF5F5	25777.0867	-144.1316	166.0840	25777.0663	-144.1316	166.0815	-0.0204	-0.0000	-0.0025	0.0299

Part 1: Deviations of Key Elements

Vector Group										
CYU ANALYSIS: Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A1SD2F1	25954.6734	-140.9080	158.9050	25954.6901	-140.9080	158.9542	0.0167	0.0000	0.0492	0.0521
BR-A1SD2F4	26091.9856	-140.9313	-79.7280	26092.0485	-140.9313	-79.7337	0.0629	-0.0000	-0.0077	0.0635
BR-A1SD2F5	26092.1256	-140.9309	79.2170	26092.1575	-140.9309	79.2627	0.0319	0.0000	0.0457	0.0558
BR-A1BD6F1	25877.1430	-145.5312	180.0160	25877.1663	-145.5312	180.0059	0.0233	-0.0000	-0.0101	0.0256
BR-A1BD6F2	25974.9890	-145.6112	180.0238	25975.0288	-145.6112	180.0033	0.0398	0.0000	-0.0205	0.0456
BR-A1BD6F3	25799.7175	-146.8489	179.9885	25799.7454	-146.8489	180.0239	0.0279	0.0000	0.0354	0.0492
BR-A1BD6F4	25862.5685	-148.1414	180.0296	25862.6050	-148.1414	180.0559	0.0365	-0.0000	0.0263	0.0463
BR-A1BD6F5	25563.4841	-148.0905	180.0280	25563.5106	-148.0905	180.0340	0.0265	-0.0000	0.0080	0.0277
BR-A1BF6F1	25537.7584	-149.5177	166.0470	25537.8089	-149.5177	166.0436	0.0505	0.0000	-0.0034	0.0508
BR-A1BF6F2	25715.6803	-149.5791	166.0180	25715.7634	-149.5791	166.0454	0.0831	-0.0000	0.0274	0.0879
BR-A1BF6F3	25557.6224	-150.7588	166.1380	25557.6689	-150.7588	166.1511	0.0465	0.0000	0.0131	0.0519
BR-A1BF6F4	25572.7059	-151.9935	166.0250	25572.7268	-151.9935	166.0135	0.0209	0.0000	-0.0115	0.0326
BR-A1BF6F5	25393.7623	-151.9486	166.0740	25393.7252	-151.9486	166.0515	-0.0371	-0.0000	-0.0225	0.0445
BR-A1CY3F1	25916.8582	-145.0100	150.0380	25916.9281	-145.0100	150.0493	0.0699	0.0000	0.0113	0.0735
BR-A1CY3F2	25752.4881	-144.9885	149.9850	25752.5120	-144.9885	149.9978	0.0239	-0.0000	0.0128	0.0350
BR-A1CY3F3	25966.7544	-145.0160	97.9890	25966.7933	-145.0160	98.0063	0.0389	0.0000	0.0173	0.0428
BR-A1CY3F4	25966.8095	-145.0152	-97.9380	25966.8286	-145.0152	-97.9287	0.0191	0.0000	0.0093	0.0271
BR-A1BD7F1	25252.0903	-153.3526	179.9810	25252.0644	-153.3526	180.0682	-0.0259	0.0000	0.0872	0.0928
BR-A1BD7F2	25546.8396	-153.4785	180.0080	25546.8330	-153.4785	180.0340	-0.0066	0.0000	0.0260	0.0336
BR-A1BD7F3	25335.0911	-154.7091	179.9750	25335.0962	-154.7091	180.0373	0.0051	0.0000	0.0623	0.0627
BR-A1BD7F4	25359.3022	-156.0327	179.9950	25359.3261	-156.0327	180.0140	0.0239	0.0000	0.0190	0.0314
BR-A1BD7F5	25062.4037	-155.9360	180.0500	25062.4012	-155.9360	180.1120	-0.0025	0.0000	0.0620	0.0633
BR-A1BF7F1	24974.9483	-157.6178	165.9790	24975.0035	-157.6178	166.1457	0.0552	-0.0000	0.1667	0.1766
BR-A1BF7F2	25150.9211	-157.7056	165.9680	25150.9524	-157.7056	166.0729	0.0313	0.0000	0.1069	0.1122
BR-A1BF7F3	24960.7173	-158.8882	166.0110	24960.7574	-158.8882	166.0718	0.0401	0.0000	0.0608	0.0737
BR-A1BF7F4	24942.0536	-160.1529	166.0800	24942.0721	-160.1529	166.0571	0.0185	0.0000	-0.0229	0.0362
BR-A1BF7F5	24764.5958	-160.0819	166.0780	24764.6082	-160.0819	166.0785	0.0124	0.0000	0.0005	0.0139
BR-A1CX3F1	25327.9014	-152.8095	124.0360	25327.8262	-152.8095	124.1201	-0.0752	-0.0000	0.0841	0.1130
BR-A1CX3F2	25522.4825	-152.8633	123.9980	25522.4903	-152.8633	124.0165	0.0078	0.0000	0.0185	0.0204
BR-A1CX3F3	25573.9818	-152.8771	73.9130	25573.9507	-152.8771	73.9819	-0.0309	0.0000	0.0689	0.0766
BR-A1CX3F4	25573.9555	-152.8782	-74.0350	25573.9083	-152.8782	-74.0312	-0.0472	-0.0000	0.0038	0.0499
BR-A1SF2F1	25127.5143	-156.8216	158.9130	25127.6482	-156.8216	159.1134	0.1339	-0.0000	0.2004	0.2411
BR-A1SF2F4	25262.8158	-156.8846	-79.3370	25262.7766	-156.8846	-79.2447	-0.0392	-0.0000	0.0923	0.1003
BR-A1SF2F5	25262.8930	-156.8831	79.5000	25262.7553	-156.8831	79.5842	0.0623	-0.0000	0.0842	0.1055
BR-A1BD8F1	24356.8621	-165.1697	180.0740	24356.8551	-165.1697	180.1397	-0.0070	-0.0000	0.0657	0.0694
BR-A1BD8F2	24651.9735	-165.2982	180.0687	24651.9584	-165.2982	180.1411	-0.0151	0.0000	0.0724	0.0753
BR-A1BD8F3	24441.8553	-166.5754	180.0287	24441.8399	-166.5754	180.0183	-0.0154	-0.0000	-0.0104	0.0192
BR-A1BD8F4	24466.4954	-167.9472	179.9469	24466.5162	-167.9472	179.9074	0.0208	0.0000	-0.0395	0.0472
BR-A1BD8F5	24171.2654	-167.8500	179.9671	24171.2241	-167.8500	179.9027	-0.0413	-0.0000	-0.0644	0.0791
BR-A1CY4F1	24638.1242	-164.1632	150.0700	24638.0908	-164.1632	150.1158	-0.0334	-0.0000	0.0458	0.0593
BR-A1CY4F2	24474.7134	-164.1123	150.0680	24474.6208	-164.1123	150.0634	-0.0926	0.0000	-0.0046	0.0937
BR-A1CY4F4	24687.7280	-164.1769	-98.0300	24687.6908	-164.1769	-97.9722	-0.0372	0.0000	0.0578	0.0702
BR-A1QD2F1	24650.8377	-161.3000	230.0940	24650.7727	-161.3000	230.0834	-0.0650	-0.0000	-0.0106	0.0686
BR-A1QD2F2	24692.8712	-160.7751	230.0587	24692.8448	-160.7751	230.0316	-0.0264	-0.0000	-0.0271	0.0422
BR-A1QD2F3	24879.5919	-160.8571	230.0317	24879.5813	-160.8571	230.0279	-0.0108	-0.0000	-0.0038	0.0165
BR-A1QD2F4	24837.9065	-161.3783	230.0267	24837.8360	-161.3783	230.0665	-0.0705	-0.0000	0.0398	0.0837
BR-A1QG2F1	24504.7911	-163.3892	230.1588	24504.7460	-163.3892	230.1976	-0.0451	-0.0000	0.0388	0.0631
BR-A1QG2F2	24538.8616	-162.8576	230.0867	24538.8622	-162.8576	230.1280	0.0008	0.0000	0.0413	0.0414
BR-A1QG2F3	24726.5244	-162.9246	229.8718	24726.5285	-162.9246	229.9423	0.0041	-0.0000	0.0705	0.0720
BR-A1QG2F4	24692.8733	-163.4521	229.9705	24692.8519	-163.4521	230.0048	-0.0214	0.0000	0.0343	0.0420
BR-A1QF2F1	24074.5919	-169.6022	230.1314	24074.5665	-169.6022	230.1342	-0.0254	0.0000	0.0028	0.0262
BR-A1QF2F2	24117.1595	-169.0648	230.0959	24117.1551	-169.0648	230.1112	-0.0044	-0.0000	0.0153	0.0170
BR-A1QF2F3	24303.8190	-169.1499	230.0316	24303.8228	-169.1499	230.0535	0.0038	-0.0000	0.0219	0.0258
BR-A1QF2F4	24261.6187	-169.6832	230.0690	24261.5450	-169.6832	230.0715	-0.0737	0.0000	0.0025	0.0737
BR-DSCX1F1	24037.2055	-170.0575	132.5980	24037.2245	-170.0575	132.6172	0.0190	0.0000	0.0192	0.0274
BR-DSCX1F2	24230.2769	-170.1376	132.5600	24230.2876	-170.1376	132.5737	0.0107	0.0000	0.0137	0.0229
BR-DSCX1F3	24281.6864	-170.1586	82.6259	24281.6664	-170.1586	82.6468	-0.0200	-0.0000	0.0209	0.0311
BR-DSCX1F4	24281.6706	-170.1596	-82.5931	24281.7228	-170.1596	-82.5902	0.0522	0.0000	0.0029	0.0527
BR-A2QF1F1	24116.9628	169.0649	230.0790	24116.9244	169.0649	230.1899	-0.0384	-0.0000	0.1109	0.1184
BR-A2QF1F2	24074.5080	169.6024	230.0333	24074.5542	169.6024	230.1078	0.0482	-0.0000	0.0745	0.0888
BR-A2QF1F3	24261.4458	169.6833	230.0641	24261.4922	169.6833	230.1274	0.0464	-0.0000	0.0633	0.0811
BR-A2QF1F4	24303.5412	169.1498	230.0922	24303.6098	169.1498	230.2009	0.0686	0.0000	0.1087	0.1286
BR-DSCX2F1	24037.3063	170.0578	132.5680	24037.3078	170.0578	132.6101	0.0015	-0.0000	0.0421	0.0423
BR-DSCX2F2	24230.6197	170.1372	132.5550	24230.5969	170.1372	132.6126	-0.0228	-0.0000	0.0576	0.0640
BR-DSCX2F3	24281.6879	170.1584	82.3900	24281.6235	170.1584	82.4550	-0.0644	0.0000	0.0650	0.0917
BR-DSCX2F4	24281.6432	170.1583	-82.3950	24281.5590	170.1583	-82.3220	-0.0842	-0.0000	0.0730	0.1123
BR-A2BD1F1	24170.9511	167.8521	180.0341	24170.9912	167.8521	180.0853	0.0401	0.0000	0.0512	0.0662
BR-A2BD1F2	24468.1410	167.9492	179.9989	24468.1281	167.9492	180.0151	-0.0129	-0.0000	0.0162	0.0208
BR-A2BD1F3	24441.4387	166.5773	179.9820	24441.4411	166.5773	179.9986	0.0024	-0.0000	0.0166	0.0236
BR-A2BD1F4	24651.6618	165.3004	180.0029	24651.6576	165.3004	179.9802	-0.0042	-0.0000	-0.0227	0.0281
BR-A2BD1F5	24356.7477	165.1718	180.0421	24356.7689	165.1718	180.0527	0.0212	0.0000	0.0106	0.0239
BR-A2CY1F1	24638.2438	164.1616	150.1069	24638.3021	164.1616	150.1250	0.0583	0.0000	0.0181	0.0612

Part 1: Deviations of Key Elements

Vector Group										
CYU ANALYSIS: Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A2CY1F2	24474.1744	164.1124	150.0720	24474.2568	164.1124	150.0638	0.0822	-0.0000	-0.0084	0.0852
BR-A2CY1F3	24687.7507	164.1773	98.0479	24687.8058	164.1773	98.0748	0.0551	0.0000	0.0289	0.0617
BR-A2CY1F4	24687.6392	164.1770	-97.9521	24687.8070	164.1770	-97.9218	0.1678	-0.0000	0.0303	0.1713
BR-A2QD1F1	24692.8819	160.7756	230.0653	24692.8826	160.7756	230.0120	0.0007	0.0000	-0.0533	0.0551
BR-A2QD1F2	24650.7238	161.3007	230.0568	24650.7221	161.3007	229.9893	-0.0017	0.0000	-0.0673	0.0673
BR-A2QD1F3	24837.6761	161.3790	230.0525	24837.6995	161.3790	230.0058	0.0234	0.0000	-0.0467	0.0526
BR-A2QD1F4	24879.5782	160.8577	230.0554	24879.5934	160.8577	230.0015	0.0152	-0.0000	-0.0539	0.0565
BR-A2QG1F1	24538.5168	162.8585	230.0941	24538.5932	162.8585	230.1047	0.0764	-0.0000	0.0108	0.0780
BR-A2QG1F2	24504.4508	163.3898	230.0588	24504.4974	163.3898	230.0838	0.0466	0.0000	0.0250	0.0545
BR-A2QG1F3	24692.5593	163.4531	230.0316	24692.6108	163.4531	230.0332	0.0515	0.0000	0.0016	0.0527
BR-A2QG1F4	24726.4093	162.9257	230.0268	24726.4833	162.9257	230.0061	0.0740	-0.0000	-0.0205	0.0773
BR-A2BD2F1	25062.1284	155.9377	180.0124	25062.1568	155.9377	180.0154	0.0284	-0.0000	0.0030	0.0305
BR-A2BD2F2	25359.0839	156.0346	180.0051	25359.1562	156.0346	179.9876	0.0723	-0.0000	-0.0375	0.0838
BR-A2BD2F3	25334.9569	154.7109	180.0450	25335.0111	154.7109	180.1169	0.0542	0.0000	0.0719	0.0908
BR-A2BD2F4	25546.9382	153.4803	180.0251	25546.9809	153.4803	180.0449	0.0427	0.0000	0.0198	0.0472
BR-A2BD2F5	25252.2453	153.3543	180.0129	25252.2638	153.3543	180.0027	0.0185	-0.0000	-0.0102	0.0248
BR-A2BF1F1	24764.6786	160.0815	166.0177	24764.6358	160.0815	166.0500	-0.0428	0.0000	0.0323	0.0556
BR-A2BF1F2	24942.0180	160.1526	166.0358	24942.0416	160.1526	166.0481	0.0236	0.0000	0.0123	0.0280
BR-A2BF1F3	24960.7441	158.8880	166.0110	24960.7468	158.8880	166.0046	0.0027	-0.0000	-0.0064	0.0070
BR-A2BF1F4	25150.8297	157.7052	166.0234	25150.8616	157.7052	166.0328	0.0319	0.0000	0.0094	0.0369
BR-A2BF1F5	24974.9788	157.6175	166.0380	24974.8945	157.6175	166.1089	-0.0843	0.0000	0.0689	0.1089
BR-A2CX1F1	25327.6464	152.8093	124.0410	25327.6516	152.8093	124.0561	0.0052	-0.0000	0.0151	0.0186
BR-A2CX1F2	25522.4178	152.8636	124.0190	25522.3923	152.8636	124.0803	-0.0255	-0.0000	0.0413	0.0515
BR-A2CX1F3	25573.9642	152.8778	74.3460	25573.9385	152.8778	74.3985	-0.0257	-0.0000	0.0525	0.0585
BR-A2CX1F4	25573.9615	152.8777	-74.2530	25573.9992	152.8777	-74.1468	0.0377	0.0000	0.1062	0.1133
BR-A2SF1F1	25127.9236	156.8137	158.9430	25127.9328	156.8137	158.9835	0.0092	-0.0000	0.0405	0.0419
BR-A2SF1F2	24993.2898	156.7506	79.2480	24993.3154	156.7506	79.2717	0.0256	0.0000	0.0237	0.0410
BR-A2SF1F5	25263.2313	156.8758	79.6360	25263.2314	156.8758	79.6742	0.0001	0.0000	0.0382	0.0391
BR-A2BD3F1	25563.1086	148.0895	179.9786	25563.1441	148.0895	179.9727	0.0355	-0.0000	-0.0059	0.0363
BR-A2BD3F2	25862.2326	148.1407	180.0258	25862.2888	148.1407	180.0331	0.0562	-0.0000	0.0073	0.0588
BR-A2BD3F3	25799.4979	146.8481	179.9381	25799.5049	146.8481	179.9426	0.0070	-0.0000	0.0045	0.0129
BR-A2BD3F4	25975.0653	145.6104	180.0287	25975.0731	145.6104	179.9796	0.0078	-0.0000	-0.0491	0.0525
BR-A2BD3F5	25677.1128	145.5302	180.0153	25677.1164	145.5302	179.9899	0.0036	0.0000	-0.0454	0.0474
BR-A2BF2F1	25393.7900	151.9488	166.0460	25393.7936	151.9488	166.0038	0.0036	0.0000	-0.0422	0.0442
BR-A2BF2F2	25572.7333	151.9934	166.0240	25572.7577	151.9934	166.0780	0.0244	-0.0000	0.0540	0.0593
BR-A2BF2F3	25557.6944	150.7588	166.0370	25557.6708	150.7588	166.1052	-0.0238	-0.0000	0.0682	0.0734
BR-A2BF2F4	25715.6746	149.5787	166.2500	25715.6924	149.5787	166.2531	0.0178	0.0000	0.0031	0.0236
BR-A2BF2F5	25537.7860	149.5176	166.0530	25537.7589	149.5176	166.0857	-0.0271	-0.0000	0.0327	0.0473
BR-A2CY2F1	25916.9061	145.0097	150.0720	25916.9432	145.0097	150.0801	0.0371	-0.0000	0.0081	0.0381
BR-A2CY2F2	25752.0157	144.9878	149.9770	25752.0000	144.9878	149.9742	-0.0157	0.0000	-0.0028	0.0185
BR-A2CY2F3	25966.7585	145.0163	97.9970	25966.7736	145.0163	98.0297	0.0151	-0.0000	0.0327	0.0367
BR-A2CY2F4	25966.7719	145.0163	-98.0100	25966.8367	145.0163	-97.9736	0.0648	0.0000	0.0364	0.0761
BR-A2BD4F1	25839.0696	140.0785	180.1029	25839.0671	140.0785	180.0834	-0.0025	0.0000	-0.0195	0.0230
BR-A2BD4F2	26139.0700	140.0872	180.0837	26139.0961	140.0872	180.0586	0.0261	0.0000	-0.0251	0.0383
BR-A2BD4F3	26039.7614	138.8190	180.0887	26039.7779	138.8190	180.0725	0.0165	-0.0000	-0.0162	0.0235
BR-A2BD4F4	26179.4814	137.5698	180.0238	26179.5501	137.5698	180.0560	0.0687	-0.0000	0.0322	0.0770
BR-A2BD4F5	25879.9441	137.5319	179.9740	25879.9547	137.5319	180.0098	0.0106	-0.0000	0.0358	0.0402
BR-A2BF3F1	25776.9312	144.1311	166.0332	25776.9107	144.1311	165.9951	-0.0205	-0.0000	-0.0381	0.0468
BR-A2BF3F2	25956.8876	144.1487	166.0235	25956.7097	144.1487	165.9914	0.0221	-0.0000	-0.0321	0.0425
BR-A2BF3F3	25905.1148	142.9366	166.0499	25905.1061	142.9366	166.0138	-0.0087	0.0000	-0.0361	0.0390
BR-A2BF3F4	26027.2579	141.7509	166.0667	26027.2252	141.7509	165.9932	-0.0327	0.0000	-0.0735	0.0818
BR-A2BF3F5	25847.9678	141.7168	166.0591	25847.9914	141.7168	166.0172	0.0236	0.0000	-0.0419	0.0483
BR-A2SD1F1	25954.3259	140.9071	158.9940	25954.3566	140.9071	158.9501	0.0307	-0.0000	-0.0439	0.0550
BR-A2SD1F2	25817.2415	140.8862	79.5170	25817.2984	140.8862	79.5212	0.0569	-0.0000	0.0042	0.0571
BR-A2SD1F5	26092.0313	140.9300	79.5530	26091.9722	140.9300	79.5254	-0.0591	-0.0000	-0.0276	0.0687
BR-A2BF4F2	26119.4182	136.1928	166.0100	26119.4322	136.1928	166.0743	0.0140	-0.0000	0.0643	0.0689
BR-A2BF4F3	26032.2281	134.9973	166.0250	26032.2078	134.9973	166.0667	-0.0203	-0.0000	0.0417	0.0485
BR-A2BF4F4	26119.2359	133.8018	166.0300	26119.2131	133.8018	166.0589	-0.0228	0.0000	0.0289	0.0417
BR-A2BF4F5	25939.3684	133.7935	166.0250	25939.3263	133.7935	166.0347	-0.0421	0.0000	0.0097	0.0469
BR-A2BD5F1	25880.2236	132.4626	180.0308	25880.1990	132.4626	180.0362	-0.0246	0.0000	0.0054	0.0282
BR-A2BD5F2	26179.8410	132.4250	179.9842	26179.8256	132.4250	179.9892	-0.0154	-0.0000	0.0040	0.0167
BR-A2BD5F3	26040.2053	131.1759	180.0378	26040.1989	131.1759	180.0524	-0.0064	0.0000	0.0146	0.0167
BR-A2BD5F4	26139.9813	129.9075	180.0126	26139.9963	129.9075	180.0465	0.0150	0.0000	0.0339	0.0371
BR-A2BD5F5	25839.9025	129.9160	179.9939	25839.8949	129.9160	180.0184	-0.0076	0.0000	0.0245	0.0338
BR-A2BF5F1	25848.3302	128.2762	166.0220	25848.3129	128.2762	166.0176	-0.0173	-0.0000	-0.0044	0.0212
BR-A2BF5F2	26027.7310	128.2421	166.0220	26027.7351	128.2421	166.0200	0.0041	-0.0000	-0.0020	0.0093
BR-A2BF5F3	25905.5470	127.0565	166.0290	25905.5280	127.0565	166.0319	-0.0190	0.0000	0.0029	0.0193
BR-A2BF5F4	25957.3935	125.8443	166.0230	25957.3883	125.8443	166.0139	-0.0052	-0.0000	-0.0091	0.0204
BR-A2BF5F5	25777.5247	125.8618	166.0170	25777.4877	125.8618	166.0137	-0.0370	-0.0000	-0.0033	0.0390
BR-A2SD2F1	25954.8314	129.0840	158.9200	25954.7733	129.0840	158.9284	-0.0581	0.0000	0.0084	0.0604
BR-A2SD2F2	25817.4458	129.1044	79.3990	25817.4048	129.1044	79.3820	-0.0410	0.0000	-0.0170	0.0457
BR-A2SD2F5	26092.2742	129.0619	79.3480	26092.2455	129.0619	79.3710	-0.0287	0.0000	0.0230	0.0414

Part 1: Deviations of Key Elements

Vector Group										
CYU ANALYSIS: Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A2BD6F1	25677.7346	124.4620	180.0260	25677.7025	124.4620	180.0143	-0.0321	-0.0000	-0.0117	0.0363
BR-A2BD6F2	25975.6485	124.3822	180.0140	25975.6428	124.3822	180.0241	-0.0057	0.0000	0.0101	0.0206
BR-A2BD6F3	25800.2816	123.1442	180.0340	25800.2808	123.1442	180.0691	-0.0208	-0.0000	0.0351	0.0453
BR-A2BD6F4	25863.5627	121.8519	180.0000	25863.5466	121.8519	180.0802	-0.0161	0.0000	0.0802	0.0831
BR-A2BD6F5	25564.3422	121.9025	179.9890	25564.3140	121.9025	180.0213	-0.0282	0.0000	0.0323	0.0438
BR-A2BF6F1	25538.4387	120.4758	166.0360	25538.4599	120.4758	165.9651	0.0212	-0.0000	-0.0709	0.0743
BR-A2BF6F2	25716.3483	120.4147	166.0320	25716.3387	120.4147	165.9989	-0.0098	-0.0000	-0.0331	0.0409
BR-A2BF6F3	25558.5500	119.2348	166.0450	25558.5101	119.2348	166.0386	-0.0399	0.0000	-0.0084	0.0416
BR-A2BF6F4	25573.5799	118.0004	166.0140	25573.6316	118.0004	166.0338	0.0517	-0.0000	0.0198	0.0555
BR-A2BF6F5	25394.7194	118.0449	166.0520	25394.7329	118.0449	166.0315	0.0135	-0.0000	-0.0205	0.0310
BR-A2CY3F1	25917.2324	124.9838	150.1020	25917.2117	124.9838	150.1680	-0.0207	-0.0000	0.0640	0.0683
BR-A2CY3F2	25752.5582	125.0054	150.1700	25752.5184	125.0054	150.1410	-0.0418	-0.0000	-0.0290	0.0538
BR-A2CY3F3	25967.2939	124.9773	97.8550	25967.2558	124.9773	97.9445	-0.0381	-0.0000	0.0895	0.0978
BR-A2CY3F4	25967.3457	124.9782	-97.7780	25967.4004	124.9782	-97.7036	0.0547	-0.0000	0.0744	0.0823
BR-A2BD7F1	25252.9834	116.6413	180.0299	25252.9617	116.6413	179.9842	-0.0217	-0.0000	-0.0457	0.0513
BR-A2BD7F2	25547.9104	116.5154	180.0048	25547.8879	116.5154	180.0075	-0.0225	-0.0000	0.0027	0.0282
BR-A2BD7F3	25335.9529	115.2847	180.0488	25335.9119	115.2847	180.0494	-0.0410	0.0000	0.0006	0.0416
BR-A2BD7F4	25360.4887	113.9611	180.0063	25360.4295	113.9611	180.0344	-0.0592	-0.0000	0.0281	0.0671
BR-A2BD7F5	25063.3537	114.0577	180.0018	25063.2571	114.0577	179.9805	-0.0966	0.0000	-0.0413	0.1055
BR-A2BF7F1	24976.2013	112.3764	166.0830	24976.1435	112.3764	166.0083	-0.0578	0.0000	-0.0747	0.0851
BR-A2BF7F2	25152.0568	112.2888	166.0140	25152.0150	112.2888	165.9473	-0.0418	0.0000	-0.0687	0.0801
BR-A2BF7F3	24962.0411	111.1057	166.1200	24962.0119	111.1057	166.1046	-0.0292	-0.0000	-0.0154	0.0395
BR-A2BF7F4	24943.0802	109.8414	166.0420	24943.0337	109.8414	166.0175	-0.0265	0.0000	-0.0245	0.0372
BR-A2BF7F5	24765.7180	109.9123	166.0300	24765.6783	109.9123	166.0202	-0.0397	0.0000	-0.0098	0.0412
BR-A2CX2F1	25328.9027	117.1856	124.0880	25328.9667	117.1856	124.0530	0.0640	-0.0000	-0.0350	0.0733
BR-A2CX2F2	25523.2551	117.1304	124.0420	25523.3556	117.1304	124.0208	0.1005	-0.0000	-0.0212	0.1037
BR-A2CX2F3	25574.8452	117.1157	74.5370	25574.9310	117.1157	74.4662	0.0858	0.0000	-0.0708	0.1120
BR-A2CX2F4	25574.9883	117.1151	-74.0490	25575.0318	117.1151	-74.1983	0.0435	0.0000	-0.1493	0.1556
BR-A2SF2F1	25129.0527	113.1760	158.9250	25129.0687	113.1760	158.9001	0.0160	0.0000	-0.0249	0.0331
BR-A2SF2F2	24994.1871	113.2396	79.4220	24994.2542	113.2396	79.3961	0.0671	0.0000	-0.0259	0.0723
BR-A2SF2F5	25264.0132	113.1133	79.5050	25264.0762	113.1133	79.5128	0.0630	0.0000	0.0078	0.0660
BR-A2BD8F1	24358.0967	104.8241	180.0253	24358.0971	104.8241	180.0461	0.0004	0.0000	0.0208	0.0226
BR-A2BD8F2	24653.1395	104.6957	179.9986	24653.1600	104.6957	180.0694	0.0205	0.0000	0.0708	0.0739
BR-A2BD8F2	24653.1395	104.6957	179.9986	24653.2198	104.6957	180.0731	0.0803	0.0000	0.0745	0.1097
BR-A2BD8F3	24443.1777	103.4186	179.9999	24443.2667	103.4186	180.0267	0.0890	-0.0000	0.0268	0.0932
BR-A2BD8F4	24470.0350	102.0469	180.0447	24470.0110	102.0469	180.0579	-0.0240	0.0000	0.0132	0.0327
BR-A2BD8F4	24470.0350	102.0469	180.0447	24470.1389	102.0469	180.0354	0.1039	0.0000	-0.0093	0.1058
BR-A2BD8F5	24172.7392	102.1438	180.0095	24172.7710	102.1438	180.0158	0.0318	0.0000	0.0063	0.0325
BR-A2BD8F5	24172.7392	102.1438	180.0095	24172.8753	102.1438	179.9977	0.1361	0.0000	-0.0118	0.1366
BR-A2CX3F1	24590.9146	107.9198	124.0740	24590.9590	107.9198	124.0972	0.0444	0.0000	0.0232	0.0503
BR-A2CX3F2	24784.2507	107.8442	124.0400	24784.2941	107.8442	124.0881	0.0434	-0.0000	0.0481	0.0852
BR-A2CX3F3	24835.4995	107.8234	74.0660	24835.5295	107.8234	74.1589	0.0300	0.0000	0.0929	0.0983
BR-A2CX3F4	24835.3859	107.8227	-74.2680	24835.4369	107.8227	-74.2091	0.0510	0.0000	0.0589	0.0779
BR-A2CY4F1	24639.6473	105.8316	150.1850	24639.6817	105.8316	150.2078	0.0144	-0.0000	0.0228	0.0304
BR-A2CY4F2	24475.7986	105.8815	150.0560	24475.8071	105.8815	150.0146	0.0085	0.0000	-0.0414	0.0447
BR-A2CY4F3	24689.1538	105.8166	98.0540	24689.1977	105.8166	98.1501	0.0439	-0.0000	0.0961	0.1064
BR-A2CY4F4	24689.1532	105.8162	-97.8920	24689.4242	105.8162	-97.7899	0.2710	-0.0000	0.1031	0.2902
BR-A2QD2F1	24652.0350	108.6940	230.1133	24652.0726	108.6940	230.1440	0.0376	0.0000	0.0307	0.0508
BR-A2QD2F2	24694.3294	109.2190	230.0813	24694.3839	109.2190	230.0602	0.0545	0.0000	-0.0211	0.0591
BR-A2QD2F3	24881.0212	109.1365	230.0213	24881.0383	109.1365	230.0327	0.0171	-0.0000	0.0114	0.0266
BR-A2QD2F4	24839.0269	108.6153	230.0489	24839.0736	108.6153	230.0626	0.0467	0.0000	0.0137	0.0508
BR-A2QG2F1	24505.8558	106.6046	229.9976	24505.9328	106.6046	229.9767	0.0770	-0.0000	-0.0209	0.0806
BR-A2QG2F2	24539.7031	107.1362	229.9753	24539.7911	107.1362	229.9308	0.0880	0.0000	-0.0445	0.0997
BR-A2QG2F3	24727.5811	107.0694	230.0223	24727.6395	107.0694	229.9964	0.0584	0.0000	-0.0259	0.0641
BR-A2QG2F4	24693.9370	106.5415	230.0248	24694.0056	106.5415	230.0232	0.0686	-0.0000	-0.0016	0.0689
BR-A2QF2F1	24076.4295	100.3962	229.9512	24076.4408	100.3962	230.0388	0.0113	0.0000	0.0876	0.0896
BR-A2QF2F2	24119.0059	100.9337	229.9840	24119.0091	100.9337	230.0297	0.0032	0.0000	0.0457	0.0466
BR-A2QF2F3	24305.6119	100.8486	230.1070	24305.6426	100.8486	230.1152	0.0307	-0.0000	0.0082	0.0321
BR-A2QF2F4	24263.4001	100.3152	230.0860	24263.4607	100.3152	230.1120	0.0606	0.0000	0.0260	0.0684
BR-XSBUM1F1	24029.1833	99.5460	95.1024	24029.0917	99.5460	95.2358	-0.0916	-0.0000	0.1334	0.1629
BR-XSBUM1F2	24186.8401	99.4837	95.1732	24186.8358	99.4837	95.3186	-0.0043	-0.0000	0.1454	0.1457
BR-XSBUM1F3	24014.4016	99.3338	94.9768	24014.3430	99.3338	95.1411	-0.0586	-0.0000	0.1643	0.1749
BR-XSBUM1F4	24172.2291	99.2725	95.0665	24172.1817	99.2725	95.1736	-0.0474	-0.0000	0.1071	0.1175
BR-XSBUM2F1	23773.7499	94.2946	94.9439	23774.0020	94.2946	94.9176	0.2521	-0.0000	-0.0263	0.2538
BR-XSBUM2F2	23932.9617	94.2659	94.9293	23933.2452	94.2659	94.9030	0.2835	0.0000	-0.0263	0.2849
BR-XSBUM2F3	23767.3762	94.0789	94.9406	23767.5739	94.0789	94.8510	0.1977	-0.0000	-0.0896	0.2173
BR-XSBUM2F4	23926.5984	94.0507	94.9206	23926.8030	94.0507	94.8549	0.2046	0.0000	-0.0657	0.2152
BR-XSCXW1F1	24039.0860	99.9405	132.5490	24039.0750	99.9405	132.6594	-0.0110	-0.0000	0.1104	0.1127
BR-XSCXW1F2	24232.2351	99.8608	132.5270	24232.2228	99.8608	132.6086	-0.0123	0.0000	0.0816	0.0826
BR-XSCXW1F3	24283.6187	99.8402	82.4720	24283.5815	99.8402	82.5592	-0.0372	0.0000	0.0872	0.0951
BR-XSCXW1F4	24283.6940	99.8406	-82.3830	24283.6678	99.8406	-82.3778	-0.0262	0.0000	0.0052	0.0274

Part 1: Deviations of Key Elements

Vector Group											
CYU ANALYSIS: Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM											
Name	Begin			End			Delta				
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag	
BR-XSKIKF1	23938.5547	98.8841	-86.0000	23938.7238	98.8841	-85.7228	0.1691	-0.0000	0.2774	0.3255	
BR-XSKIKF2	24185.5862	98.7927	-86.0000	24185.6362	98.7927	-85.7287	0.0500	0.0000	0.2713	0.2760	
BR-XSKIKF3	24016.3107	95.6082	-86.0000	24016.4674	95.6082	-86.0042	0.1567	0.0000	-0.0042	0.1568	
BR-XSKIKF4	23767.5199	95.6671	-86.0000	23767.8339	95.6671	-85.9301	0.3140	0.0000	0.0899	0.3217	
BR-XSSMP1F1	23789.8099	91.9271	138.3700	23789.7781	91.9271	138.3963	-0.0318	0.0000	0.0263	0.0413	
BR-XSSMP1F2	23899.7480	91.9182	138.3900	23899.8587	91.9182	138.3795	0.1107	-0.0000	-0.0105	0.1118	
BR-XSSMP1F3	23888.3022	90.7316	138.3700	23888.2723	90.7316	138.3643	-0.0299	0.0000	-0.0057	0.0350	
BR-XSSMP1F4	23778.3112	90.7349	138.3800	23778.2315	90.7349	138.4115	-0.0797	-0.0000	0.0315	0.0875	
BR-XSBUM3F2	23916.0079	85.9480	94.9600	23916.1409	85.9480	95.0238	0.1330	0.0000	0.0638	0.1479	
BR-XSBUM3F3	23762.9892	85.7050	94.9500	23763.0151	85.7050	94.8388	0.0259	-0.0000	-0.1112	0.1142	
BR-XSBUM3F4	23922.6981	85.7332	94.9500	23922.6157	85.7332	94.9065	-0.0824	-0.0000	-0.0435	0.0937	
BR-A3QF1F1	24119.2977	79.0664	229.9640	24119.4341	79.0664	229.9338	0.1364	0.0000	-0.0302	0.1400	
BR-A3QF1F2	24076.7134	79.6036	230.0480	24076.8087	79.6036	230.0332	0.0953	0.0000	-0.0148	0.0965	
BR-A3QF1F3	24263.7136	79.6848	230.0800	24263.6294	79.6848	230.1460	-0.0842	0.0000	0.0680	0.1070	
BR-A3QF1F4	24305.9471	79.1513	230.0100	24305.9166	79.1513	230.0550	-0.0305	0.0000	0.0450	0.0547	
BR-XSBUM4F1	24014.2556	80.6654	94.9089	24014.2563	80.6654	94.8544	0.0007	0.0000	-0.0545	0.0582	
BR-XSBUM4F2	24172.1687	80.7272	94.8988	24172.1594	80.7272	94.8027	-0.0993	0.0000	-0.0961	0.0968	
BR-XSBUM4F3	24028.7812	80.4537	95.0052	24028.7140	80.4537	95.0428	-0.0672	-0.0000	0.0376	0.0773	
BR-XSBUM4F4	24186.8725	80.5166	95.0237	24186.7796	80.5166	95.0431	-0.0929	-0.0000	0.0194	0.0950	
BR-XSCXW2F1	24038.9883	80.0598	132.5360	24038.9325	80.0598	132.5371	-0.0558	-0.0000	0.0011	0.0571	
BR-XSCXW2F2	24232.3578	80.1401	132.5500	24232.2986	80.1401	132.5468	-0.0592	0.0000	-0.0032	0.0614	
BR-XSCXW2F3	24283.6971	80.1599	82.4180	24283.5523	80.1599	82.4496	-0.1448	0.0000	0.0316	0.1493	
BR-XSCXW2F4	24283.6395	80.1599	-82.5530	24283.5725	80.1599	-82.5911	-0.0670	-0.0000	-0.0381	0.0778	
BR-A3BD1F1	24172.3567	77.8575	179.9918	24172.4698	77.8575	180.0452	0.1131	0.0000	0.0536	0.1260	
BR-A3BD1F2	24469.6347	77.9548	179.9957	24469.7716	77.9548	180.0246	0.1369	0.0000	0.0289	0.1400	
BR-A3BD1F3	24443.0098	76.5833	179.9778	24443.1809	76.5833	179.9554	0.1511	0.0000	-0.0222	0.1530	
BR-A3BD1F4	24653.1612	75.3063	180.0298	24653.2965	75.3063	179.9406	0.1353	-0.0000	-0.0892	0.1621	
BR-A3BD1F5	24358.1149	75.1775	179.9829	24358.2500	75.1775	179.9310	0.1351	0.0000	-0.0519	0.1449	
BR-A3CX1F1	24784.1576	72.1575	124.0000	24784.0831	72.1575	123.9991	-0.0745	0.0000	-0.0009	0.0747	
BR-A3CX1F2	24590.7414	72.0825	124.0000	24590.6853	72.0825	123.9404	-0.0561	0.0000	-0.0596	0.0841	
BR-A3CX1F3	24835.2887	72.1771	74.2130	24835.2996	72.1771	74.1485	0.1019	-0.0000	-0.0645	0.0854	
BR-A3CX1F4	24835.1574	72.1760	-74.3130	24835.4229	72.1760	-74.3128	0.2655	0.0000	0.0004	0.2656	
BR-A3CY1F1	24639.5580	74.1684	150.0000	24639.5484	74.1684	149.9510	-0.0096	-0.0000	-0.0490	0.0499	
BR-A3CY1F2	24475.9315	74.1204	150.1195	24476.0263	74.1204	150.0871	0.0948	0.0000	-0.0324	0.1009	
BR-A3CY1F3	24689.0913	74.1835	97.7708	24689.1714	74.1835	97.7069	0.0801	-0.0000	-0.0639	0.1033	
BR-A3CY1F4	24689.0913	74.1835	-97.9286	24689.1628	74.1835	-98.0127	0.0715	-0.0000	-0.0841	0.1112	
BR-A3QD1F1	24694.2248	70.7816	230.1291	24694.2327	70.7816	230.1071	0.0079	0.0000	-0.0220	0.0268	
BR-A3QD1F2	24652.0068	71.3067	230.0585	24652.0539	71.3067	230.0454	0.0533	0.0000	-0.0131	0.0585	
BR-A3QD1F3	24839.0132	71.3852	229.9498	24839.0925	71.3852	229.9095	0.0793	0.0000	-0.0401	0.0889	
BR-A3QD1F4	24880.9182	70.8639	229.9722	24880.9265	70.8639	229.9165	0.0083	-0.0000	-0.0557	0.0592	
BR-A3QG1F1	24539.7390	72.8633	230.0811	24539.8240	72.8633	230.0192	0.0850	-0.0000	-0.0819	0.1052	
BR-A3QG1F2	24505.8121	73.3948	230.0496	24505.8131	73.3948	229.9388	0.0010	0.0000	-0.1108	0.1113	
BR-A3QG1F3	24693.9800	73.4578	229.9569	24693.9828	73.4578	229.8081	0.0028	-0.0000	-0.1488	0.1500	
BR-A3QG1F4	24727.6204	72.9303	230.0075	24727.7055	72.9303	229.8996	0.0851	-0.0000	-0.1089	0.1384	
BR-A3BD2F1	25063.1547	65.9433	180.0113	25063.0915	65.9433	179.9857	-0.0632	0.0000	-0.0256	0.0716	
BR-A3BD2F2	25360.2094	66.0401	180.0073	25360.2019	66.0401	179.9408	-0.0075	0.0000	-0.0665	0.0689	
BR-A3BD2F3	25335.9189	64.7165	179.9819	25335.9041	64.7165	179.9119	-0.0148	0.0000	-0.0700	0.0718	
BR-A3BD2F4	25547.9490	63.4859	179.9931	25547.9686	63.4859	179.9590	0.0196	-0.0000	-0.0341	0.0407	
BR-A3BD2F5	25253.0301	63.3597	179.9943	25253.0745	63.3597	179.9975	0.0444	-0.0000	0.0032	0.0475	
BR-A3BF1F1	24765.9587	70.0880	166.0175	24765.8427	70.0880	166.0063	-0.1160	0.0000	-0.0112	0.1183	
BR-A3BF1F2	24943.3877	70.1590	166.0061	24943.2894	70.1590	166.0191	-0.0983	0.0000	0.0130	0.0998	
BR-A3BF1F3	24962.0409	68.8945	166.0352	24961.9323	68.8945	166.0204	-0.1086	0.0000	-0.0148	0.1103	
BR-A3BF1F4	25152.1154	67.7118	166.0258	25152.0212	67.7118	166.0349	-0.0942	0.0000	0.0091	0.0946	
BR-A3BF1F5	24976.1771	67.6240	166.0194	24976.0809	67.6240	166.0409	-0.0962	0.0000	0.0215	0.0995	
BR-A3CX2F1	25328.5862	62.8164	124.0050	25328.5306	62.8164	123.9872	-0.0556	0.0000	-0.0178	0.0620	
BR-A3CX2F2	25523.1781	62.8706	124.0000	25523.1203	62.8706	123.9847	-0.0578	0.0000	-0.0153	0.0606	
BR-A3CX2F3	25574.7925	62.8843	74.1850	25574.7577	62.8843	74.0716	-0.0348	-0.0000	-0.1134	0.1189	
BR-A3CX2F4	25574.8186	62.8846	-74.1510	25574.7000	62.8846	-74.1456	-0.1186	0.0000	0.0054	0.1187	
BR-A3SF1F1	25129.0035	66.8227	159.0300	25128.9683	66.8227	159.0626	-0.0352	0.0000	0.0326	0.0520	
BR-A3SF1F2	24994.2226	66.7613	79.6490	24994.2029	66.7613	79.6215	-0.0197	0.0000	-0.0275	0.0342	
BR-A3SF1F5	25264.0583	66.8865	79.5590	25264.0738	66.8865	79.5727	0.0155	0.0000	0.0137	0.0257	
BR-A3BD3F1	25563.8052	58.0973	180.0269	25563.8880	58.0973	180.0747	0.0828	-0.0000	0.0478	0.0972	
BR-A3BD3F2	25862.9287	58.1494	180.0117	25863.0175	58.1494	179.9434	0.0888	0.0000	-0.0683	0.1121	
BR-A3BD3F3	25800.2003	58.8561	180.0515	25800.2760	58.8561	180.0070	0.0757	0.0000	-0.0445	0.0893	
BR-A3BD3F4	25975.7253	55.6185	180.0113	25975.7862	55.6185	179.9975	0.0609	-0.0000	-0.0138	0.0630	
BR-A3BD3F5	25677.8227	55.5382	180.0266	25677.8735	55.5382	180.0070	0.0508	0.0000	-0.0196	0.0544	
BR-A3BF2F1	25394.7382	61.9548	166.0390	25394.6957	61.9548	166.0567	-0.0425	-0.0000	0.0177	0.0466	
BR-A3BF2F2	25573.6107	61.9996	166.0200	25573.5822	61.9996	166.0039	-0.0285	0.0000	-0.0161	0.0383	
BR-A3BF2F3	25558.4796	60.7650	166.0390	25558.5261	60.7650	165.9733	0.0465	-0.0000	-0.0657	0.0831	
BR-A3BF2F4	25716.5038	59.5852	166.0280	25716.5488	59.5852	165.9633	0.0430	-0.0000	-0.0647	0.0785	
BR-A3BF2F5	25538.5729	59.5239	166.0360	25538.6133	59.5239	166.0253	0.0404	0.0000	-0.0107	0.0444	
BR-A3CY2F1	25917.4970	55.0153	150.0480	25917.4749	55.0153	150.0402	-0.0221	0.0000	-0.0078	0.0253	

Part 1: Deviations of Key Elements

CYU ANALYSIS: Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A3CY2F2	25752.4529	54.9952	150.0510	25752.4543	54.9952	150.0611	0.0014	-0.0000	0.0101	0.0168
BR-A3CY2F3	25967.3073	55.0218	97.9920	25967.3103	55.0218	98.0094	0.0030	-0.0000	0.0174	0.0192
BR-A3CY2F4	25967.2983	55.0220	-97.9830	25967.2963	55.0220	-97.9931	-0.0020	0.0000	-0.0101	0.0170
BR-A3BD4F1	25839.7583	50.0862	180.0210	25839.7385	50.0862	180.0992	-0.0198	0.0000	0.0782	0.0836
BR-A3BD4F2	26139.7580	50.0947	180.0030	26139.7433	50.0947	180.1477	-0.0147	-0.0000	0.1447	0.1465
BR-A3BD4F3	26040.2504	48.8264	180.0510	26040.2128	48.8264	180.0963	-0.0376	0.0000	0.0453	0.0597
BR-A3BD4F4	26179.8232	47.5773	180.0160	26179.7923	47.5773	179.9964	-0.0309	-0.0000	-0.0196	0.0387
BR-A3BD4F5	25880.3212	47.5396	180.0280	25880.2610	47.5396	180.0171	-0.0602	0.0000	-0.0109	0.0635
BR-A3BF3F1	25777.5971	54.1380	166.0300	25777.5232	54.1380	166.0176	-0.0739	0.0000	-0.0124	0.0750
BR-A3BF3F2	25957.3426	54.1554	166.0400	25957.3237	54.1554	166.0401	-0.0189	-0.0000	0.0001	0.0275
BR-A3BF3F3	25905.6475	52.9432	166.0810	25905.5878	52.9432	166.0826	-0.0597	-0.0000	0.0016	0.0632
BR-A3BF3F4	26027.8427	51.7575	166.0510	26027.7902	51.7575	166.1236	-0.0525	-0.0000	0.0726	0.0907
BR-A3BF3F5	25848.5089	51.7235	166.0400	25848.4616	51.7235	166.0535	-0.0453	0.0000	0.0135	0.0480
BR-A3SD1F1	25955.3606	50.9099	158.9787	25955.4035	50.9099	159.0052	0.0429	-0.0000	0.0285	0.0541
BR-A3SD1F2	25817.7071	50.8874	79.4160	25817.7119	50.8874	79.4086	0.0048	0.0000	-0.0074	0.0174
BR-A3SD1F5	26092.5276	50.9314	79.3748	26092.5230	50.9314	79.3702	-0.0046	0.0000	-0.0046	0.0181
BR-A3BF4F1	25939.4910	46.2070	166.0147	25939.4804	46.2070	165.9986	-0.0308	-0.0000	-0.0161	0.0348
BR-A3BF4F2	26119.5111	46.1986	166.0063	26119.4614	46.1986	165.9942	-0.0497	-0.0000	-0.0121	0.0544
BR-A3BF4F3	26032.2742	45.0032	166.0167	26032.2454	45.0032	165.9901	-0.0288	-0.0000	-0.0266	0.0431
BR-A3BF4F4	26119.2700	43.8075	166.0197	26119.3038	43.8075	165.9855	0.0338	0.0000	-0.0342	0.0496
BR-A3BF4F5	25939.3213	43.7993	166.0343	25939.3217	43.7993	165.9821	0.0004	-0.0000	-0.0522	0.0543
BR-A3BD5F1	25879.9399	42.4692	180.0607	25879.8841	42.4692	180.0464	-0.0558	-0.0000	-0.0143	0.0592
BR-A3BD5F2	26179.5916	42.4316	180.0395	26179.5412	42.4316	180.0786	-0.0504	-0.0000	0.0391	0.0646
BR-A3BD5F3	26039.8731	41.1822	180.0182	26039.8467	41.1822	180.0129	-0.0264	-0.0000	-0.0053	0.0316
BR-A3BD5F4	26139.4859	39.9138	179.9516	26139.5124	39.9138	179.8991	0.0265	0.0000	-0.0525	0.0591
BR-A3BD5F5	25839.3847	39.9222	179.9618	25839.3873	39.9222	179.8780	0.0026	-0.0000	-0.0838	0.0840
BR-A3BF5F1	25848.0359	38.2831	166.0778	25848.0649	38.2831	165.9480	0.0290	0.0000	-0.1298	0.1334
BR-A3BF5F2	26027.5300	38.2490	166.0369	26027.5397	38.2490	165.9082	0.0097	-0.0000	-0.1287	0.1308
BR-A3BF5F3	25905.2640	37.0633	166.0067	25905.2566	37.0633	165.9281	-0.0074	0.0000	-0.0786	0.0794
BR-A3BF5F4	25957.0638	35.8512	165.9695	25957.0365	35.8512	165.9730	-0.0273	0.0000	0.0035	0.0332
BR-A3BF5F5	25777.1215	35.8685	166.0017	25777.1099	35.8685	165.9875	-0.0126	0.0000	-0.0142	0.0253
BR-A3SD2F1	25954.7703	39.0937	158.9800	25954.7146	39.0937	159.0148	-0.0557	-0.0000	0.0348	0.0857
BR-A3SD2F2	25817.0764	39.1140	79.3050	25817.1975	39.1140	79.2672	0.1211	-0.0000	-0.0378	0.1269
BR-A3SD2F5	26091.9945	39.0712	79.8870	26091.9142	39.0712	79.8474	-0.0803	-0.0000	-0.0396	0.0901
BR-A3BD6F1	25677.0880	34.4689	180.0569	25677.1297	34.4689	180.0483	0.0417	-0.0000	-0.0086	0.0468
BR-A3BD6F2	25975.0692	34.3890	180.0237	25975.0885	34.3890	179.9940	0.0193	0.0000	-0.0297	0.0384
BR-A3BD6F3	25799.7176	33.1513	180.0245	25799.7057	33.1513	179.9427	-0.0119	0.0000	-0.0818	0.0839
BR-A3BD6F4	25862.6591	31.8586	179.9412	25862.6256	31.8586	179.8621	-0.0335	0.0000	-0.0791	0.0863
BR-A3BD6F5	25563.5316	31.9096	180.0007	25563.3956	31.9096	179.8706	-0.1360	0.0000	-0.1301	0.1884
BR-A3BF6F1	25537.7843	30.4823	166.0279	25537.7403	30.4823	165.9449	-0.0440	-0.0000	-0.0830	0.0940
BR-A3BF6F2	25715.7693	30.4209	166.0038	25715.7396	30.4209	165.9364	-0.0297	-0.0000	-0.0674	0.0746
BR-A3BF6F4	25572.7839	28.0065	166.0316	25572.8051	28.0065	166.0789	0.0212	-0.0000	0.0473	0.0531
BR-A3BF6F5	25393.7700	28.0513	166.0315	25393.7750	28.0513	166.0560	0.0050	0.0000	0.0245	0.0257
BR-A3CY3F1	25916.8926	34.9902	150.1120	25916.8906	34.9902	150.1441	-0.0020	0.0000	0.0321	0.0369
BR-A3CY3F2	25751.8700	35.0119	150.0030	25751.8090	35.0119	150.0372	-0.0610	0.0000	0.0342	0.0729
BR-A3CY3F3	25966.7969	34.9843	97.9570	25966.7881	34.9843	98.0436	-0.0088	-0.0000	0.0866	0.0873
BR-A3CY3F4	25966.7699	34.9842	-97.9920	25966.9464	34.9842	-97.9969	0.1765	0.0000	-0.0049	0.1775
BR-A3BD7F1	25252.3307	26.6484	180.0360	25252.3273	26.6484	180.0132	-0.0034	0.0000	-0.0228	0.0232
BR-A3BD7F2	25547.0616	26.5225	179.9960	25547.0854	26.5225	180.0167	0.0238	0.0000	0.0207	0.0318
BR-A3BD7F3	25335.0778	25.2919	180.0080	25335.0717	25.2919	180.0927	-0.0061	-0.0000	0.0847	0.0866
BR-A3BD7F4	25359.4462	23.9683	180.0060	25359.3586	23.9683	180.1711	-0.0876	-0.0000	0.1651	0.1876
BR-A3BD7F5	25062.4837	24.0651	180.0240	25062.3953	24.0651	180.1424	-0.0884	0.0000	0.1184	0.1493
BR-A3BF7F1	24975.0687	22.3827	165.9650	24975.0822	22.3827	166.0284	0.0135	0.0000	0.0634	0.0680
BR-A3BF7F2	25151.0282	22.2949	166.0030	25151.0481	22.2949	166.0361	0.0199	0.0000	0.0331	0.0420
BR-A3BF7F3	24960.8338	21.1122	166.1510	24960.8802	21.1122	166.2236	0.0464	0.0000	0.0726	0.0872
BR-A3BF7F4	24942.1474	19.8476	166.0930	24942.1649	19.8476	166.1020	0.0175	-0.0000	0.0090	0.0205
BR-A3BF7F5	24764.6859	19.9187	166.0540	24764.6905	19.9187	166.0612	0.0046	0.0000	0.0072	0.0222
BR-A3CX3F1	25522.0236	27.1360	124.0120	25522.0530	27.1360	124.0134	0.0294	-0.0000	0.0014	0.0323
BR-A3CX3F2	25327.9880	27.1903	124.0170	25327.9552	27.1903	124.1232	-0.0328	-0.0000	0.1062	0.1120
BR-A3CX3F3	25573.7831	27.1216	73.8810	25573.8568	27.1216	73.8639	0.0737	-0.0000	-0.0171	0.0760
BR-A3CX3F4	25573.9736	27.1224	-73.8710	25573.8736	27.1224	-73.9566	-0.1000	-0.0000	-0.0856	0.1318
BR-A3SF2F1	25128.0549	23.1820	159.0467	25128.0780	23.1820	159.0451	0.0231	0.0000	-0.0016	0.0233
BR-A3SF2F2	24993.2114	23.2463	79.6908	24993.2037	23.2463	79.7327	-0.0077	-0.0000	0.0419	0.0460
BR-A3SF2F5	25262.8709	23.1196	79.6782	25262.9300	23.1196	79.7029	0.0591	0.0000	0.0247	0.0641
BR-A3BD8F1	24356.7772	14.8301	180.0639	24356.7374	14.8301	180.0787	-0.0398	-0.0000	0.0148	0.0426
BR-A3BD8F2	24651.7473	14.7015	180.0772	24651.7804	14.7015	180.0898	0.0131	0.0000	-0.0074	0.0255
BR-A3BD8F3	24441.5164	13.4245	180.0330	24441.5441	13.4245	179.9778	0.0277	-0.0000	-0.0552	0.0618
BR-A3BD8F4	24468.3233	12.0528	179.9671	24468.3218	12.0528	179.9546	-0.0015	0.0000	-0.0125	0.0217
BR-A3BD8F5	24170.9855	12.1498	179.9248	24170.0140	12.1498	179.9057	0.0285	0.0000	-0.0191	0.0343
BR-A3CY4F1	24638.0188	15.8363	150.1371	24638.0477	15.8363	150.1421	0.0289	-0.0000	0.0050	0.0364
BR-A3CY4F2	24474.3393	15.8873	150.0099	24474.3502	15.8873	149.9975	0.0109	-0.0000	-0.0124	0.0176
BR-A3CY4F3	24687.6894	15.8217	98.0971	24687.7281	15.8217	98.0547	0.0387	-0.0000	-0.0424	0.0594

Part 1: Deviations of Key Elements

Vector Group										
CYU ANALYSIS: Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A3CY4F4	24687.7078	15.8227	-97.9959	24687.7480	15.8227	-98.0234	0.0402	0.0000	-0.0275	0.0504
BR-A3QD2F1	24650.9043	18.6996	230.1957	24650.8520	18.6996	230.1936	-0.0523	0.0000	-0.0021	0.0526
BR-A3QD2F2	24693.1780	19.2247	230.1407	24693.1922	19.2247	230.1733	0.0142	0.0000	0.0326	0.0356
BR-A3QD2F3	24879.9242	19.1422	229.9611	24879.8843	19.1422	229.9619	-0.0399	0.0000	0.0008	0.0411
BR-A3QD2F4	24837.9191	18.6210	229.9798	24837.8741	18.6210	230.0010	-0.0450	0.0000	0.0212	0.0500
BR-A3QG2F1	24504.7026	16.6108	230.1519	24504.6473	16.6108	230.1277	-0.0533	0.0000	-0.0242	0.0612
BR-A3QG2F2	24538.4280	17.1424	230.1064	24538.3620	17.1424	230.0725	-0.0660	-0.0000	-0.0339	0.0744
BR-A3QG2F3	24726.2952	17.0752	229.9610	24726.2254	17.0752	229.9374	-0.0698	-0.0000	-0.0236	0.0738
BR-A3QG2F4	24692.7845	16.5476	230.0093	24692.7581	16.5476	229.9869	-0.0264	0.0000	-0.0224	0.0352
BR-A3QF2F1	24074.4053	10.3981	230.0591	24074.4383	10.3981	230.0392	0.0330	-0.0000	-0.0199	0.0425
BR-A3QF2F2	24116.9845	10.9356	230.0285	24117.0442	10.9356	230.0200	0.0597	-0.0000	-0.0085	0.0604
BR-A3QF2F3	24303.6047	10.8507	230.1350	24303.6737	10.8507	230.1154	0.0690	-0.0000	-0.0196	0.0719
BR-A3QF2F4	24261.3930	10.3172	230.1705	24261.4182	10.3172	230.1507	0.0252	0.0000	-0.0198	0.0328
BR-CSCX1F1	24037.3553	9.9430	132.5350	24037.3343	9.9430	132.4956	-0.0210	-0.0000	-0.0394	0.0456
BR-CSCX1F2	24230.2809	9.8623	132.5540	24230.2155	9.8623	132.5191	-0.0654	0.0000	-0.0349	0.0767
BR-CSCX1F3	24281.5321	9.8406	82.3010	24281.5222	9.8406	82.2160	-0.0099	0.0000	-0.0850	0.0858
BR-CSCX1F4	24281.4914	9.8390	-82.5420	24281.4583	9.8390	-82.5653	-0.0331	0.0000	-0.0233	0.0427
BR-A4QF1F1	24117.3038	-10.9353	230.1147	24117.3085	-10.9353	230.1002	0.0047	-0.0000	-0.0145	0.0179
BR-A4QF1F2	24074.6688	-10.3979	230.0909	24074.6511	-10.3979	230.0575	-0.0177	-0.0000	-0.0334	0.0385
BR-A4QF1F3	24261.6515	-10.3168	229.9982	24261.6470	-10.3168	230.0059	-0.0045	0.0000	0.0097	0.0181
BR-A4QF1F4	24303.8954	-10.8503	230.0015	24303.9115	-10.8503	230.0275	0.0161	0.0000	0.0260	0.0307
BR-CSCX2F1	24037.3163	-9.9428	132.5379	24037.2756	-9.9428	132.5721	-0.0407	-0.0000	0.0342	0.0531
BR-CSCX2F2	24230.3682	-9.8627	132.5361	24230.3613	-9.8627	132.5477	-0.0069	0.0000	0.0116	0.0209
BR-CSCX2F3	24281.5804	-9.8413	82.5121	24281.5957	-9.8413	82.5211	0.0153	0.0000	0.0090	0.0208
BR-CSCX2F4	24281.6267	-9.8416	-82.3809	24281.6497	-9.8416	-82.4373	0.0230	-0.0000	-0.0564	0.0625
BR-A4BD1F1	24171.0010	-12.1484	180.0066	24170.9992	-12.1484	179.9742	-0.0018	-0.0000	-0.0324	0.0326
BR-A4BD1F2	24468.2084	-12.0510	180.0254	24468.2570	-12.0510	180.0311	0.0486	0.0000	0.0057	0.0493
BR-A4BD1F3	24441.5483	-13.4228	179.9619	24441.5574	-13.4228	179.9311	0.0091	0.0000	-0.0308	0.0331
BR-A4BD1F4	24651.9241	-14.6997	179.9950	24651.8907	-14.6997	179.9958	-0.0334	0.0000	0.0008	0.0344
BR-A4BD1F5	24356.8796	-14.8287	179.9840	24356.8577	-14.8287	179.9771	-0.0219	-0.0000	-0.0069	0.0260
BR-A4CY1F1	24638.1439	-15.8381	150.0021	24638.1274	-15.8381	150.0055	-0.0165	-0.0000	0.0034	0.0258
BR-A4CY1F2	24474.6233	-15.8877	150.0750	24474.6005	-15.8877	150.0819	-0.0228	0.0000	0.0069	0.0251
BR-A4CY1F3	24687.7136	-15.8232	97.8961	24687.7222	-15.8232	97.8883	0.0086	-0.0000	-0.0078	0.0235
BR-A4CY1F4	24687.6971	-15.8226	-98.0449	24687.7602	-15.8226	-98.0593	0.0631	-0.0000	-0.0144	0.0650
BR-A4QD1F1	24693.0505	-19.2247	230.1174	24692.9680	-19.2247	230.1073	-0.0845	-0.0000	-0.0101	0.0871
BR-A4QD1F2	24650.8628	-18.6996	230.0580	24650.8874	-18.6996	230.0525	0.0246	0.0000	-0.0055	0.0290
BR-A4QD1F3	24837.8566	-18.6212	229.9454	24837.8908	-18.6212	229.9242	0.0342	-0.0000	-0.0212	0.0409
BR-A4QD1F4	24879.7292	-19.1424	229.9852	24879.6852	-19.1424	229.9808	-0.0440	0.0000	-0.0244	0.0504
BR-A4QG1F1	24538.9891	-17.1419	230.2888	24538.9507	-17.1419	230.2918	-0.0384	0.0000	0.0030	0.0402
BR-A4QG1F2	24505.1572	-16.6105	230.2680	24505.0996	-16.6105	230.2681	-0.0576	0.0000	0.0001	0.0582
BR-A4QG1F3	24693.2567	-16.5477	229.7939	24693.2104	-16.5477	229.7947	-0.0463	0.0000	0.0008	0.0463
BR-A4QG1F4	24726.8266	-17.0752	229.8047	24726.7763	-17.0752	229.8006	-0.0503	-0.0000	-0.0041	0.0542
BR-A4BD2F1	25062.0774	-24.0630	180.1706	25062.1113	-24.0630	180.2084	0.0339	-0.0000	0.0378	0.0508
BR-A4BD2F2	25359.1397	-23.9658	180.1260	25359.1497	-23.9658	180.1994	0.0100	0.0000	0.0724	0.0757
BR-A4BD2F3	25334.8569	-25.2896	180.1893	25334.8807	-25.2896	180.2301	0.0238	0.0000	0.0408	0.0473
BR-A4BD2F4	25547.0515	-26.5201	180.1707	25547.0934	-26.5201	180.1926	0.0419	-0.0000	0.0219	0.0498
BR-A4BD2F5	25252.2630	-26.6464	180.1975	25252.3350	-26.6464	180.2044	0.0720	-0.0000	0.0069	0.0736
BR-A4BF1F1	24764.6761	-19.9183	166.0270	24764.6629	-19.9183	166.0189	-0.0132	0.0000	-0.0081	0.0241
BR-A4BF1F2	24942.0746	-19.8473	166.0174	24942.0709	-19.8473	166.0259	-0.0037	0.0000	0.0085	0.0158
BR-A4BF1F3	24960.8360	-21.1119	166.1205	24960.9508	-21.1119	166.9999	0.1148	-0.0000	-0.1206	0.1670
BR-A4BF1F4	25151.0320	-22.2948	166.0093	25151.1154	-22.2948	166.0347	0.0834	-0.0000	0.0254	0.0874
BR-A4BF1F5	24975.1157	-22.3826	166.0097	24975.1833	-22.3826	166.0130	0.0676	-0.0000	0.0033	0.0677
BR-A4CX1F1	25327.9515	-27.1910	124.0880	25327.9172	-27.1910	124.1226	-0.0343	-0.0000	0.0346	0.0494
BR-A4CX1F2	25522.4390	-27.1364	124.0790	25522.4139	-27.1364	124.1098	-0.0251	-0.0000	0.0308	0.0407
BR-A4CX1F3	25573.8734	-27.1220	73.9440	25573.8420	-27.1220	73.9914	-0.0314	0.0000	0.0474	0.0582
BR-A4CX1F4	25573.9500	-27.1225	-74.2600	25573.9656	-27.1225	-74.2330	0.0156	-0.0000	0.0270	0.0350
BR-A4SF1F1	25127.8802	-23.1827	159.0208	25127.8698	-23.1827	159.9736	-0.0104	0.0000	-0.0472	0.0485
BR-A4SF1F4	25263.1237	-23.1210	-79.4358	25263.3244	-23.1210	-79.4043	0.2007	0.0000	0.0315	0.2032
BR-A4SF1F5	25263.0222	-23.1195	79.3379	25263.0846	-23.1195	79.3692	0.0624	-0.0000	0.0313	0.0714
BR-A4BD3F1	25562.8251	-31.9094	180.0595	25562.6525	-31.9094	180.1177	-0.1726	-0.0000	0.0582	0.1822
BR-A4BD3F2	25861.9176	-31.8582	180.0265	25861.9366	-31.8582	179.9948	0.0190	0.0000	-0.0317	0.0370
BR-A4BD3F3	25799.2561	-33.1506	180.0847	25799.1912	-33.1506	180.0757	-0.0649	-0.0000	-0.0090	0.0655
BR-A4BD3F4	25974.9719	-34.3881	180.0496	25974.9079	-34.3881	180.0707	-0.0640	-0.0000	0.0211	0.0674
BR-A4BD3F5	25677.1764	-34.4688	179.9951	25677.0906	-34.4688	179.9820	-0.0858	-0.0000	-0.0131	0.0875
BR-A4BF2F1	25393.7818	-28.0517	166.0261	25393.8021	-28.0517	166.0247	0.0203	0.0000	-0.0014	0.0269
BR-A4BF2F2	25572.8935	-28.0069	166.0376	25572.6985	-28.0069	166.0446	0.0050	-0.0000	0.0070	0.0090
BR-A4BF2F3	25557.8234	-29.2414	166.0765	25557.7417	-29.2414	166.0343	-0.0817	0.0000	-0.0422	0.0922
BR-A4BF2F4	25715.6728	-30.4213	166.0408	25715.6107	-30.4213	166.0065	-0.0621	0.0000	-0.0343	0.0715
BR-A4BF2F5	25537.7034	-30.4828	166.0707	25537.6361	-30.4828	166.0175	-0.0673	-0.0000	-0.0532	0.0877
BR-A4CY2F1	25916.9205	-34.9909	150.1070	25916.9427	-34.9909	150.1059	0.0222	0.0000	-0.0011	0.0254
BR-A4CY2F2	25752.0225	-35.0126	150.1100	25752.0712	-35.0126	150.1029	0.0487	0.0000	-0.0071	0.0519
BR-A4CY2F3	25966.8143	-34.9845	97.9820	25966.8459	-34.9845	97.9780	0.0318	0.0000	-0.0040	0.0336

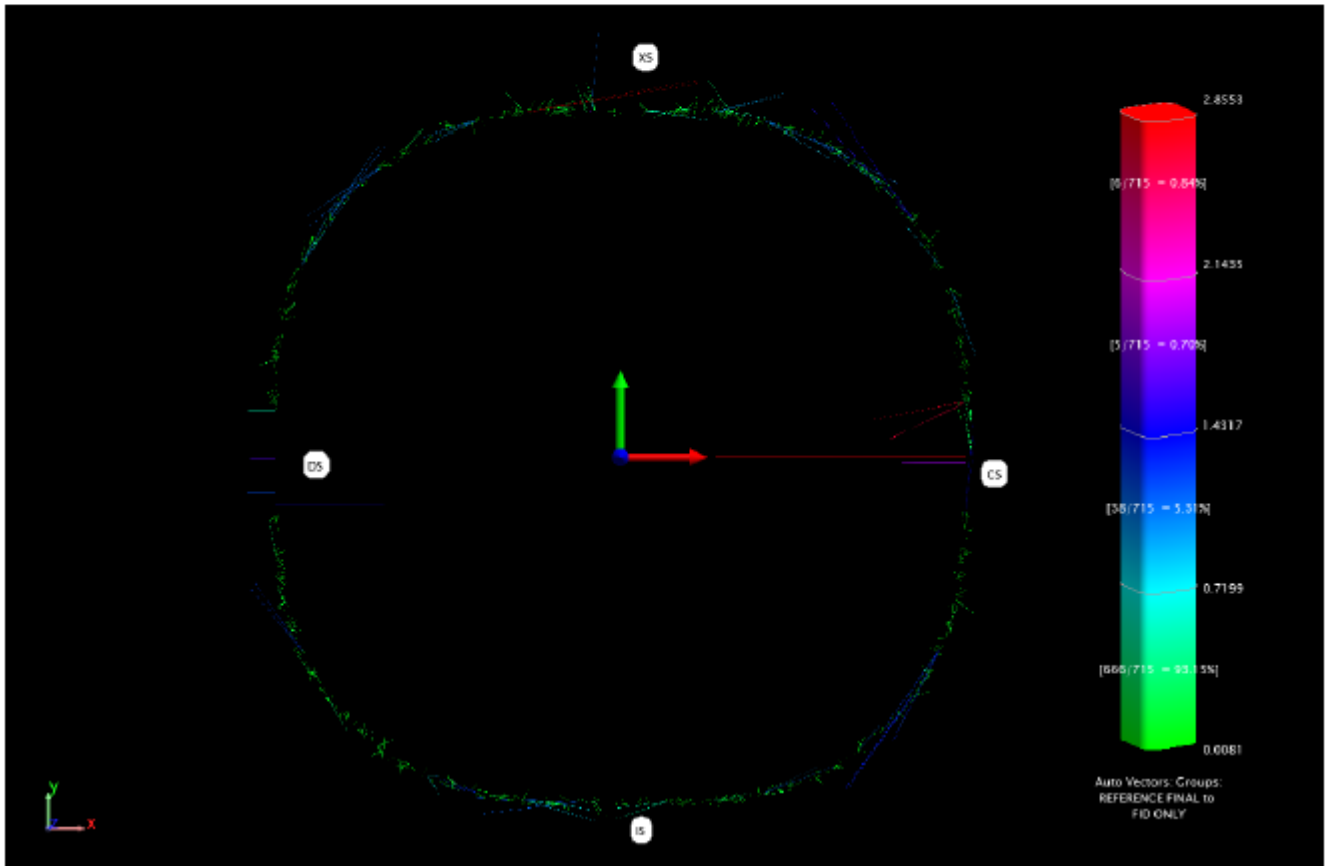
Part 1: Deviations of Key Elements

Vector Group										
CYU ANALYSIS: Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A4CY2F4	25966.8238	-34.9847	-97.9590	25966.8372	-34.9847	-97.9997	0.0134	-0.0000	-0.0407	0.0470
BR-A4BD4F1	25839.4406	-39.9210	180.0220	25839.4392	-39.9210	179.8852	-0.0014	0.0000	-0.1368	0.1375
BR-A4BD4F2	26139.4511	-39.9122	180.0050	26139.4570	-39.9122	179.9130	0.0059	0.0000	-0.0920	0.0935
BR-A4BD4F3	26039.9405	-41.1807	180.0250	26039.9339	-41.1807	180.0266	-0.0066	0.0000	0.0016	0.0101
BR-A4BD4F4	26179.7682	-42.4296	180.0220	26179.8017	-42.4296	180.0276	0.0335	0.0000	0.0056	0.0371
BR-A4BD4F5	25880.2864	-42.4676	180.0220	25880.3275	-42.4676	180.0168	0.0411	-0.0000	-0.0052	0.0415
BR-A4BF3F1	25777.0506	-35.8687	166.0280	25777.0588	-35.8687	166.0233	0.0082	-0.0000	-0.0047	0.0096
BR-A4BF3F2	25956.8777	-35.8512	166.0040	25956.9238	-35.8512	166.0170	0.0461	0.0000	0.0130	0.0496
BR-A4BF3F3	25905.1778	-37.0635	165.9930	25905.1565	-37.0635	165.9374	-0.0213	0.0000	-0.0556	0.0596
BR-A4BF3F4	26027.2061	-38.2491	166.0280	26027.1686	-38.2491	165.9744	-0.0375	-0.0000	-0.0536	0.0666
BR-A4BF3F5	25847.8001	-38.2831	166.0440	25847.7274	-38.2831	165.9970	-0.0727	-0.0000	-0.0470	0.0875
BR-A4SD1F1	25954.7765	-39.0977	158.9533	25954.8033	-39.0977	158.9344	0.0268	0.0000	-0.0189	0.0373
BR-A4SD1F2	25817.2520	-39.1191	79.1932	25817.2777	-39.1191	79.2035	0.0257	0.0000	0.0103	0.0278
BR-A4SD1F5	26092.2231	-39.0763	79.5095	26092.3226	-39.0763	79.4102	0.0995	-0.0000	-0.0993	0.1407
BR-A4BF4F1	25939.4670	-43.7992	166.0349	25939.4607	-43.7992	166.0540	-0.0063	0.0000	0.0191	0.0203
BR-A4BF4F2	26119.4032	-43.8075	166.0327	26119.4307	-43.8075	166.0242	0.0275	0.0000	-0.0085	0.0295
BR-A4BF4F3	26032.2716	-45.0031	166.0683	26032.2898	-45.0031	166.0444	0.0182	0.0000	-0.0239	0.0304
BR-A4BF4F4	26119.4173	-46.1987	166.0329	26119.4055	-46.1987	166.0575	-0.0118	0.0000	0.0246	0.0278
BR-A4BF4F5	25939.4566	-46.2070	166.0595	25939.4670	-46.2070	166.0526	0.0104	-0.0000	-0.0069	0.0127
BR-A4BD5F1	25879.9852	-47.5375	180.0202	25879.9707	-47.5375	180.0230	-0.0145	-0.0000	0.0028	0.0164
BR-A4BD5F2	26179.6680	-47.5750	179.9871	26179.6626	-47.5750	179.9783	-0.0054	0.0000	-0.0088	0.0104
BR-A4BD5F3	26040.2376	-48.8240	180.0798	26040.2568	-48.8240	180.0826	0.0192	0.0000	0.0028	0.0195
BR-A4BD5F4	26139.8117	-50.0925	180.0265	26139.8728	-50.0925	179.9907	0.0611	0.0000	-0.0358	0.0709
BR-A4BD5F5	25839.8539	-50.0840	180.0128	25839.6978	-50.0840	179.9890	0.0439	0.0000	-0.0238	0.0545
BR-A4BF5F1	25848.4441	-51.7236	166.0760	25848.4269	-51.7236	165.9871	-0.0172	-0.0000	-0.1089	0.1110
BR-A4BF5F2	26027.8689	-51.7576	166.0210	26027.8713	-51.7576	165.9254	0.0024	0.0000	-0.0956	0.0968
BR-A4BF5F3	25905.7060	-52.9433	166.0027	25905.7187	-52.9433	165.9173	0.0127	-0.0000	-0.0854	0.0866
BR-A4BF5F4	25957.4783	-54.1555	165.9702	25957.5058	-54.1555	165.9519	0.0275	0.0000	-0.0183	0.0337
BR-A4BF5F5	25777.5665	-54.1381	165.9720	25777.5654	-54.1381	165.9467	-0.0011	-0.0000	-0.0253	0.0300
BR-A4SD2F1	25954.8680	-50.9127	159.0010	25954.8045	-50.9127	159.0107	-0.0635	-0.0000	0.0097	0.0644
BR-A4SD2F4	26092.4975	-50.9347	-79.4720	26092.4008	-50.9347	-79.4943	-0.0967	-0.0000	-0.0223	0.0993
BR-A4SD2F5	26092.3608	-50.9352	79.4190	26092.2824	-50.9352	79.4074	-0.0784	0.0000	-0.0116	0.0807
BR-A4BD6F1	25677.8897	-55.5378	180.0438	25677.7359	-55.5378	179.9882	0.0462	0.0000	-0.0556	0.0723
BR-A4BD6F2	25975.4854	-55.6177	179.9885	25975.5281	-55.6177	179.9359	0.0427	0.0000	-0.0526	0.0680
BR-A4BD6F3	25800.3154	-56.8554	180.0616	25800.3814	-56.8554	180.0010	0.0460	0.0000	-0.0806	0.0784
BR-A4BD6F4	25863.3282	-58.1481	180.0368	25863.3626	-58.1481	179.9862	0.0344	-0.0000	-0.0506	0.0639
BR-A4BD6F5	25564.1532	-58.0973	180.0557	25564.1596	-58.0973	180.0112	0.0064	-0.0000	-0.0445	0.0470
BR-A4BF6F1	25538.4162	-59.5239	166.0680	25538.4359	-59.5239	166.0027	0.0197	0.0000	-0.0853	0.0882
BR-A4BF6F2	25716.3583	-59.5851	166.0650	25716.3667	-59.5851	166.0073	0.0084	0.0000	-0.0577	0.0595
BR-A4BF6F3	25558.5967	-60.7650	166.0430	25558.5887	-60.7650	165.9928	-0.0080	0.0000	-0.0502	0.0524
BR-A4BF6F4	25573.7687	-61.9994	165.9810	25573.7436	-61.9994	166.0005	-0.0251	0.0000	0.0195	0.0318
BR-A4BF6F5	25394.8483	-61.9548	165.9740	25394.8322	-61.9548	165.9660	-0.0161	0.0000	-0.0080	0.0198
BR-A4CY3F1	25917.3951	-55.0162	150.0870	25917.4182	-55.0162	150.0459	0.0231	0.0000	-0.0411	0.0493
BR-A4CY3F2	25752.4342	-54.9948	150.0870	25752.4901	-54.9948	150.0512	0.0559	-0.0000	-0.0358	0.0666
BR-A4CY3F3	25967.3008	-55.0220	98.0910	25967.3244	-55.0220	98.0388	0.0236	0.0000	-0.0522	0.0585
BR-A4CY3F4	25967.3237	-55.0221	-97.8500	25967.3980	-55.0221	-97.8419	0.0723	0.0000	0.0081	0.0757
BR-A4BD7F1	25253.0176	-63.3587	180.0050	25253.0438	-63.3587	179.9514	0.0262	-0.0000	-0.0536	0.0609
BR-A4BD7F2	25547.9210	-63.4845	180.0030	25547.9551	-63.4845	179.9650	0.0341	0.0000	-0.0380	0.0511
BR-A4BD7F3	25335.9716	-64.7151	179.9620	25335.9991	-64.7151	179.9415	0.0275	-0.0000	-0.0205	0.0343
BR-A4BD7F4	25360.4407	-66.0387	179.9970	25360.4420	-66.0387	180.0026	0.0013	0.0000	0.0056	0.0135
BR-A4BD7F5	25063.3307	-65.9420	179.9920	25063.3188	-65.9420	179.9990	-0.0139	0.0000	0.0070	0.0174
BR-A4BF7F1	24976.3206	-67.6235	166.0459	24976.2774	-67.6235	165.9852	-0.0432	0.0000	-0.0607	0.0756
BR-A4BF7F2	25152.2639	-67.7114	166.0682	25152.2631	-67.7114	165.9855	-0.0008	-0.0000	-0.0827	0.0847
BR-A4BF7F3	24962.1625	-68.8943	166.0702	24962.1586	-68.8943	166.0012	-0.0039	-0.0000	-0.0690	0.0691
BR-A4BF7F4	24943.3934	-70.1587	165.9920	24943.3824	-70.1587	165.9584	-0.0110	0.0000	-0.0336	0.0357
BR-A4BF7F5	24765.9204	-70.0878	165.9647	24765.9072	-70.0878	165.9371	-0.0132	0.0000	-0.0276	0.0309
BR-A4CX2F1	25523.0857	-62.8705	124.0680	25523.0981	-62.8705	124.1344	0.0124	-0.0000	0.0684	0.0700
BR-A4CX2F2	25328.5307	-62.8157	124.0280	25328.4911	-62.8157	124.0550	-0.0396	-0.0000	0.0270	0.0479
BR-A4CX2F3	25574.7929	-62.8836	74.2310	25574.6443	-62.8836	74.3683	-0.1486	-0.0000	0.1373	0.2030
BR-A4CX2F4	25574.7480	-62.8838	-74.2690	25574.7036	-62.8838	-74.1707	-0.0444	-0.0000	0.0983	0.1085
BR-A4SF2F1	25128.9256	-66.8238	159.0210	25129.0020	-66.8238	159.0153	0.0764	0.0000	-0.0057	0.0767
BR-A4SF2F4	25264.1421	-66.8860	-79.5340	25264.1070	-66.8860	-79.6182	-0.0351	-0.0000	-0.0842	0.0913
BR-A4SF2F5	25264.1590	-66.8856	79.4700	25264.1989	-66.8856	79.4328	0.0399	0.0000	-0.0372	0.0567
BR-A4BD8F1	24358.3105	-75.1759	180.0100	24358.3027	-75.1759	180.0365	-0.0078	-0.0000	0.0265	0.0293
BR-A4BD8F2	24653.4184	-75.3044	180.0020	24653.4249	-75.3044	180.0067	0.0065	-0.0000	0.0047	0.0170
BR-A4BD8F3	24443.2358	-76.5816	180.0070	24443.2368	-76.5816	179.9931	0.0010	-0.0000	-0.0139	0.0188
BR-A4BD8F4	24470.0762	-77.9531	180.0070	24470.0193	-77.9531	179.9972	-0.0569	0.0000	-0.0098	0.0593
BR-A4BD8F5	24172.7318	-77.8561	180.0060	24172.6933	-77.8561	180.0094	-0.0385	-0.0000	0.0034	0.0425
BR-A4CX3F1	24590.8396	-72.0821	124.0220	24590.8311	-72.0821	124.0643	-0.0085	0.0000	0.0423	0.0443
BR-A4CX3F2	24784.1468	-72.1570	124.0460	24784.1993	-72.1570	124.0737	0.0525	0.0000	0.0277	0.0597
BR-A4CX3F3	24835.3453	-72.1769	74.3210	24835.3659	-72.1769	74.3739	0.0206	-0.0000	0.0529	0.0605
BR-A4CX3F4	24835.3545	-72.1768	-74.4330	24835.4095	-72.1768	-74.3892	0.0550	0.0000	0.0438	0.0704

Part 1: Deviations of Key Elements

Vector Group										
CYU ANALYSIS: Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID WO BEAM DIRECTION VECTOR WO DS CS AND BPM										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A4CY4F1	24639.4066	-74.1694	150.1400	24639.3968	-74.1684	150.1878	-0.0098	-0.0000	0.0478	0.0496
BR-A4CY4F2	24475.8328	-74.1182	150.0400	24475.7792	-74.1182	149.9946	-0.0536	-0.0000	-0.0454	0.0710
BR-A4CY4F3	24689.1549	-74.1832	97.9500	24689.1596	-74.1832	98.0203	0.0047	-0.0000	0.0703	0.0734
BR-A4CY4F4	24689.1984	-74.1826	-98.1040	24689.2687	-74.1826	-98.0018	0.0703	0.0000	0.1022	0.1258
BR-A4QD2F1	24652.1165	-71.3060	230.1577	24652.1547	-71.3060	230.1605	0.0382	0.0000	0.0028	0.0420
BR-A4QD2F2	24694.3213	-70.7811	230.1125	24694.4036	-70.7811	230.0952	0.0823	-0.0000	-0.0173	0.0864
BR-A4QD2F3	24880.9749	-70.8634	229.9693	24881.0300	-70.8634	229.9782	0.0551	-0.0000	0.0089	0.0582
BR-A4QD2F4	24839.0872	-71.3846	230.0161	24839.1228	-71.3846	230.0435	0.0356	0.0000	0.0274	0.0471
BR-A4QG2F1	24505.9033	-73.3951	230.0488	24505.8970	-73.3951	230.0402	-0.0063	-0.0000	-0.0084	0.0178
BR-A4QG2F2	24539.7336	-72.8635	229.9899	24539.7094	-72.8635	229.9532	-0.0242	0.0000	-0.0367	0.0453
BR-A4QG2F3	24727.5715	-72.9304	230.0141	24727.5855	-72.9304	229.9750	0.0140	-0.0000	-0.0391	0.0419
BR-A4QG2F4	24693.9755	-73.4580	230.0599	24693.9780	-73.4580	230.0406	0.0005	-0.0000	-0.0193	0.0197
BR-A4QF2F3	24306.0508	-79.1506	229.9850	24306.0625	-79.1506	229.9717	0.0117	-0.0000	-0.0133	0.0178
BR-ISCXW1F1	24039.2638	-80.0590	132.5320	24039.2196	-80.0590	132.4834	-0.0442	-0.0000	-0.0486	0.0857
BR-ISCXW1F2	24232.2869	-80.1396	132.5650	24232.2484	-80.1396	132.5228	-0.0385	0.0000	-0.0422	0.0588
BR-ISCXW1F3	24283.5915	-80.1607	82.4530	24283.5668	-80.1607	82.4163	-0.0247	-0.0000	-0.0367	0.0461
BR-ISCXW1F4	24283.5862	-80.1610	-82.3710	24283.5582	-80.1610	-82.4045	-0.0080	0.0000	-0.0335	0.0350
BR-ISKIC1F1	24236.2383	-80.4643	-86.0000	24236.2150	-80.4643	-86.0368	-0.0233	-0.0000	-0.0368	0.0438
BR-ISKIC1F2	24165.7654	-81.5165	-86.0000	24165.7056	-81.5165	-86.0095	-0.0598	0.0000	-0.0095	0.0621
BR-ISKIC1F3	23918.5292	-81.4282	-86.0000	23918.4893	-81.4282	-86.0212	-0.0399	-0.0000	-0.0212	0.0456
BR-ISKIC1F4	23989.7284	-80.3654	-86.0000	23989.6805	-80.3654	-86.0262	-0.0479	-0.0000	-0.0262	0.0556
BR-ISKIC2F1	23975.9645	-85.4787	-86.0000	23975.9315	-85.4787	-85.9885	-0.0330	0.0000	0.0115	0.0389
BR-ISKIC2F2	23944.6941	-86.5522	-86.0000	23944.6719	-86.5522	-86.0321	-0.0222	0.0000	-0.0321	0.0410
BR-ISKIC2F3	23695.1513	-86.5159	-86.0000	23695.1106	-86.5159	-86.0227	-0.0407	-0.0000	-0.0227	0.0477
BR-ISKIC2F4	23726.7507	-85.4312	-86.0000	23726.6963	-85.4312	-85.9989	-0.0544	-0.0000	0.0011	0.0580
BR-ISSMP1F1	23876.5626	-89.7611	124.8320	23876.5623	-89.7611	124.8185	-0.0003	-0.0000	-0.0135	0.0135
BR-ISSMP1F2	23878.8007	-90.7692	124.8279	23878.5933	-90.7692	124.8301	-0.0074	-0.0000	0.0022	0.0121
BR-ISSMP1F3	23778.4405	-90.7718	124.8911	23778.4342	-90.7718	124.8787	-0.0063	0.0000	-0.0124	0.0156
BR-ISSMP1F4	23776.5634	-89.7601	124.8820	23776.5394	-89.7601	124.8577	-0.0240	-0.0000	-0.0243	0.0343
BR-A1QF1F1	24119.2378	-100.9341	230.0942	24119.2983	-100.9341	230.0323	0.0605	0.0000	-0.0619	0.0867
BR-A1QF1F2	24076.5697	-100.3969	230.0564	24076.6123	-100.3969	229.9981	0.0426	-0.0000	-0.0583	0.0739
BR-A1QF1F3	24263.5042	-100.3155	230.0517	24263.5446	-100.3155	230.0293	0.0404	0.0000	-0.0224	0.0469
BR-A1QF1F4	24305.8222	-100.8489	230.0909	24305.8573	-100.8489	230.0518	0.0351	0.0000	-0.0391	0.0549
BR-ISCXW2F1	24039.2396	-99.9403	132.5440	24039.3097	-99.9403	132.6154	0.0701	-0.0000	0.0714	0.1007
BR-ISCXW2F2	24232.4810	-99.8610	132.5530	24232.5033	-99.8610	132.6449	0.0223	-0.0000	0.0919	0.0989
BR-ISCXW2F3	24283.6206	-99.8403	82.2870	24283.6541	-99.8403	82.3585	0.0335	-0.0000	0.0715	0.0804
BR-ISCXW2F4	24283.8821	-99.8410	-82.4670	24283.7326	-99.8410	-82.4183	0.0505	0.0000	0.0487	0.0706
BR-ISKIC3F1	23954.2334	-93.4460	-85.9845	23954.1920	-93.4460	-85.9702	-0.0414	0.0000	0.0143	0.0443
BR-ISKIC3F2	23985.4510	-94.5195	-86.0000	23985.5803	-94.5195	-85.9985	0.1093	-0.0000	0.0015	0.1108
BR-ISKIC3F3	23736.2028	-94.5671	-86.0000	23736.3506	-94.5671	-85.9706	0.1478	-0.0000	0.0294	0.1516
BR-ISKIC3F4	23704.6366	-93.4827	-86.0000	23704.6041	-93.4827	-85.9636	-0.0315	0.0000	0.0364	0.0482
BR-ISKIC4F1	24165.7362	-98.4834	-86.0000	24165.8404	-98.4834	-86.0265	0.1042	-0.0000	-0.0265	0.1095
BR-ISKIC4F2	24236.2525	-99.5358	-86.1864	24236.2911	-99.5358	-86.1502	0.0386	0.0000	0.0362	0.0533
BR-ISKIC4F3	23989.7189	-99.6347	-86.0000	23989.7467	-99.6347	-86.0454	0.0278	-0.0000	-0.0454	0.0551
BR-ISKIC4F4	23918.5543	-98.5717	-86.0000	23918.5195	-98.5717	-86.0021	-0.0348	-0.0000	-0.0021	0.0368
RFC-F2	23551.0621	6.5508	142.2623	23551.0543	6.5508	142.2579	-0.0078	-0.0000	-0.0044	0.0195
RFC-F4	24151.9327	1.0869	139.5766	24151.9437	1.0869	139.4925	0.0110	-0.0000	-0.0841	0.0849
RFC-F5	24150.3834	1.4213	264.5555	24150.3338	1.4213	264.4222	-0.0498	-0.0000	-0.1333	0.1426
RFC-F6	24191.9050	1.8916	350.3790	24191.8497	1.8916	350.3224	-0.0553	-0.0000	-0.0566	0.0813
RFC-F7	24299.2985	5.6638	350.4999	24299.2330	5.6638	350.5489	-0.0655	-0.0000	0.0490	0.0823
RFC-F8	24282.8763	6.1424	262.4187	24282.8049	6.1424	262.4471	-0.0714	0.0000	0.0284	0.0791
RFC-F1	24301.7702	6.3434	133.1811	24301.7814	6.3434	133.1806	0.0112	-0.0000	-0.0205	0.0269

Part 2: Deviations of All Elements



All Vectors Summary: Vector Group				
CYU ANALYSIS::Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY				
Statistic	dR	dTheta	dZ	Mag
Min	-2.6874	-0.0044	-1.3663	0.0081
Max	2.1919	0.0035	2.4679	2.8553
Average	0.0054	-0.0000	0.0398	0.1909
StdDev from Avg	0.1838	0.0006	0.2379	0.3442
StdDev from Zero	0.1839	0.0006	0.2412	0.3936
RMS	0.1838	0.0006	0.2410	0.3934
Count	715			

Vector Group											
CYU ANALYSIS::Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY											
Name	Begin			End			Delta				
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag	
BR-A1BD1F1	24172.5139	-102.1422	180.0001	24172.4877	-102.1423	180.0052	-0.0262	-0.0000	0.0051	0.0336	
BR-A1BD1F2	24469.7546	-102.0448	179.9788	24469.7333	-102.0448	179.9795	-0.0213	-0.0000	0.0027	0.0232	
BR-A1BD1F3	24443.0083	-103.4165	180.0013	24443.0194	-103.4165	179.9774	0.0111	-0.0001	-0.0239	0.0347	
BR-A1BD1F4	24653.3163	-104.6936	180.0049	24653.3509	-104.6937	179.9628	0.0346	-0.0002	-0.0421	0.0863	
BR-A1BD1F5	24358.3550	-104.8224	179.9910	24358.3739	-104.8225	179.9667	0.0189	-0.0002	-0.0242	0.0788	
BR-A1BPM1F1	24525.6589	-105.2615	71.0130	24525.5650	-105.2598	71.0792	-0.0939	0.0017	0.0662	0.7191	
BR-A1BPM1F2	24532.6648	-105.3959	71.0130	24532.6796	-105.3942	71.0795	0.0148	0.0018	0.0665	0.7656	
BR-A1CX1F1	24590.6273	-107.9164	124.0440	24590.6879	-107.9171	124.0710	0.0606	-0.0007	0.0270	0.2938	
BR-A1CX1F2	24784.0803	-107.8421	124.0540	24784.0989	-107.8424	124.0420	0.0186	-0.0003	-0.0121	0.1215	
BR-A1CX1F3	24835.3943	-107.8232	74.2400	24835.4100	-107.8235	74.2382	0.0157	-0.0003	-0.0018	0.1343	
BR-A1CX1F4	24835.4954	-107.8227	-74.1520	24835.4955	-107.8232	-74.1546	0.0001	-0.0005	-0.0026	0.2165	

Part 2: Deviations of All Elements

Vector Group										
CYU ANALYSIS-Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A1CY1F1	24639.6292	-105.8323	150.1020	24639.4872	-105.8323	150.1509	-0.1420	0.0000	0.0489	0.1511
BR-A1CY1F2	24475.6914	-105.8819	150.0920	24475.6309	-105.8818	150.0837	-0.0604	0.0000	-0.0083	0.0644
BR-A1CY1F3	24689.1691	-105.8167	97.9750	24689.1112	-105.8166	97.9543	-0.0578	0.0001	-0.0208	0.0689
BR-A1CY1F4	24689.1859	-105.8173	-98.0680	24689.1637	-105.8174	-98.0748	-0.0223	-0.0000	-0.0068	0.0304
BR-A1QD1F1	24893.9360	-109.2179	230.0469	24894.0186	-109.2180	230.0352	0.0826	-0.0001	-0.0117	0.0989
BR-A1QD1F2	24651.8040	-108.6928	230.0129	24651.7631	-108.6929	230.0444	-0.0410	-0.0001	0.0315	0.0826
BR-A1QD1F3	24838.8203	-108.6145	230.1478	24838.7680	-108.6145	230.1608	-0.0524	-0.0000	0.0129	0.0560
BR-A1QD1F4	24880.7860	-109.1357	230.1353	24880.7799	-109.1358	230.1469	-0.0061	-0.0001	0.0116	0.0550
BR-A1QG1F1	24539.7704	-107.1353	230.1092	24539.7600	-107.1354	230.1075	-0.0104	-0.0001	-0.0017	0.0363
BR-A1QG1F2	24505.9188	-106.6038	230.0518	24505.9058	-106.6039	230.0486	-0.0130	-0.0001	-0.0032	0.0478
BR-A1QG1F3	24694.0366	-106.5409	229.9806	24694.0374	-106.5409	229.9546	0.0007	-0.0000	-0.0060	0.0144
BR-A1QG1F4	24727.6656	-107.0684	229.9950	24727.6630	-107.0684	229.9899	-0.0026	-0.0001	-0.0051	0.0321
BR-A1BD2F1	25063.3712	-114.0565	180.0450	25063.2510	-114.0564	180.1357	-0.1202	0.0001	0.0907	0.1559
BR-A1BD2F2	25360.3975	-113.9598	179.9980	25360.3744	-113.9597	180.0597	-0.0232	0.0001	0.0617	0.0796
BR-A1BD2F3	25335.9962	-115.2834	180.1240	25335.9591	-115.2834	180.1427	-0.0371	-0.0000	0.0187	0.0422
BR-A1BD2F4	25548.0188	-116.5140	180.0210	25548.0080	-116.5142	180.0193	-0.0108	-0.0002	-0.0017	0.1067
BR-A1BD2F5	25253.2352	-116.6399	180.0480	25253.1972	-116.6401	180.0431	-0.0380	-0.0003	-0.0049	0.1210
BR-A1BF1F1	24765.7850	-109.9121	165.9983	24765.7469	-109.9117	166.0223	-0.0380	0.0004	0.0260	0.1595
BR-A1BF1F2	24943.2662	-109.8409	166.0312	24943.2281	-109.8406	166.0275	-0.0381	0.0004	-0.0037	0.1607
BR-A1BF1F3	24961.9330	-111.1055	165.9968	24961.8962	-111.1053	166.0345	-0.0367	0.0003	0.0377	0.1247
BR-A1BF1F4	25152.0524	-112.2882	166.0485	25152.0346	-112.2881	166.1151	-0.0178	0.0001	0.0686	0.0795
BR-A1BF1F5	24976.1074	-112.3760	166.0205	24976.0748	-112.3759	166.1204	-0.0326	0.0001	0.0999	0.1118
BR-A1BPM2F1	25154.5627	-113.4571	71.0130	25154.6313	-113.4580	72.1371	0.0686	-0.0009	1.1241	1.1874
BR-A1BPM2F2	25166.4859	-113.5864	71.0130	25166.5048	-113.5874	72.0696	0.0189	-0.0010	1.0566	1.1519
BR-A1CX2F1	25328.8867	-117.1855	124.0560	25328.8370	-117.1854	124.0718	-0.0497	0.0001	0.0158	0.0569
BR-A1CX2F2	25523.4311	-117.1304	124.0570	25523.3753	-117.1305	124.0220	-0.0558	-0.0001	-0.0350	0.0724
BR-A1CX2F3	25574.8155	-117.1161	74.1720	25574.7319	-117.1161	74.1767	-0.0836	-0.0000	0.0047	0.0838
BR-A1CX2F4	25574.7496	-117.1156	-74.2440	25574.6626	-117.1156	-74.2826	-0.0870	0.0000	-0.0386	0.0953
BR-A1SF1F1	25129.3458	-113.1788	158.9550	25129.3730	-113.1785	159.0099	0.0272	0.0003	0.0549	0.1337
BR-A1SF1F2	24994.3905	-113.2435	79.1630	24994.3606	-113.2432	79.1790	-0.0299	0.0003	0.0160	0.1172
BR-A1SF1F5	25264.3591	-113.1180	79.6760	25264.3743	-113.1180	79.7171	0.0152	0.0000	0.0411	0.0472
BR-A1BD3F1	25663.7493	-121.9036	180.0201	25663.6728	-121.9036	180.1140	-0.0764	-0.0000	0.0939	0.1212
BR-A1BD3F2	25863.0053	-121.8526	179.9929	25862.9743	-121.8526	180.0521	-0.0309	0.0000	0.0592	0.0680
BR-A1BD3F3	25800.1328	-123.1449	180.0480	25800.1212	-123.1451	180.0707	-0.0116	-0.0002	0.0247	0.0886
BR-A1BD3F4	25975.5532	-124.3826	180.0818	25975.6038	-124.3829	180.0660	0.0505	-0.0003	-0.0159	0.1365
BR-A1BD3F5	25677.8544	-124.4627	180.0661	25677.8932	-124.4630	180.0518	0.0388	-0.0003	-0.0143	0.1442
BR-A1BF2F1	25394.5598	-118.0449	166.0340	25394.4880	-118.0446	166.0530	-0.0718	0.0003	0.0190	0.1645
BR-A1BF2F2	25573.4626	-118.0002	166.0230	25573.4484	-117.9999	166.0161	-0.0142	0.0003	-0.0069	0.1419
BR-A1BF2F3	25558.4534	-119.2346	166.0300	25558.4450	-119.2344	166.0417	-0.0084	0.0002	0.0117	0.0829
BR-A1BF2F4	25716.0580	-120.4145	166.0250	25716.0729	-120.4145	166.0502	0.0149	0.0001	0.0252	0.0472
BR-A1BF2F5	25538.1177	-120.4758	166.0400	25538.0942	-120.4758	166.0665	-0.0235	0.0000	0.0265	0.0370
BR-A1BPM3F1	25658.4034	-121.1002	71.0130	25658.5139	-121.0997	71.6621	0.1104	0.0005	0.6491	0.6893
BR-A1BPM3F2	25666.3232	-121.2285	71.0130	25666.2589	-121.2282	71.6596	-0.0644	0.0002	0.6466	0.6585
BR-A1CY2F1	25917.4688	-124.9845	150.0930	25917.4643	-124.9844	150.0717	-0.0045	0.0001	-0.0213	0.0330
BR-A1CY2F2	25752.5263	-125.0051	150.1500	25752.5222	-125.0050	150.1016	-0.0041	0.0001	-0.0484	0.0653
BR-A1CY2F3	25967.3244	-124.9785	97.9020	25967.3675	-124.9785	97.8891	0.0431	-0.0000	-0.0129	0.0450
BR-A1CY2F4	25967.3621	-124.9784	-98.1120	25967.3870	-124.9785	-98.1065	0.0248	-0.0000	0.0055	0.0318
BR-A1BD4F1	25839.6446	-129.9159	180.0611	25839.5115	-129.9157	179.9998	-0.1331	0.0002	-0.0713	0.1711
BR-A1BD4F2	26139.5822	-129.9072	179.9892	26139.4836	-129.9072	179.9262	-0.0986	0.0001	-0.0629	0.1196
BR-A1BD4F3	26040.0923	-131.1756	180.0255	26040.0011	-131.1757	179.9908	-0.0912	-0.0001	-0.0347	0.1114
BR-A1BD4F4	26179.7222	-132.4246	179.9943	26179.6557	-132.4249	179.9603	-0.0665	-0.0003	-0.0340	0.1436
BR-A1BD4F5	25880.2262	-132.4624	180.0114	25880.1569	-132.4626	179.9997	-0.0713	-0.0003	-0.0117	0.1380
BR-A1BF3F1	25777.4818	-125.8623	166.0891	25777.5861	-125.8621	166.0234	0.1042	0.0002	-0.0657	0.1571
BR-A1BF3F2	25957.3303	-125.8448	166.0634	25957.4677	-125.8445	165.9913	0.1374	0.0002	-0.0721	0.1893
BR-A1BF3F3	25905.4938	-127.0568	166.0592	25905.5602	-127.0568	165.9690	0.0664	-0.0000	-0.0902	0.1133
BR-A1BF3F4	26027.5372	-128.2426	166.0203	26027.5591	-128.2427	165.9486	0.0219	-0.0000	-0.0717	0.0782
BR-A1BF3F5	25848.2573	-128.2768	166.0344	25848.2682	-128.2768	165.9778	0.0109	-0.0000	-0.0566	0.0582
BR-A1BPM4F1	25964.3403	-129.3645	71.0130	25964.3365	-129.3647	71.2684	-0.0038	-0.0001	0.2554	0.2636
BR-A1BPM4F2	25968.8434	-129.4921	71.0130	25968.8858	-129.4921	71.2552	0.0424	-0.0000	0.2422	0.2459
BR-A1SD1F1	25955.0964	-129.0891	159.0858	25955.1778	-129.0892	159.1227	0.0814	-0.0001	0.0369	0.0933
BR-A1SD1F2	25955.0964	-129.0891	159.0858	25955.1360	-129.0892	159.1703	0.0396	-0.0001	0.0845	0.0974
BR-A1SD1F3	25817.6122	-129.1123	79.4166	25817.5306	-129.1125	79.4120	-0.0816	-0.0002	-0.0046	0.1088
BR-A1SD1F4	26092.3789	-129.0672	-79.8312	26092.4914	-129.0670	-79.6807	0.1125	0.0002	0.1505	0.2070
BR-A1SD1F5	26092.7745	-129.0675	79.1451	26092.8290	-129.0675	79.2234	0.0545	-0.0000	0.0782	0.0959
BR-A1SD1F6	26092.7745	-129.0675	79.1451	26092.8861	-129.0677	79.1947	0.1116	-0.0001	0.0496	0.1350
BR-A1BF4F1	25939.5377	-133.7926	166.0250	25939.5434	-133.7925	166.0315	0.0057	0.0001	0.0065	0.0643
BR-A1BF4F2	26119.5538	-133.8010	166.0170	26119.5374	-133.8008	166.0103	-0.0163	0.0001	-0.0067	0.0626
BR-A1BF4F3	26032.2343	-134.9965	165.9510	26032.1833	-134.9965	165.9480	-0.0510	0.0000	-0.0030	0.0520
BR-A1BF4F4	26119.3569	-136.1921	166.0440	26119.3144	-136.1922	165.9999	-0.0425	-0.0001	-0.0441	0.0897
BR-A1BF4F5	25939.3951	-136.2004	166.0560	25939.3418	-136.2005	166.0188	-0.0533	-0.0001	-0.0372	0.0888
BR-A1BD5F1	25879.8938	-137.5312	180.0100	25879.9253	-137.5310	179.9784	0.0316	0.0002	-0.0316	0.0858
BR-A1BD5F2	26179.4967	-137.5687	179.9930	26179.5503	-137.5686	179.9669	0.0537	0.0001	-0.0261	0.0821

Part 2: Deviations of All Elements

Vector Group											
CYU ANALYSIS-Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY											
Name	Begin			End			Delta				
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag	
BR-A1BD5F3	26039.7835	-138.8179	180.0090	26039.8100	-138.8178	180.0292	0.0265	0.0000	0.0202	0.0386	
BR-A1BD5F4	26139.4826	-140.0863	180.0070	26139.4975	-140.0864	180.0369	0.0149	-0.0001	0.0299	0.0528	
BR-A1BD5F5	25839.4005	-140.0778	180.0000	25839.3834	-140.0779	180.0325	-0.0171	-0.0001	0.0325	0.0450	
BR-A1BF5F1	25848.0539	-141.7171	165.9560	25848.0573	-141.7172	165.9708	0.0034	-0.0001	0.0148	0.0340	
BR-A1BF5F2	26027.5213	-141.7512	165.9890	26027.5350	-141.7513	165.9943	0.0137	-0.0001	0.0063	0.0474	
BR-A1BF5F3	25905.2048	-142.9367	166.0890	25905.1822	-142.9369	166.0883	-0.0225	-0.0002	-0.0007	0.0904	
BR-A1BF5F4	25957.0171	-144.1490	166.0920	25956.9928	-144.1493	166.0728	-0.0243	-0.0004	-0.0192	0.1641	
BR-A1BF5F5	25777.0867	-144.1316	166.0840	25777.0663	-144.1319	166.0815	-0.0204	-0.0003	-0.0025	0.1442	
BR-A1BPM5F1	25968.5578	-140.5014	71.0130	25968.4967	-140.5014	70.9154	-0.0611	-0.0000	-0.0976	0.1153	
BR-A1BPM5F2	25964.0481	-140.6290	71.0130	25964.0866	-140.6289	70.8778	0.0385	0.0000	-0.1352	0.1423	
BR-A1SD2F1	26954.6734	-140.9080	158.9050	26954.6901	-140.9083	158.9542	0.0167	-0.0003	0.0492	0.1281	
BR-A1SD2F4	26091.9856	-140.9313	-79.7260	26092.0485	-140.9303	-79.7337	0.0629	0.0010	-0.0077	0.4378	
BR-A1SD2F5	26092.1256	-140.9309	79.2170	26092.1575	-140.9307	79.2627	0.0319	0.0002	0.0457	0.1170	
BR-A1BD6F1	25677.1430	-145.5312	180.0160	25677.1663	-145.5310	180.0059	0.0234	0.0002	-0.0101	0.0891	
BR-A1BD6F2	25974.9890	-145.6112	180.0238	25975.0288	-145.6110	180.0033	0.0398	0.0002	-0.0205	0.1048	
BR-A1BD6F3	25799.7175	-146.8489	179.9885	25799.7454	-146.8490	180.0239	0.0279	-0.0000	0.0354	0.0478	
BR-A1BD6F4	25862.5685	-148.1414	180.0296	25862.6050	-148.1416	180.0559	0.0366	-0.0002	0.0263	0.1024	
BR-A1BD6F5	25563.4841	-148.0905	180.0260	25563.5108	-148.0906	180.0340	0.0266	-0.0001	0.0080	0.0686	
BR-A1BF6F1	25537.7584	-149.5177	166.0470	25537.8089	-149.5177	166.0436	0.0505	0.0000	-0.0034	0.0521	
BR-A1BF6F2	25715.6803	-149.5791	166.0180	25715.7634	-149.5791	166.0454	0.0831	-0.0000	0.0274	0.0881	
BR-A1BF6F3	25557.8224	-150.7588	166.1380	25557.8689	-150.7591	166.1511	0.0465	-0.0003	0.0131	0.1376	
BR-A1BF6F4	25572.7059	-151.9935	166.0250	25572.7268	-151.9939	166.0135	0.0210	-0.0003	-0.0115	0.1508	
BR-A1BF6F5	25393.7623	-151.9486	166.0740	25393.7252	-151.9489	166.0515	-0.0371	-0.0003	-0.0225	0.1503	
BR-A1BPM6F1	25665.6148	-148.7651	71.0130	25665.6644	-148.7671	71.7334	0.0496	-0.0020	0.7204	1.1397	
BR-A1BPM6F2	25657.6885	-148.8934	71.0130	25657.8206	-148.8953	71.7200	0.1321	-0.0019	0.7070	1.1194	
BR-A1CY3F1	25916.8582	-145.0100	150.0380	25916.9281	-145.0099	150.0493	0.0698	0.0001	0.0113	0.0959	
BR-A1CY3F2	25752.4881	-144.9885	149.9850	25752.5120	-144.9883	149.9978	0.0239	0.0001	0.0128	0.0711	
BR-A1CY3F3	25966.7544	-145.0160	97.9890	25966.7933	-145.0161	98.0063	0.0388	-0.0001	0.0173	0.0520	
BR-A1CY3F4	25966.8095	-145.0152	-97.9380	25966.8296	-145.0158	-97.9287	0.0191	-0.0006	0.0093	0.2755	
BR-A1BD7F1	25252.0903	-153.3526	179.9810	25252.0644	-153.3523	180.0682	-0.0260	0.0003	0.0872	0.1610	
BR-A1BD7F2	25546.8396	-153.4785	180.0080	25546.8330	-153.4783	180.0340	-0.0065	0.0002	0.0260	0.1084	
BR-A1BD7F3	25335.0911	-154.7091	179.9750	25335.0962	-154.7089	180.0373	0.0051	0.0002	0.0623	0.0952	
BR-A1BD7F4	25359.3022	-156.0327	179.9950	25359.3261	-156.0326	180.0140	0.0239	0.0001	0.0190	0.0461	
BR-A1BD7F5	25062.4037	-155.9360	180.0500	25062.4012	-155.9359	180.1120	-0.0024	0.0001	0.0620	0.0720	
BR-A1BF7F1	24974.9483	-157.6178	165.9790	24975.0035	-157.6177	166.1457	0.0552	0.0001	0.1667	0.1790	
BR-A1BF7F2	25150.9211	-157.7056	165.9660	25150.9524	-157.7055	166.0729	0.0313	0.0001	0.1069	0.1232	
BR-A1BF7F3	24960.7173	-158.8882	166.0110	24960.7574	-158.8883	166.0718	0.0402	-0.0001	0.0608	0.0828	
BR-A1BF7F4	24942.0536	-160.1529	166.0800	24942.0721	-160.1531	166.0571	0.0185	-0.0002	-0.0229	0.0829	
BR-A1BF7F5	24764.5958	-160.0819	166.0780	24764.6082	-160.0821	166.0785	0.0124	-0.0002	0.0005	0.0877	
BR-A1BPM7F1	25165.3992	-156.4073	71.0130	25165.3999	-156.4079	71.2421	0.0007	-0.0006	0.2291	0.3450	
BR-A1BPM7F2	25153.4697	-156.5366	71.0130	25153.4852	-156.5371	71.2287	0.0154	-0.0006	0.2157	0.3317	
BR-A1CX3F1	25327.9014	-152.8095	124.0360	25327.8262	-152.8096	124.1201	-0.0752	-0.0001	0.0841	0.1274	
BR-A1CX3F2	25522.4825	-152.8633	123.9980	25522.4903	-152.8634	124.0165	0.0078	-0.0001	0.0185	0.0359	
BR-A1CX3F3	25573.9816	-152.8771	73.9130	25573.9507	-152.8769	73.9819	-0.0309	0.0002	0.0689	0.1299	
BR-A1CX3F4	25573.9555	-152.8782	-74.0350	25573.9083	-152.8779	-74.0312	-0.0472	0.0002	0.0038	0.1114	
BR-A1SF2F1	25127.5143	-156.8216	158.9130	25127.6482	-156.8215	159.1134	0.1339	0.0001	0.2004	0.2459	
BR-A1SF2F4	25262.8158	-156.8846	-79.3370	25262.7766	-156.8846	-79.2447	-0.0393	0.0000	0.0923	0.1009	
BR-A1SF2F5	25262.6930	-156.8831	79.5000	25262.7553	-156.8829	79.5842	0.0622	0.0002	0.0842	0.1310	
BR-A1BD8F1	24356.8621	-165.1697	180.0740	24356.8551	-165.1695	180.1397	-0.0070	0.0002	0.0657	0.1019	
BR-A1BD8F2	24651.9735	-165.2982	180.0687	24651.9584	-165.2981	180.1411	-0.0152	0.0002	0.0724	0.1028	
BR-A1BD8F3	24441.6553	-166.5754	180.0287	24441.6399	-166.5754	180.0183	-0.0154	0.0000	-0.0104	0.0204	
BR-A1BD8F4	24468.4954	-167.9472	179.9469	24468.5162	-167.9473	179.9074	0.0208	-0.0000	-0.0395	0.0453	
BR-A1BD8F5	24171.2654	-167.8500	179.9671	24171.2241	-167.8501	179.9027	-0.0413	-0.0001	-0.0644	0.0874	
BR-A1CY4F1	24638.1242	-164.1632	150.0700	24638.0908	-164.1629	150.1158	-0.0334	0.0003	0.0458	0.1444	
BR-A1CY4F2	24474.7134	-164.1123	150.0680	24474.8208	-164.1124	150.0634	-0.0926	-0.0001	-0.0046	0.0966	
BR-A1CY4F4	24687.7280	-164.1769	-98.0300	24687.6908	-164.1779	-97.9722	-0.0372	-0.0009	0.0578	0.4094	
BR-A1QD2F1	24650.8377	-161.3000	230.0940	24650.7727	-161.3001	230.0834	-0.0650	-0.0001	-0.0106	0.0791	
BR-A1QD2F2	24692.8712	-160.7751	230.0587	24692.8448	-160.7748	230.0316	-0.0264	0.0002	-0.0271	0.1013	
BR-A1QD2F3	24879.5919	-160.8571	230.0317	24879.5813	-160.8568	230.0279	-0.0107	0.0002	-0.0038	0.1082	
BR-A1QD2F4	24837.9065	-161.3783	230.0267	24837.8360	-161.3782	230.0665	-0.0705	0.0000	0.0398	0.0818	
BR-A1QG2F1	24504.7911	-163.3892	230.1588	24504.7460	-163.3891	230.1976	-0.0451	0.0001	0.0388	0.0663	
BR-A1QG2F2	24538.6616	-162.8576	230.0867	24538.6622	-162.8575	230.1280	0.0006	0.0001	0.0413	0.0619	
BR-A1QG2F3	24726.5244	-162.9246	229.8718	24726.5285	-162.9245	229.9423	0.0041	0.0001	0.0705	0.0803	
BR-A1QG2F4	24692.8733	-163.4521	229.9705	24692.8519	-163.4521	230.0048	-0.0214	0.0001	0.0343	0.0489	
BR-A1QF2F1	24074.5919	-169.6022	230.1314	24074.5665	-169.6023	230.1342	-0.0254	-0.0001	0.0028	0.0465	
BR-A1QF2F2	24117.1595	-169.0648	230.0959	24117.1551	-169.0649	230.1112	-0.0044	-0.0001	0.0153	0.0334	
BR-A1QF2F3	24303.8190	-169.1499	230.0316	24303.8228	-169.1499	230.0535	0.0037	-0.0001	0.0219	0.0347	
BR-A1QF2F4	24261.6187	-169.6832	230.0690	24261.5450	-169.6833	230.0715	-0.0737	-0.0001	0.0025	0.0950	
BR-DSCX1F1	24037.2055	-170.0575	132.5980	24037.2245	-170.0574	132.6172	0.0190	0.0001	0.0192	0.0470	
BR-DSCX1F2	24230.2769	-170.1376	132.5600	24230.2876	-170.1377	132.5737	0.0107	-0.0001	0.0137	0.0387	
BR-DSCX1F3	24281.6864	-170.1586	82.6259	24281.6864	-170.1586	82.6468	-0.0200	0.0000	0.0209	0.0291	
BR-DSCX1F4	24281.6706	-170.1596	-82.5931	24281.7228	-170.1595	-82.5902	0.0522	0.0001	0.0028	0.0615	

Part 2: Deviations of All Elements

Vector Group											
CYU ANALYSIS--Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY											
Name	R1	Begin			End			dR	Delta		
		Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dTheta		dZ	Mag	
BR-A2QF1F1	24116.9628	169.0649	230.0790	24116.9244	169.0851	230.1899	-0.0384	0.0002	0.1109	0.1340	
BR-A2QF1F2	24074.5060	169.6024	230.0333	24074.5542	169.6027	230.1078	0.0482	0.0003	0.0745	0.1428	
BR-A2QF1F3	24261.4458	169.6833	230.0641	24261.4922	169.6834	230.1274	0.0464	0.0001	0.0633	0.0856	
BR-A2QF1F4	24303.5412	169.1498	230.0922	24303.6098	169.1499	230.2009	0.0686	0.0001	0.1087	0.1338	
BR-DSCX2F1	24037.3063	170.0578	132.5680	24037.3078	170.0580	132.6101	0.0015	0.0002	0.0421	0.1052	
BR-DSCX2F2	24230.6197	170.1372	132.5550	24230.5969	170.1375	132.6126	-0.0228	0.0002	0.0576	0.1109	
BR-DSCX2F3	24281.6879	170.1584	82.3900	24281.6235	170.1587	82.4550	-0.0644	0.0003	0.0650	0.1523	
BR-DSCX2F4	24281.6432	170.1583	-82.3950	24281.5590	170.1585	-82.3220	-0.0842	0.0001	0.0730	0.1259	
BR-A2BD1F1	24170.9511	167.8521	180.0341	24170.9912	167.8521	180.0853	0.0400	0.0001	0.0512	0.0891	
BR-A2BD1F2	24468.1410	167.9492	179.9989	24468.1281	167.9492	180.0151	-0.0129	-0.0000	0.0161	0.0207	
BR-A2BD1F3	24441.4387	166.5773	179.9820	24441.4411	166.5772	179.9986	0.0024	-0.0001	0.0166	0.0519	
BR-A2BD1F4	24651.6618	165.3004	180.0029	24651.6576	165.3003	179.9802	-0.0042	-0.0002	-0.0227	0.0802	
BR-A2BD1F5	24356.7477	165.1718	180.0421	24356.7689	165.1716	180.0527	0.0212	-0.0002	0.0106	0.0907	
BR-A2CY1F1	24638.2438	164.1616	150.1089	24638.3021	164.1614	150.1250	0.0583	-0.0002	0.0180	0.1546	
BR-A2CY1F2	24474.1744	164.1124	150.0720	24474.2566	164.1121	150.0636	0.0822	-0.0003	-0.0084	0.1088	
BR-A2CY1F3	24687.7507	164.1773	98.0479	24687.8058	164.1772	98.0748	0.0551	-0.0001	0.0269	0.0795	
BR-A2CY1F4	24687.6392	164.1770	-97.9521	24687.8070	164.1773	-97.9218	0.1678	0.0003	0.0303	0.2041	
BR-A2QD1F1	24692.8819	160.7756	230.0653	24692.8626	160.7757	230.0120	0.0007	0.0001	-0.0533	0.0712	
BR-A2QD1F2	24650.7238	161.3007	230.0566	24650.7221	161.3008	229.9893	-0.0018	0.0001	-0.0673	0.0845	
BR-A2QD1F3	24837.6761	161.3790	230.0525	24837.6995	161.3791	230.0058	0.0234	0.0001	-0.0467	0.0796	
BR-A2QD1F4	24879.5782	160.8577	230.0554	24879.5934	160.8578	230.0015	0.0152	0.0001	-0.0540	0.0755	
BR-A2QG1F1	24538.5168	162.8585	230.0941	24538.5932	162.8585	230.1047	0.0764	-0.0000	0.0106	0.0774	
BR-A2QG1F2	24504.4508	163.3898	230.0588	24504.4974	163.3898	230.0838	0.0466	0.0001	0.0251	0.0617	
BR-A2QG1F3	24692.5593	163.4531	230.0316	24692.6108	163.4532	230.0332	0.0515	0.0001	0.0016	0.0690	
BR-A2QG1F4	24726.4093	162.9257	230.0266	24726.4833	162.9257	230.0061	0.0739	0.0000	-0.0205	0.0770	
BR-A2BD2F1	25062.1284	155.9377	180.0124	25062.1568	155.9378	180.0154	0.0283	0.0001	0.0030	0.0501	
BR-A2BD2F2	26359.0839	156.0346	180.0051	26359.1562	156.0348	179.9676	0.0722	0.0002	-0.0375	0.1079	
BR-A2BD2F3	25334.9569	154.7109	180.0450	25335.0111	154.7109	180.1169	0.0542	-0.0000	0.0719	0.0905	
BR-A2BD2F4	26546.9382	153.4903	180.0251	26546.9809	153.4901	180.0449	0.0428	-0.0002	0.0198	0.1095	
BR-A2BD2F5	26252.2453	153.3543	180.0129	26252.2638	153.3542	180.0027	0.0185	-0.0002	-0.0102	0.0779	
BR-A2BF1F1	24764.6786	160.0815	166.0177	24764.6358	160.0817	166.0500	-0.0428	0.0002	0.0323	0.1156	
BR-A2BF1F2	24942.0180	160.1526	166.0358	24942.0416	160.1527	166.0481	0.0236	0.0002	0.0123	0.0782	
BR-A2BF1F3	24960.7441	158.8880	166.0110	24960.7468	158.8880	166.0046	0.0027	0.0000	-0.0064	0.0081	
BR-A2BF1F4	25150.8297	157.7052	166.0234	25150.8616	157.7051	166.0328	0.0319	-0.0001	0.0094	0.0515	
BR-A2BF1F5	24974.9788	157.6175	166.0380	24974.8945	157.6173	166.1069	-0.0844	-0.0002	0.0689	0.1278	
BR-A2BPM1F1	25153.4097	156.5366	71.0130	25153.4131	156.5363	70.9602	-0.0566	-0.0003	-0.0528	0.1566	
BR-A2BPM1F2	25165.3992	156.4073	71.0130	25165.3197	156.4070	70.9359	-0.0795	-0.0003	-0.0771	0.1641	
BR-A2CX1F1	25327.6464	152.8093	124.0410	25327.6516	152.8091	124.0561	0.0051	-0.0002	0.0151	0.1096	
BR-A2CX1F2	25522.4178	152.8636	124.0190	25522.3923	152.8636	124.0603	-0.0255	-0.0001	-0.0413	0.0540	
BR-A2CX1F3	25573.9642	152.8778	74.3460	25573.9385	152.8777	74.3985	-0.0258	-0.0001	0.0525	0.0642	
BR-A2CX1F4	25573.9615	152.8777	-74.2530	25573.9992	152.8776	-74.1468	0.0378	-0.0001	0.1062	0.1176	
BR-A2SF1F1	25127.9236	156.8137	158.9430	25127.9328	156.8137	158.9835	0.0092	-0.0001	0.0405	0.0495	
BR-A2SF1F2	24993.2898	156.7506	79.2480	24993.3154	156.7505	79.2717	0.0256	-0.0000	0.0237	0.0353	
BR-A2SF1F5	25263.2313	156.8758	79.6360	25263.2314	156.8758	79.6742	0.0001	-0.0000	0.0382	0.0382	
BR-A2BD3F1	25563.1086	148.0895	179.9786	25563.1441	148.0893	179.9727	0.0354	-0.0002	-0.0059	0.0927	
BR-A2BD3F2	25862.2326	148.1407	180.0258	25862.2888	148.1404	180.0331	0.0563	-0.0003	0.0073	0.1542	
BR-A2BD3F3	25799.4979	146.8481	179.9381	25799.5049	146.8478	179.9426	0.0070	-0.0003	0.0045	0.1355	
BR-A2BD3F4	25975.0653	145.6104	180.0287	25975.0731	145.6102	179.9796	0.0078	-0.0003	-0.0491	0.1242	
BR-A2BD3F5	25677.1128	145.5302	180.0153	25677.1164	145.5297	179.9699	0.0036	-0.0005	-0.0454	0.2357	
BR-A2BF2F1	25393.7900	151.9488	166.0460	25393.7936	151.9490	166.0038	0.0036	0.0002	-0.0422	0.0924	
BR-A2BF2F2	25572.7333	151.9934	166.0240	25572.7577	151.9936	166.0780	0.0244	0.0002	0.0540	0.0945	
BR-A2BF2F3	25557.8944	150.7588	166.0370	25557.8706	150.7589	166.1052	-0.0238	0.0001	0.0682	0.0894	
BR-A2BF2F4	25715.6746	149.5787	166.2500	25715.6924	149.5790	166.2531	0.0178	0.0003	0.0031	0.1442	
BR-A2BF2F5	25537.7860	149.5176	166.0530	25537.7589	149.5176	166.0857	-0.0270	-0.0000	0.0327	0.0475	
BR-A2BPM2F1	25657.8885	148.8934	71.0130	25657.7372	148.8914	70.9576	0.0487	-0.0020	-0.0554	0.8828	
BR-A2BPM2F2	25665.6148	148.7651	71.0130	25665.5591	148.7631	71.0104	-0.0557	-0.0019	-0.0026	0.8691	
BR-A2CY2F1	25916.9061	145.0097	150.0720	25916.9432	145.0096	150.0801	0.0371	-0.0001	0.0081	0.0658	
BR-A2CY2F2	25752.0157	144.9878	149.9770	25752.0000	144.9877	149.9742	-0.0158	-0.0000	-0.0028	0.0258	
BR-A2CY2F3	25966.7585	145.0163	97.9970	25966.7736	145.0163	98.0297	0.0151	-0.0000	0.0327	0.0387	
BR-A2CY2F4	25966.7719	145.0163	-98.0100	25966.8367	145.0164	-97.9736	0.0648	0.0001	0.0364	0.0895	
BR-A2BD4F1	25839.0696	140.0785	180.1029	25839.0671	140.0784	180.0834	-0.0025	-0.0001	-0.0195	0.0349	
BR-A2BD4F2	26139.0700	140.0872	180.0837	26139.0961	140.0872	180.0586	0.0261	0.0000	-0.0251	0.0365	
BR-A2BD4F3	26039.7814	138.8190	180.0887	26039.7779	138.8189	180.0725	0.0166	-0.0001	-0.0162	0.0626	
BR-A2BD4F4	26179.4814	137.5698	180.0238	26179.5501	137.5698	180.0560	0.0688	-0.0001	0.0322	0.0819	
BR-A2BD4F5	25879.9441	137.5319	179.9740	25879.9547	137.5317	180.0098	0.0106	-0.0003	0.0358	0.1237	
BR-A2BF3F1	25776.9312	144.1311	166.0332	25776.9107	144.1313	165.9951	-0.0205	0.0002	-0.0381	0.0826	
BR-A2BF3F2	25956.6876	144.1487	166.0235	25956.7097	144.1489	165.9914	0.0220	0.0001	-0.0321	0.0648	
BR-A2BF3F3	25905.1148	142.9366	166.0499	25905.1061	142.9367	166.0138	-0.0088	0.0001	-0.0361	0.0513	
BR-A2BF3F4	26027.2579	141.7509	166.0667	26027.2252	141.7509	165.9932	-0.0327	0.0000	-0.0735	0.0809	
BR-A2BF3F5	25847.9678	141.7168	166.0591	25847.9914	141.7167	166.0172	0.0236	-0.0001	-0.0419	0.0533	
BR-A2BPM3F1	25964.0481	140.8290	71.0130	25964.0816	140.8288	70.9454	0.0334	-0.0022	-0.0676	0.9856	
BR-A2BPM3F2	25968.5578	140.5014	71.0130	25968.6468	140.4993	70.9302	0.0890	-0.0021	-0.0828	0.9411	

Part 2: Deviations of All Elements

Vector Group										
CYU ANALYSIS--Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A2SD1F1	25954.3259	140.9071	158.9940	25954.3566	140.9071	158.9501	0.0307	-0.0000	-0.0439	0.0565
BR-A2SD1F2	25817.2415	140.8962	79.5170	25817.2984	140.8961	79.5212	0.0569	-0.0001	0.0042	0.0859
BR-A2SD1F5	26092.0313	140.9300	79.5530	26091.9722	140.9299	79.5254	-0.0591	-0.0001	-0.0276	0.0885
BR-A2BF4F2	26119.4182	136.1928	166.0100	26119.4322	136.1929	166.0743	0.0140	0.0000	0.0643	0.0659
BR-A2BF4F3	26032.2281	134.9973	166.0250	26032.2078	134.9973	166.0667	-0.0204	-0.0000	0.0417	0.0505
BR-A2BF4F4	26119.2359	133.8018	166.0300	26119.2131	133.8018	166.0589	-0.0228	-0.0001	0.0289	0.0656
BR-A2BF4F5	25939.3684	133.7935	166.0250	25939.3263	133.7933	166.0347	-0.0421	-0.0001	0.0097	0.0804
BR-A2BD5F1	25890.2236	132.4626	180.0308	25890.1990	132.4627	180.0362	-0.0246	0.0001	0.0054	0.0510
BR-A2BD5F2	26179.8410	132.4250	179.9842	26179.8256	132.4251	179.9882	-0.0154	0.0001	0.0040	0.0366
BR-A2BD5F3	26040.2053	131.1759	180.0378	26040.1989	131.1759	180.0524	-0.0064	0.0000	0.0146	0.0194
BR-A2BD5F4	26139.9813	129.9075	180.0126	26139.9963	129.9074	180.0465	0.0150	-0.0001	0.0339	0.0482
BR-A2BD5F5	25839.9025	129.9160	179.9939	25839.8949	129.9159	180.0184	-0.0076	-0.0001	0.0245	0.0399
BR-A2BF5F1	25848.3302	128.2762	166.0220	25848.3129	128.2763	166.0176	-0.0173	0.0000	-0.0044	0.0213
BR-A2BF5F2	26027.7310	128.2421	166.0220	26027.7351	128.2422	166.0200	0.0041	0.0001	-0.0020	0.0275
BR-A2BF5F3	25905.5470	127.0565	166.0290	25905.5280	127.0564	166.0319	-0.0190	-0.0000	0.0029	0.0285
BR-A2BF5F4	25957.3935	125.8443	166.0230	25957.3883	125.8442	166.0139	-0.0052	-0.0002	-0.0091	0.0710
BR-A2BF5F5	25777.5247	125.8618	166.0170	25777.4877	125.8617	166.0137	-0.0370	-0.0001	-0.0033	0.0734
BR-A2BPM4F1	25968.8434	129.4921	71.0130	25968.8339	129.4943	71.1108	-0.0095	0.0022	-0.0978	0.9982
BR-A2BPM4F2	25964.3403	129.3645	71.0130	25964.4361	129.3668	71.1110	0.0958	0.0021	0.0980	0.9844
BR-A2SD2F1	25954.8314	129.0840	158.9200	25954.7733	129.0838	158.9284	-0.0581	-0.0002	0.0084	0.0912
BR-A2SD2F2	25817.4458	129.1044	79.3990	25817.4048	129.1042	79.3820	-0.0410	-0.0002	-0.0170	0.1037
BR-A2SD2F5	26092.2742	129.0619	79.3480	26092.2455	129.0620	79.3710	-0.0287	0.0001	0.0230	0.0768
BR-A2BD6F1	25677.7346	124.4620	180.0260	25677.7025	124.4621	180.0143	-0.0321	0.0001	-0.0117	0.0496
BR-A2BD6F2	25975.6485	124.3822	180.0140	25975.6428	124.3822	180.0241	-0.0057	0.0001	0.0101	0.0304
BR-A2BD6F3	25800.2816	123.1442	180.0340	25800.2608	123.1442	180.0691	-0.0208	-0.0000	0.0351	0.0409
BR-A2BD6F4	25863.5627	121.8519	180.0000	25863.5466	121.8518	180.0602	-0.0161	-0.0001	0.0602	0.0682
BR-A2BD6F5	25664.3422	121.9025	179.9890	25664.3140	121.9023	180.0213	-0.0283	-0.0002	0.0323	0.0863
BR-A2BF6F1	25538.4387	120.4758	166.0360	25538.4599	120.4760	165.9651	0.0211	0.0002	-0.0709	0.1037
BR-A2BF6F2	25716.3483	120.4147	166.0320	25716.3387	120.4149	165.9989	-0.0096	0.0001	-0.0331	0.0740
BR-A2BF6F3	25558.5500	119.2348	166.0450	25558.5101	119.2348	166.0386	-0.0398	0.0000	-0.0064	0.0409
BR-A2BF6F4	25573.5799	118.0004	166.0140	25573.6316	118.0002	166.0338	0.0517	-0.0002	0.0198	0.0913
BR-A2BF6F5	25394.7194	118.0449	166.0520	25394.7329	118.0449	166.0315	0.0135	-0.0001	-0.0205	0.0333
BR-A2BPM5F1	25666.3232	121.2285	71.0130	25666.2910	121.2285	71.1567	-0.0323	0.0001	0.1437	0.1499
BR-A2BPM5F2	25658.4034	121.1002	71.0130	25658.3840	121.1002	71.1300	-0.0194	0.0000	0.1170	0.1191
BR-A2CY3F1	25917.2324	124.9838	150.1020	25917.2117	124.9838	150.1660	-0.0207	-0.0000	0.0640	0.0678
BR-A2CY3F2	25752.5582	125.0054	150.1700	25752.5184	125.0058	150.1410	-0.0418	0.0003	-0.0290	0.1519
BR-A2CY3F3	25967.2939	124.9773	97.8550	25967.2558	124.9772	97.9445	-0.0381	-0.0002	0.0895	0.1190
BR-A2CY3F4	25967.3457	124.9782	-97.7780	25967.4004	124.9775	-97.7036	0.0547	-0.0007	0.0744	0.3368
BR-A2BD7F1	25252.9834	116.6413	180.0299	25252.9617	116.6414	179.9842	-0.0217	0.0001	-0.0457	0.0588
BR-A2BD7F2	25647.9104	116.5154	180.0048	25647.8879	116.5155	180.0075	-0.0224	0.0001	0.0027	0.0362
BR-A2BD7F3	25335.9529	115.2847	180.0488	25335.9119	115.2847	180.0494	-0.0410	0.0000	0.0006	0.0416
BR-A2BD7F4	25360.4887	113.9611	180.0063	25360.4295	113.9612	180.0344	-0.0591	0.0000	0.0281	0.0688
BR-A2BD7F5	25063.3537	114.0577	180.0018	25063.2571	114.0577	179.9605	-0.0966	0.0000	-0.0413	0.1055
BR-A2BF7F1	24976.2013	112.3764	166.0830	24976.1435	112.3764	166.0083	-0.0577	0.0000	-0.0747	0.0949
BR-A2BF7F2	25152.0568	112.2888	166.0140	25152.0150	112.2888	165.9473	-0.0417	0.0000	-0.0667	0.0801
BR-A2BF7F3	24962.0411	111.1057	166.1200	24962.0119	111.1057	166.1046	-0.0292	-0.0001	-0.0154	0.0522
BR-A2BF7F4	24943.0602	109.8414	166.0420	24943.0337	109.8412	166.0175	-0.0265	-0.0001	-0.0245	0.0727
BR-A2BF7F5	24765.7180	109.9123	166.0300	24765.6783	109.9121	166.0202	-0.0397	-0.0002	-0.0098	0.0927
BR-A2BPM6F1	25166.4859	113.5864	71.0130	25166.5590	113.5876	71.6818	0.0731	0.0013	0.6688	0.8729
BR-A2BPM6F2	25154.5627	113.4571	71.0130	25154.5582	113.4584	71.6511	-0.0045	0.0013	0.6391	0.8417
BR-A2CX2F1	25328.9027	117.1856	124.0880	25328.9667	117.1856	124.0530	0.0640	-0.0000	-0.0350	0.0729
BR-A2CX2F2	25523.2551	117.1304	124.0420	25523.3556	117.1306	124.0208	0.1005	0.0001	-0.0212	0.1179
BR-A2CX2F3	25574.8452	117.1157	74.5370	25574.9310	117.1159	74.4662	0.0857	0.0003	-0.0708	0.1596
BR-A2CX2F4	25574.9883	117.1151	-74.0490	25575.0318	117.1153	-74.1983	0.0435	0.0002	-0.1493	0.1910
BR-A2SF2F1	25129.0527	113.1760	158.9250	25129.0887	113.1759	158.9001	0.0161	-0.0001	-0.0249	0.0486
BR-A2SF2F2	24994.1871	113.2396	79.4220	24994.2542	113.2396	79.3961	0.0671	0.0000	-0.0259	0.0749
BR-A2SF2F5	25264.0132	113.1133	79.5050	25264.0762	113.1132	79.5128	0.0629	-0.0001	0.0078	0.0679
BR-A2BD8F1	24358.0967	104.8241	180.0253	24358.0971	104.8241	180.0461	0.0004	-0.0000	0.0208	0.0227
BR-A2BD8F1	24358.0967	104.8241	180.0253	24358.1809	104.8238	180.0634	0.0642	-0.0003	0.0381	0.1386
BR-A2BD8F2	24653.1395	104.8957	179.9986	24653.1600	104.8958	180.0694	0.0204	0.0001	0.0708	0.0898
BR-A2BD8F2	24653.1395	104.8957	179.9986	24653.2198	104.8955	180.0731	0.0803	-0.0002	0.0745	0.1304
BR-A2BD8F3	24443.1777	103.4186	179.9999	24443.2667	103.4184	180.0267	0.0890	-0.0002	0.0288	0.1326
BR-A2BD8F4	24470.0350	102.0469	180.0447	24470.0110	102.0468	180.0579	-0.0240	-0.0000	0.0132	0.0284
BR-A2BD8F4	24470.0350	102.0469	180.0447	24470.1389	102.0466	180.0354	0.1039	-0.0002	-0.0093	0.1407
BR-A2BD8F5	24172.7392	102.1438	180.0095	24172.7710	102.1437	180.0158	0.0318	-0.0001	0.0063	0.0480
BR-A2BD8F5	24172.7392	102.1438	180.0095	24172.8753	102.1436	179.9977	0.1361	-0.0002	-0.0118	0.1677
BR-A2BPM7F1	24532.6648	105.3959	71.0130	24532.5087	105.3915	73.1493	-0.1561	-0.0044	2.1363	2.8553
BR-A2BPM7F2	24525.6589	105.2615	71.0130	24525.4712	105.2571	73.0909	-0.1877	-0.0044	2.0779	2.8035
BR-A2CX3F1	24590.9146	107.9198	124.0740	24590.9590	107.9196	124.0972	0.0444	-0.0002	0.0232	0.1131
BR-A2CX3F2	24784.2507	107.8442	124.0400	24784.2941	107.8442	124.0881	0.0435	-0.0001	0.0481	0.0697
BR-A2CX3F3	24835.4995	107.8234	74.0660	24835.5295	107.8235	74.1589	0.0300	0.0001	0.0929	0.1153
BR-A2CX3F4	24835.3859	107.8227	-74.2680	24835.4369	107.8228	-74.2091	0.0510	0.0001	0.0589	0.0993

Part 2: Deviations of All Elements

Vector Group											
CYU ANALYSIS-Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY											
Name	Begin			End			Delta				
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag	
BR-A2CY4F1	24639.6473	105.8316	150.1850	24639.6617	105.8316	150.2078	0.0144	0.0000	0.0228	0.0271	
BR-A2CY4F2	24475.7986	105.8815	150.0560	24475.8071	105.8818	150.0146	0.0086	0.0003	-0.0414	0.1427	
BR-A2CY4F3	24689.1538	105.8166	98.0540	24689.1977	105.8168	98.1501	0.0439	0.0001	0.0961	0.1200	
BR-A2CY4F4	24689.1532	105.8162	-97.8920	24689.4242	105.8165	-97.7889	0.2711	0.0003	0.1031	0.3185	
BR-A2QD2F1	24652.0350	108.6940	230.1133	24652.0726	108.6940	230.1440	0.0376	0.0000	0.0307	0.0504	
BR-A2QD2F2	24694.3294	109.2190	230.0813	24694.3839	109.2190	230.0602	0.0545	-0.0000	-0.0211	0.0589	
BR-A2QD2F3	24881.0212	109.1365	230.0213	24881.0383	109.1365	230.0327	0.0172	-0.0000	0.0114	0.0209	
BR-A2QD2F4	24839.0269	108.6153	230.0489	24839.0736	108.6153	230.0626	0.0466	0.0000	0.0137	0.0489	
BR-A2QG2F1	24505.8558	106.6046	229.9976	24505.9328	106.6045	229.9767	0.0770	-0.0001	-0.0209	0.0949	
BR-A2QG2F2	24539.7031	107.1362	229.9753	24539.7911	107.1360	229.9308	0.0880	-0.0001	-0.0445	0.1128	
BR-A2QG2F3	24727.5811	107.0694	230.0223	24727.6395	107.0692	229.9964	0.0594	-0.0001	-0.0259	0.0887	
BR-A2QG2F4	24693.9370	106.5415	230.0248	24694.0056	106.5416	230.0232	0.0685	0.0001	-0.0016	0.0825	
BR-A2QF2F1	24076.4295	100.3962	229.9512	24076.4408	100.3957	230.0388	0.0113	-0.0005	0.0876	0.2139	
BR-A2QF2F2	24119.0059	100.9337	229.9840	24119.0091	100.9332	230.0297	0.0032	-0.0005	0.0457	0.1958	
BR-A2QF2F3	24305.6119	100.8486	230.1070	24305.6426	100.8482	230.1152	0.0307	-0.0004	0.0082	0.1697	
BR-A2QF2F4	24263.4001	100.3152	230.0860	24263.4607	100.3147	230.1120	0.0605	-0.0005	0.0260	0.2252	
BR-XSBUM1F1	24029.1833	99.5460	95.1024	24029.0917	99.5458	95.2358	-0.0917	-0.0003	0.1334	0.1979	
BR-XSBUM1F2	24186.8401	99.4837	95.1732	24186.8358	99.4834	95.3186	-0.0043	-0.0003	0.1454	0.1924	
BR-XSBUM1F3	24014.4016	99.3338	94.9768	24014.3430	99.3337	95.1411	-0.0586	-0.0001	0.1643	0.1789	
BR-XSBUM1F4	24172.2291	99.2725	95.0665	24172.1817	99.2723	95.1736	-0.0475	-0.0002	0.1071	0.1555	
BR-XSBUM2F1	23773.7499	94.2946	94.9439	23774.0020	94.2948	94.9176	0.2521	0.0001	-0.0283	0.2592	
BR-XSBUM2F2	23932.9817	94.2659	94.9293	23933.2452	94.2660	94.9030	0.2835	0.0001	-0.0262	0.2903	
BR-XSBUM2F3	23767.3762	94.0789	94.9406	23767.5739	94.0791	94.8510	0.1978	0.0002	-0.0897	0.2336	
BR-XSBUM2F4	23926.5984	94.0507	94.9206	23926.8030	94.0510	94.8549	0.2046	0.0003	-0.0857	0.2503	
BR-XSCXW1F1	24039.0860	99.9405	132.5490	24039.0750	99.9408	132.6594	-0.0110	0.0003	0.1104	0.1661	
BR-XSCXW1F2	24232.2351	99.8608	132.5270	24232.2228	99.8606	132.6086	-0.0123	-0.0002	0.0816	0.1162	
BR-XSCXW1F3	24283.6187	99.8402	82.4720	24283.5815	99.8398	82.5592	-0.0372	-0.0003	0.0872	0.1744	
BR-XSCXW1F4	24283.6940	99.8406	-82.3830	24283.6678	99.8403	-82.3778	-0.0262	-0.0003	0.0052	0.1096	
BR-XSKIKF1	23938.5547	98.8941	-86.0000	23938.7238	98.8946	-85.7226	0.1690	0.0004	0.2774	0.3669	
BR-XSKIKF2	24185.5862	98.7927	-86.0000	24185.6362	98.7931	-85.7287	0.0500	0.0004	0.2713	0.3306	
BR-XSKIKF3	24016.3107	95.8082	-86.0000	24016.4674	95.8083	-86.0042	0.1567	0.0001	-0.0042	0.1674	
BR-XSKIKF4	23767.5199	95.6671	-86.0000	23767.8339	95.6673	-85.9301	0.3140	0.0002	0.0899	0.3315	
BR-XSPKU1F2	23871.7043	94.8607	71.0130	23872.5461	94.8603	71.4885	0.8418	-0.0004	0.4755	0.9784	
BR-XSSMP1F1	23789.8099	91.9271	138.3700	23789.7781	91.9268	138.3963	-0.0319	-0.0003	0.0263	0.1441	
BR-XSSMP1F2	23899.7480	91.9182	138.3900	23899.8587	91.9185	138.3795	0.1107	0.0002	-0.0105	0.1499	
BR-XSSMP1F3	23888.3022	90.7316	138.3700	23888.2723	90.7317	138.3643	-0.0299	0.0001	-0.0057	0.0533	
BR-XSSMP1F4	23778.3112	90.7349	138.3800	23778.2315	90.7350	138.4115	-0.0797	0.0000	0.0315	0.0888	
BR-XSBUM3F2	23916.0079	85.9480	94.9600	23916.1409	85.9484	95.0238	0.1330	0.0004	0.0638	0.2164	
BR-XSBUM3F3	23762.9892	85.7050	94.9500	23763.0151	85.7039	94.8388	0.0259	-0.0011	-0.1112	0.4772	
BR-XSBUM3F4	23922.6981	85.7332	94.9500	23922.6157	85.7333	94.9065	-0.0824	0.0001	-0.0435	0.0994	
BR-XSPKU2F1	23862.2882	85.1360	71.0130	23862.3558	85.1346	70.9914	0.0675	-0.0014	-0.0316	0.5798	
BR-XSPKU2F2	23867.2761	84.9973	71.0130	23867.2199	84.9957	71.0558	-0.0562	-0.0016	0.0428	0.6649	
BR-A3QF1F1	24119.2977	79.0664	229.9640	24119.4341	79.0663	229.9338	0.1364	-0.0001	-0.0302	0.1493	
BR-A3QF1F2	24076.7134	79.6036	230.0480	24076.8087	79.6038	230.0332	0.0953	0.0002	-0.0148	0.1355	
BR-A3QF1F3	24263.7136	79.6948	230.0800	24263.6294	79.6947	230.1460	-0.0842	-0.0001	0.0660	0.1201	
BR-A3QF1F4	24305.9471	79.1513	230.0100	24305.9166	79.1513	230.0550	-0.0305	0.0000	0.0450	0.0564	
BR-XSBUM4F1	24014.2556	80.6654	94.9089	24014.2563	80.6653	94.8544	0.0007	-0.0000	-0.0545	0.0561	
BR-XSBUM4F2	24172.1687	80.7272	94.8998	24172.1594	80.7270	94.8027	-0.0093	-0.0001	-0.0961	0.1141	
BR-XSBUM4F3	24028.7812	80.4537	95.0052	24028.7140	80.4536	95.0428	-0.0672	-0.0001	0.0376	0.0837	
BR-XSBUM4F4	24186.8725	80.5166	95.0237	24186.7796	80.5168	95.0431	-0.0929	0.0001	0.0194	0.1140	
BR-XSCXW2F1	24038.9883	80.0598	132.5360	24038.9325	80.0597	132.5371	-0.0558	-0.0001	0.0011	0.0832	
BR-XSCXW2F2	24232.3578	80.1401	132.5500	24232.2986	80.1405	132.5468	-0.0592	0.0004	-0.0032	0.1813	
BR-XSCXW2F3	24283.6971	80.1599	82.4180	24283.5523	80.1605	82.4496	-0.1448	0.0006	0.0316	0.3084	
BR-XSCXW2F4	24283.6395	80.1599	-82.5530	24283.5725	80.1601	-82.5911	-0.0670	0.0001	-0.0381	0.0996	
BR-A3BD1F1	24172.3567	77.8575	179.9916	24172.4698	77.8575	180.0452	0.1131	-0.0000	0.0536	0.1251	
BR-A3BD1F2	24469.6347	77.9548	179.9957	24469.7716	77.9548	180.0246	0.1369	0.0000	0.0289	0.1400	
BR-A3BD1F3	24443.0098	76.5833	179.9776	24443.1609	76.5831	179.9554	0.1510	-0.0002	-0.0222	0.1742	
BR-A3BD1F4	24653.1612	75.3063	180.0298	24653.2965	75.3061	179.9406	0.1353	-0.0002	-0.0892	0.1778	
BR-A3BD1F5	24358.1149	75.1775	179.9829	24358.2500	75.1773	179.9310	0.1351	-0.0002	-0.0519	0.1693	
BR-A3BPM1F1	24525.6589	74.7385	71.0130	24526.0123	74.7370	71.4081	0.3533	-0.0015	0.3951	0.8348	
BR-A3BPM1F2	24532.6648	74.6041	71.0130	24533.0581	74.6025	71.3918	0.3934	-0.0015	0.3788	0.8519	
BR-A3CX1F1	24784.1576	72.1575	124.0000	24784.0831	72.1578	123.9991	-0.0745	0.0003	-0.0009	0.1604	
BR-A3CX1F2	24590.7414	72.0825	124.0000	24590.6853	72.0827	123.9404	-0.0561	0.0002	-0.0596	0.1308	
BR-A3CX1F3	24835.2887	72.1771	74.2130	24835.2996	72.1773	74.1485	0.0109	0.0002	-0.0645	0.1131	
BR-A3CX1F4	24835.1574	72.1760	-74.3130	24835.4229	72.1768	-74.3126	0.2655	0.0008	0.0004	0.4397	
BR-A3CY1F1	24639.5580	74.1684	150.0000	24639.5484	74.1682	149.9510	-0.0096	-0.0002	-0.0490	0.1158	
BR-A3CY1F2	24475.9315	74.1204	150.1195	24476.0263	74.1203	150.0871	0.0948	-0.0001	-0.0324	0.1052	
BR-A3CY1F3	24689.0913	74.1835	97.7708	24689.1714	74.1827	97.7069	0.0801	-0.0009	-0.0639	0.3942	
BR-A3CY1F4	24689.0913	74.1835	-97.9286	24689.1628	74.1822	-98.0127	0.0714	-0.0013	-0.0841	0.5836	
BR-A3QD1F1	24694.2248	70.7816	230.1291	24694.2327	70.7817	230.1071	0.0079	0.0002	-0.0220	0.0698	
BR-A3QD1F2	24652.0006	71.3067	230.0585	24652.0539	71.3068	230.0454	0.0533	0.0001	-0.0131	0.0776	
BR-A3QD1F3	24839.0132	71.3852	229.9496	24839.0925	71.3852	229.9095	0.0793	-0.0001	-0.0401	0.0890	

Part 2: Deviations of All Elements

Vector Group										
CYU ANALYSIS-Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A3QD1F4	24880.9182	70.8639	229.9722	24880.9265	70.8639	229.9165	0.0083	-0.0000	-0.0557	0.0577
BR-A3QG1F1	24539.7390	72.8633	230.0811	24539.8240	72.8631	230.0192	0.0850	-0.0002	-0.0619	0.1284
BR-A3QG1F2	24505.8121	73.3948	230.0496	24505.8131	73.3947	229.9388	0.0010	-0.0001	-0.1108	0.1174
BR-A3QG1F3	24693.9800	73.4578	229.9569	24693.9828	73.4578	229.8081	0.0028	-0.0000	-0.1488	0.1490
BR-A3QG1F4	24727.6204	72.9303	230.0075	24727.7055	72.9303	229.8986	0.0851	-0.0000	-0.1089	0.1385
BR-A3BD2F1	25063.1547	65.9433	180.0113	25063.0915	65.9431	179.9857	-0.0632	-0.0001	-0.0256	0.0851
BR-A3BD2F2	25360.2094	66.0401	180.0073	25360.2019	66.0400	179.9408	-0.0075	-0.0000	-0.0665	0.0704
BR-A3BD2F3	25335.9189	64.7165	179.9819	25335.9041	64.7164	179.9119	-0.0148	-0.0001	-0.0700	0.0825
BR-A3BD2F4	25547.9490	63.4859	179.9931	25547.9686	63.4858	179.9590	0.0196	-0.0001	-0.0341	0.0584
BR-A3BD2F5	25253.0301	63.3597	179.9943	25253.0745	63.3596	179.9975	0.0444	-0.0001	0.0032	0.0757
BR-A3BF1F1	24765.9587	70.0880	166.0175	24765.8427	70.0880	166.0063	-0.1160	0.0000	-0.0112	0.1183
BR-A3BF1F2	24943.3877	70.1590	166.0081	24943.2894	70.1590	166.0191	-0.0982	0.0001	0.0130	0.1037
BR-A3BF1F3	24962.0409	68.8945	166.0352	24961.9323	68.8945	166.0204	-0.1087	0.0000	-0.0148	0.1101
BR-A3BF1F4	25152.1154	67.7118	166.0258	25152.0212	67.7118	166.0349	-0.0941	0.0000	0.0091	0.0946
BR-A3BF1F5	24976.1771	67.6240	166.0194	24976.0809	67.6240	166.0409	-0.0961	0.0000	0.0215	0.0998
BR-A3BPM2F1	25154.5627	66.5429	71.0130	25154.6096	66.5407	71.0646	0.0469	-0.0022	0.0516	0.9584
BR-A3BPM2F2	25166.4859	66.4136	71.0130	25166.4001	66.4117	71.0172	-0.0859	-0.0019	0.0042	0.8520
BR-A3CX2F1	25328.5862	62.8164	124.0050	25328.5306	62.8162	123.9872	-0.0556	-0.0002	-0.0178	0.0906
BR-A3CX2F2	25253.1781	62.8706	124.0000	25253.1203	62.8704	123.9847	-0.0578	-0.0001	-0.0153	0.0827
BR-A3CX2F3	25574.7925	62.8843	74.1850	25574.7577	62.8842	74.0716	-0.0348	-0.0001	-0.1134	0.1312
BR-A3CX2F4	25574.8186	62.8846	-74.1510	25574.7000	62.8846	-74.1456	-0.1185	0.0001	0.0054	0.1210
BR-A3SF1F1	25129.0035	66.8227	159.0300	25128.9683	66.8227	159.0626	-0.0352	0.0001	0.0326	0.0635
BR-A3SF1F2	24994.2226	66.7613	79.6490	24994.2029	66.7613	79.6215	-0.0197	0.0000	-0.0275	0.0342
BR-A3SF1F5	25264.0583	66.8865	79.5590	25264.0738	66.8865	79.5727	0.0155	0.0000	0.0137	0.0262
BR-A3BD3F1	25563.8052	58.0973	180.0269	25563.8880	58.0974	180.0747	0.0828	0.0000	0.0478	0.0958
BR-A3BD3F2	25862.9287	58.1484	180.0117	25863.0175	58.1484	179.9434	0.0888	-0.0000	-0.0683	0.1120
BR-A3BD3F3	25800.2003	56.8561	180.0515	25800.2760	56.8560	180.0070	0.0757	-0.0001	-0.0445	0.0975
BR-A3BD3F4	25975.7253	55.6185	180.0113	25975.7862	55.6183	179.9975	0.0608	-0.0002	-0.0138	0.1106
BR-A3BD3F5	25677.8227	55.5382	180.0266	25677.8735	55.5380	180.0070	0.0508	-0.0002	-0.0196	0.0988
BR-A3BF2F1	25394.7382	61.9548	166.0390	25394.6957	61.9548	166.0567	-0.0425	-0.0000	0.0177	0.0477
BR-A3BF2F2	25573.6107	61.9996	166.0200	25573.5822	61.9997	166.0039	-0.0285	0.0001	-0.0161	0.0679
BR-A3BF2F3	25558.4796	60.7650	166.0390	25558.5261	60.7651	165.9733	0.0466	0.0000	-0.0657	0.0811
BR-A3BF2F4	25716.5038	59.5852	166.0280	25716.5468	59.5852	165.9633	0.0430	-0.0001	-0.0647	0.0826
BR-A3BF2F5	25538.5729	59.5239	166.0360	25538.6133	59.5239	166.0253	0.0404	0.0000	-0.0107	0.0423
BR-A3BPM3F1	25658.4034	58.8998	71.0130	25658.4617	58.8975	71.0429	0.0582	-0.0023	0.0299	1.0537
BR-A3BPM3F2	25666.3232	58.7715	71.0130	25666.2760	58.7692	71.0310	-0.0472	-0.0023	0.0180	1.0375
BR-A3CY2F1	25917.4970	55.0153	150.0480	25917.4749	55.0150	150.0402	-0.0221	-0.0003	-0.0078	0.1205
BR-A3CY2F2	25752.4529	54.9952	150.0510	25752.4543	54.9952	150.0611	0.0014	-0.0000	0.0101	0.0112
BR-A3CY2F3	25967.3073	55.0218	97.9920	25967.3103	55.0218	98.0094	0.0030	-0.0002	0.0174	0.0843
BR-A3CY2F4	25967.2983	55.0220	-97.9830	25967.2963	55.0222	-97.9931	-0.0020	0.0002	-0.0101	0.1071
BR-A3BD4F1	26839.7583	50.0862	180.0210	26839.7385	50.0860	180.0992	-0.0198	-0.0001	0.0782	0.1027
BR-A3BD4F2	26139.7580	50.0947	180.0030	26139.7433	50.0946	180.1477	-0.0147	-0.0001	0.1447	0.1603
BR-A3BD4F3	26040.2504	48.8264	180.0510	26040.2128	48.8261	180.0963	-0.0376	-0.0002	0.0453	0.1275
BR-A3BD4F4	26179.8232	47.5773	180.0160	26179.7923	47.5771	179.9964	-0.0309	-0.0003	-0.0196	0.1308
BR-A3BD4F5	25890.3212	47.5396	180.0280	25890.2610	47.5393	180.0171	-0.0602	-0.0003	-0.0109	0.1440
BR-A3BF3F1	25777.5971	54.1380	166.0300	25777.5232	54.1382	166.0176	-0.0740	0.0002	-0.0124	0.1339
BR-A3BF3F2	25957.3426	54.1554	166.0400	25957.3237	54.1557	166.0401	-0.0189	0.0002	0.0001	0.1099
BR-A3BF3F3	25905.6475	52.9432	166.0810	25905.5878	52.9434	166.0826	-0.0598	0.0001	0.0016	0.0889
BR-A3BF3F4	26027.8427	51.7575	166.0510	26027.7902	51.7576	166.1236	-0.0525	0.0000	0.0726	0.0907
BR-A3BF3F5	25848.5069	51.7235	166.0400	25848.4616	51.7235	166.0535	-0.0453	0.0001	0.0135	0.0529
BR-A3BPM4F1	25964.3403	50.6355	71.0130	25964.3137	50.6345	71.0443	-0.0266	-0.0010	0.0313	0.4557
BR-A3BPM4F2	25968.8434	50.5079	71.0130	25968.8820	50.5071	71.1295	0.0387	-0.0008	0.1165	0.3983
BR-A3SD1F1	25955.3606	50.9099	158.9767	25955.4035	50.9099	159.0052	0.0428	-0.0001	0.0285	0.0591
BR-A3SD1F2	25817.7071	50.8874	79.4160	25817.7119	50.8871	79.4086	0.0048	-0.0003	-0.0074	0.1416
BR-A3SD1F5	26092.5276	50.9314	79.3748	26092.5230	50.9316	79.3702	-0.0046	0.0002	-0.0046	0.0885
BR-A3BF4F1	25939.4910	46.2070	166.0147	25939.4604	46.2070	165.9986	-0.0306	0.0000	-0.0161	0.0346
BR-A3BF4F2	26119.5111	46.1986	166.0063	26119.4614	46.1987	165.9942	-0.0497	0.0000	-0.0121	0.0518
BR-A3BF4F3	26032.2742	45.0032	166.0167	26032.2454	45.0032	165.9901	-0.0288	-0.0000	-0.0266	0.0411
BR-A3BF4F4	26119.2700	43.8075	166.0197	26119.3038	43.8074	165.9855	0.0338	-0.0001	-0.0342	0.0601
BR-A3BF4F5	25939.3213	43.7993	166.0343	25939.3217	43.7992	165.9921	0.0004	-0.0001	-0.0522	0.0683
BR-A3BD5F1	25879.9399	42.4692	180.0607	25879.8941	42.4691	180.0464	-0.0558	-0.0001	-0.0143	0.0692
BR-A3BD5F2	26179.5916	42.4316	180.0395	26179.5412	42.4316	180.0786	-0.0504	-0.0000	0.0391	0.0685
BR-A3BD5F3	26039.8731	41.1822	180.0182	26039.8467	41.1823	180.0129	-0.0264	0.0000	-0.0053	0.0277
BR-A3BD5F4	26139.4859	39.9138	179.9516	26139.5124	39.9137	179.8991	0.0266	-0.0001	-0.0525	0.0714
BR-A3BD5F5	25839.3847	39.9222	179.9618	25839.3873	39.9221	179.8780	0.0026	-0.0001	-0.0838	0.0914
BR-A3BF5F1	25848.0359	38.2831	166.0778	25848.0649	38.2831	165.9480	0.0290	-0.0000	-0.1298	0.1330
BR-A3BF5F2	26027.5300	38.2490	166.0369	26027.5397	38.2490	165.9082	0.0097	-0.0000	-0.1287	0.1301
BR-A3BF5F3	25905.2640	37.0633	166.0067	25905.2566	37.0633	165.9281	-0.0074	0.0000	-0.0786	0.0796
BR-A3BF5F4	25957.0638	35.8512	165.9695	25957.0365	35.8511	165.9730	-0.0273	-0.0000	0.0035	0.0337
BR-A3BF5F5	25777.1215	35.8685	166.0017	25777.1089	35.8685	165.9875	-0.0125	0.0001	-0.0142	0.0300
BR-A3BPM5F1	25968.5578	39.4986	71.0130	25968.4728	39.5021	71.0467	-0.0850	0.0035	0.0337	1.5684
BR-A3BPM5F2	25964.0481	39.3710	71.0130	25964.1653	39.3744	71.0220	0.1171	0.0033	0.0090	1.5160

Part 2: Deviations of All Elements

Vector Group										
CYU ANALYSIS-Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY										
Name	Begin			End			Delta			
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag
BR-A3SD2F1	25954.7703	39.0937	158.9800	25954.7146	39.0940	159.0148	-0.0557	0.0003	0.0348	0.1689
BR-A3SD2F2	25817.0784	39.1140	79.3050	25817.1975	39.1140	79.2672	0.1211	0.0000	-0.0378	0.1278
BR-A3SD2F5	26091.9945	39.0712	79.8870	26091.9142	39.0713	79.8474	-0.0803	0.0001	-0.0396	0.0925
BR-A3BD6F1	25877.0880	34.4689	180.0569	25877.1297	34.4690	180.0483	0.0417	0.0001	-0.0086	0.0573
BR-A3BD6F2	25975.0692	34.3890	180.0237	25975.0885	34.3890	179.9940	0.0193	0.0000	-0.0297	0.0355
BR-A3BD6F3	25799.7176	33.1513	180.0245	25799.7057	33.1511	179.9427	-0.0119	-0.0002	-0.0818	0.1115
BR-A3BD6F4	25862.6591	31.8586	179.9412	25862.6256	31.8585	179.8621	-0.0335	-0.0001	-0.0791	0.0990
BR-A3BD6F5	25563.5316	31.9096	180.0007	25563.3956	31.9094	179.8706	-0.1380	-0.0002	-0.1301	0.2033
BR-A3BF6F1	25537.7843	30.4823	166.0279	25537.7403	30.4825	165.9449	-0.0441	0.0002	-0.0830	0.1345
BR-A3BF6F2	25715.7693	30.4209	166.0038	25715.7396	30.4212	165.9364	-0.0296	0.0003	-0.0674	0.1390
BR-A3BF6F4	25572.7839	28.0065	166.0316	25572.8051	28.0065	166.0789	0.0212	0.0000	0.0473	0.0524
BR-A3BF6F5	25393.7700	28.0513	166.0315	25393.7750	28.0513	166.0560	0.0050	-0.0000	0.0245	0.0252
BR-A3BPM6F1	25665.6148	31.2349	71.0130	25665.4726	31.2362	71.5210	-0.1422	0.0013	0.5080	0.7827
BR-A3BPM6F2	25657.8885	31.1086	71.0130	25657.5990	31.1078	71.5289	-0.0895	0.0012	0.5159	0.7527
BR-A3CY3F1	25916.8926	34.9902	150.1120	25916.8906	34.9904	150.1441	-0.0020	0.0002	0.0321	0.0928
BR-A3CY3F2	25751.8700	35.0119	150.0030	25751.8090	35.0118	150.0372	-0.0610	-0.0001	0.0342	0.0770
BR-A3CY3F3	25966.7969	34.9843	97.9570	25966.7881	34.9846	98.0436	-0.0088	0.0003	0.0866	0.1431
BR-A3CY3F4	25966.7699	34.9842	-97.8920	25966.9464	34.9843	-97.8969	0.1766	0.0001	-0.0049	0.1837
BR-A3BD7F1	25252.3307	26.6484	180.0360	25252.3273	26.6484	180.0132	-0.0034	-0.0000	-0.0228	0.0248
BR-A3BD7F2	25547.0616	26.5225	179.9960	25547.0854	26.5225	180.0167	0.0237	-0.0000	0.0207	0.0317
BR-A3BD7F3	25335.0778	25.2919	180.0080	25335.0717	25.2918	180.0927	-0.0061	-0.0001	0.0847	0.0950
BR-A3BD7F4	25359.4462	23.9683	180.0060	25359.3586	23.9683	180.1711	-0.0876	-0.0001	0.1651	0.1883
BR-A3BD7F5	25062.4837	24.0651	180.0240	25062.3953	24.0650	180.1424	-0.0884	-0.0000	0.1184	0.1491
BR-A3BF7F1	24975.0687	22.3827	165.9650	24975.0822	22.3827	166.0284	0.0135	0.0000	0.0634	0.0658
BR-A3BF7F2	25151.0282	22.2949	166.0030	25151.0481	22.2949	166.0361	0.0199	0.0001	0.0331	0.0482
BR-A3BF7F3	24960.8338	21.1122	166.1510	24960.8902	21.1122	166.2236	0.0464	-0.0000	0.0726	0.0864
BR-A3BF7F4	24942.1474	19.8476	166.0930	24942.1649	19.8475	166.1020	0.0174	-0.0001	0.0090	0.0468
BR-A3BF7F5	24764.6859	19.9187	166.0540	24764.6905	19.9186	166.0612	0.0046	-0.0001	0.0072	0.0405
BR-A3BPM7F1	25165.3992	23.5927	71.0130	25165.4074	23.5928	71.4963	0.0082	0.0001	0.4833	0.4862
BR-A3BPM7F2	25153.4697	23.4634	71.0130	25153.5234	23.4635	71.4529	0.0537	0.0001	0.4399	0.4465
BR-A3CX3F1	25522.0236	27.1360	124.0120	25522.0530	27.1359	124.0134	0.0294	-0.0001	0.0014	0.0494
BR-A3CX3F2	25327.9880	27.1903	124.0170	25327.9552	27.1903	124.1232	-0.0327	-0.0000	0.1062	0.1174
BR-A3CX3F3	25573.7831	27.1216	73.8810	25573.8568	27.1213	73.8639	0.0737	-0.0004	-0.0171	0.1728
BR-A3CX3F4	25573.9736	27.1224	-73.8710	25573.8736	27.1206	-73.9566	-0.0999	-0.0018	-0.0856	0.8220
BR-A3SF2F1	25128.0549	23.1820	159.0467	25128.0780	23.1820	159.0451	0.0231	-0.0000	-0.0016	0.0281
BR-A3SF2F2	24993.2114	23.2463	79.6908	24993.2037	23.2460	79.7327	-0.0077	-0.0003	0.0419	0.1365
BR-A3SF2F5	25262.8709	23.1196	79.6782	25262.9300	23.1198	79.7029	0.0591	0.0002	0.0247	0.1090
BR-A3BD8F1	24356.7772	14.8301	180.0639	24356.7374	14.8302	180.0787	-0.0398	0.0001	0.0148	0.0497
BR-A3BD8F2	24651.7473	14.7015	180.0772	24651.7604	14.7015	180.0698	0.0131	0.0001	-0.0073	0.0309
BR-A3BD8F3	24441.5164	13.4245	180.0330	24441.5441	13.4246	179.9778	0.0277	0.0001	-0.0553	0.0722
BR-A3BD8F4	24468.3233	12.0528	179.9671	24468.3218	12.0528	179.9546	-0.0015	0.0001	-0.0125	0.0258
BR-A3BD8F5	24170.9855	12.1498	179.9248	24171.0140	12.1498	179.9057	0.0285	0.0000	-0.0191	0.0386
BR-A3CY4F1	24638.0188	15.8363	150.1371	24638.0477	15.8363	150.1421	0.0289	-0.0001	0.0050	0.0455
BR-A3CY4F2	24474.3393	15.8873	150.0099	24474.3502	15.8871	149.9975	0.0109	-0.0002	-0.0124	0.1037
BR-A3CY4F3	24687.6894	15.8217	98.0971	24687.7281	15.8216	98.0547	0.0387	-0.0001	-0.0424	0.0778
BR-A3CY4F4	24687.7078	15.8227	-97.9959	24687.7480	15.8224	-98.0234	0.0402	-0.0002	-0.0275	0.1117
BR-A3QD2F1	24650.9043	18.6996	230.1957	24650.8520	18.6996	230.1936	-0.0523	0.0000	-0.0021	0.0525
BR-A3QD2F2	24693.1780	19.2247	230.1407	24693.1922	19.2246	230.1733	0.0142	-0.0001	0.0326	0.0518
BR-A3QD2F3	24879.9242	19.1422	229.9611	24879.8843	19.1421	229.9619	-0.0400	-0.0001	0.0008	0.0643
BR-A3QD2F4	24837.9191	18.6210	229.9798	24837.8741	18.6209	230.0010	-0.0450	-0.0001	0.0212	0.0667
BR-A3QG2F1	24504.7026	16.6108	230.1519	24504.6473	16.6108	230.1277	-0.0552	0.0000	-0.0242	0.0613
BR-A3QG2F2	24538.4280	17.1424	230.1064	24538.3620	17.1424	230.0725	-0.0660	0.0000	-0.0339	0.0755
BR-A3QG2F3	24726.2952	17.0752	229.9610	24726.2254	17.0753	229.9374	-0.0698	0.0001	-0.0236	0.0801
BR-A3QG2F4	24692.7845	16.5476	230.0093	24692.7581	16.5477	229.9869	-0.0264	0.0001	-0.0223	0.0450
BR-A3QF2F1	24074.4053	10.3981	230.0591	24074.4383	10.3982	230.0392	0.0330	0.0000	-0.0199	0.0391
BR-A3QF2F2	24116.9845	10.9356	230.0285	24117.0442	10.9356	230.0200	0.0597	-0.0000	-0.0085	0.0628
BR-A3QF2F3	24303.6047	10.8507	230.1350	24303.6737	10.8506	230.1154	0.0690	-0.0001	-0.0196	0.0890
BR-A3QF2F4	24261.3930	10.3172	230.1705	24261.4182	10.3171	230.1507	0.0251	-0.0001	-0.0198	0.0429
BR-CSBPM1F1	24084.8646	9.2127	71.0130	24083.8482	9.2126	73.4809	-1.0164	-0.0001	2.4679	2.6682
BR-CSBPM1F2	24075.6469	9.0765	71.0130	24074.7644	9.0758	73.4298	-0.8824	-0.0006	2.4168	2.5866
BR-CSCX1F1	24037.3553	9.9430	132.5350	24037.3343	9.9431	132.4956	-0.0209	0.0001	-0.0394	0.0504
BR-CSCX1F2	24230.2809	9.8623	132.5540	24230.2155	9.8622	132.5191	-0.0654	-0.0001	-0.0349	0.0779
BR-CSCX1F3	24281.5321	9.8406	82.3010	24281.5222	9.8406	82.2160	-0.0099	0.0000	-0.0850	0.0863
BR-CSCX1F4	24281.4914	9.8390	-82.5420	24281.4583	9.8388	-82.5653	-0.0332	-0.0001	-0.0233	0.0694
BR-A4QF1F1	24117.3038	-10.9353	230.1147	24117.3085	-10.9354	230.1002	0.0047	-0.0001	-0.0146	0.0348
BR-A4QF1F2	24074.6688	-10.3979	230.0909	24074.6511	-10.3979	230.0575	-0.0177	-0.0001	-0.0334	0.0436
BR-A4QF1F3	24261.6515	-10.3168	229.9962	24261.6470	-10.3168	230.0059	-0.0045	0.0000	0.0097	0.0128
BR-A4QF1F4	24303.8954	-10.8503	230.0015	24303.9115	-10.8503	230.0275	0.0160	-0.0000	0.0260	0.0308
BR-CSBPM2F1	24075.7091	-9.0765	71.0130	24075.6374	-9.0742	72.0641	-0.0717	0.0023	1.0511	1.4220
BR-CSBPM2F2	24084.9268	-9.2127	71.0130	24084.8930	-9.2108	72.1139	-0.0338	0.0019	1.1009	1.3567
BR-CSCX2F1	24037.3183	-9.9428	132.5379	24037.2756	-9.9426	132.5721	-0.0407	0.0002	0.0342	0.0903
BR-CSCX2F2	24230.3682	-9.8627	132.5361	24230.3613	-9.8624	132.5477	-0.0070	0.0003	0.0116	0.1329

Part 2: Deviations of All Elements

Vector Group											
CYU ANALYSIS-Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY											
Name	Begin			End			Delta				
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag	
BR-CSCX2F3	24281.5804	-9.8413	82.5121	24281.5957	-9.8413	82.5211	0.0153	0.0000	0.0090	0.0248	
BR-CSCX2F4	24281.6267	-9.8416	-82.3809	24281.6497	-9.8419	-82.4373	0.0231	-0.0003	-0.0563	0.1489	
BR-A4BD1F1	24171.0010	-12.1484	180.0066	24170.9992	-12.1483	179.9742	-0.0018	0.0001	-0.0324	0.0610	
BR-A4BD1F2	24468.2084	-12.0510	180.0254	24468.2570	-12.0509	180.0311	0.0485	0.0001	0.0057	0.0672	
BR-A4BD1F3	24441.5483	-13.4228	179.9819	24441.5574	-13.4228	179.9311	0.0091	0.0001	-0.0308	0.0424	
BR-A4BD1F4	24651.9241	-14.6997	179.9950	24651.8907	-14.6998	179.9958	-0.0334	-0.0001	0.0007	0.0636	
BR-A4BD1F5	24356.8796	-14.8287	179.9840	24356.8577	-14.8288	179.9771	-0.0219	-0.0001	-0.0069	0.0584	
BR-A4CY1F1	24638.1439	-15.8381	150.0021	24638.1274	-15.8380	150.0055	-0.0165	0.0001	0.0034	0.0376	
BR-A4CY1F2	24474.6233	-15.8877	150.0750	24474.6005	-15.8878	150.0819	-0.0228	-0.0001	0.0069	0.0496	
BR-A4CY1F3	24687.7136	-15.8232	97.8961	24687.7222	-15.8230	97.8883	0.0086	0.0002	-0.0078	0.0764	
BR-A4CY1F4	24687.6971	-15.8226	-98.0449	24687.7602	-15.8225	-98.0593	0.0632	0.0001	-0.0144	0.0792	
BR-A4QD1F1	24693.0505	-19.2247	230.1174	24692.9860	-19.2248	230.1073	-0.0845	0.0001	-0.0101	0.0878	
BR-A4QD1F2	24650.8628	-18.6996	230.0580	24650.8874	-18.6995	230.0525	0.0246	0.0001	-0.0055	0.0472	
BR-A4QD1F3	24837.8566	-18.6212	229.9454	24837.8908	-18.6212	229.9242	0.0342	-0.0000	-0.0211	0.0408	
BR-A4QD1F4	24879.7292	-19.1424	229.9852	24879.6852	-19.1425	229.9808	-0.0440	-0.0001	-0.0243	0.0656	
BR-A4QG1F1	24538.9891	-17.1419	230.2888	24538.9507	-17.1419	230.2918	-0.0383	0.0000	0.0030	0.0384	
BR-A4QG1F2	24505.1572	-16.6105	230.2680	24505.0996	-16.6105	230.2681	-0.0575	0.0001	0.0001	0.0622	
BR-A4QG1F3	24693.2567	-16.5477	229.7939	24693.2104	-16.5478	229.7947	-0.0463	0.0001	0.0008	0.0529	
BR-A4QG1F4	24726.8266	-17.0752	229.8047	24726.7763	-17.0751	229.8006	-0.0503	0.0000	-0.0041	0.0516	
BR-A4BD2F1	25062.0774	-24.0630	180.1708	25062.1113	-24.0632	180.2084	0.0339	-0.0002	0.0378	0.0928	
BR-A4BD2F2	25359.1397	-23.9858	180.1260	25359.1497	-23.9861	180.1984	0.0101	-0.0003	0.0724	0.1423	
BR-A4BD2F3	25334.8569	-25.2896	180.1893	25334.8807	-25.2898	180.2301	0.0238	-0.0002	0.0408	0.1149	
BR-A4BD2F4	25547.0515	-26.5201	180.1707	25547.0934	-26.5203	180.1926	0.0419	-0.0003	0.0219	0.1267	
BR-A4BD2F5	25252.2630	-26.6464	180.1975	25252.3350	-26.6467	180.2044	0.0720	-0.0003	0.0069	0.1472	
BR-A4BF1F1	24764.6761	-19.9183	166.0270	24764.6629	-19.9182	166.0189	-0.0133	0.0001	-0.0081	0.0550	
BR-A4BF1F2	24942.0746	-19.8473	166.0174	24942.0709	-19.8472	166.0259	-0.0037	0.0001	0.0085	0.0478	
BR-A4BF1F3	24960.8360	-21.1119	166.1205	24960.9508	-21.1119	165.9999	0.1149	0.0000	-0.1206	0.1688	
BR-A4BF1F4	25151.0320	-22.2948	166.0093	25151.1154	-22.2947	166.0347	0.0835	0.0001	0.0254	0.0940	
BR-A4BF1F5	24975.1157	-22.3826	166.0097	24975.1833	-22.3824	166.0130	0.0677	0.0002	0.0033	0.1023	
BR-A4BPM1F1	25153.4697	-23.4634	71.0130	25153.4228	-23.4635	70.8895	-0.0470	-0.0001	-0.1235	0.1378	
BR-A4BPM1F2	25165.3992	-23.5927	71.0130	25165.3444	-23.5928	70.8279	-0.0549	-0.0001	-0.1851	0.2003	
BR-A4CX1F1	25327.9515	-27.1910	124.0880	25327.9172	-27.1909	124.1226	-0.0343	0.0001	0.0346	0.0561	
BR-A4CX1F2	25522.4390	-27.1364	124.0790	25522.4139	-27.1363	124.1098	-0.0252	0.0001	0.0308	0.0495	
BR-A4CX1F3	25573.8734	-27.1220	73.9440	25573.8420	-27.1220	73.9914	-0.0314	0.0001	0.0474	0.0651	
BR-A4CX1F4	25573.9500	-27.1225	-74.2600	25573.9656	-27.1226	-74.2330	0.0156	-0.0001	0.0270	0.0646	
BR-A4SF1F1	25127.8802	-23.1827	159.0208	25127.8698	-23.1826	158.9736	-0.0104	0.0001	-0.0472	0.0569	
BR-A4SF1F4	25263.1237	-23.1210	-79.4358	25263.3244	-23.1211	-79.4043	0.2007	-0.0001	0.0315	0.2100	
BR-A4SF1F5	25263.0222	-23.1195	79.3379	25263.0846	-23.1194	79.3692	0.0624	0.0000	0.0313	0.0721	
BR-A4BD3F1	25562.8251	-31.9094	180.0595	25562.8525	-31.9096	180.1177	-0.1726	-0.0002	0.0582	0.2120	
BR-A4BD3F2	25861.9176	-31.8582	180.0285	25861.9366	-31.8581	179.9948	0.0190	0.0002	-0.0317	0.0777	
BR-A4BD3F3	25799.2561	-33.1506	180.0847	25799.1912	-33.1506	180.0757	-0.0649	-0.0000	-0.0089	0.0680	
BR-A4BD3F4	25974.9719	-34.3881	180.0496	25974.9079	-34.3882	180.0707	-0.0640	-0.0001	0.0211	0.0784	
BR-A4BD3F5	25677.1764	-34.4688	179.9951	25677.0906	-34.4688	179.9820	-0.0868	-0.0001	-0.0131	0.0911	
BR-A4BF2F1	25393.7818	-28.0517	166.0261	25393.8021	-28.0518	166.0247	0.0202	-0.0001	-0.0015	0.0496	
BR-A4BF2F2	25572.6935	-28.0069	166.0376	25572.6985	-28.0071	166.0446	0.0049	-0.0002	0.0070	0.0736	
BR-A4BF2F3	25557.8234	-29.2414	166.0785	25557.7417	-29.2415	166.0343	-0.0817	-0.0001	-0.0423	0.1089	
BR-A4BF2F4	25715.6728	-30.4213	166.0408	25715.6107	-30.4215	166.0065	-0.0621	-0.0002	-0.0343	0.1248	
BR-A4BF2F5	25537.7034	-30.4828	166.0707	25537.6361	-30.4829	166.0175	-0.0673	-0.0002	-0.0532	0.1185	
BR-A4BPM2F1	25657.6885	-31.1066	71.0130	25657.7648	-31.1091	71.5739	0.0764	-0.0024	0.5609	1.2288	
BR-A4BPM2F2	25665.6148	-31.2349	71.0130	25665.5429	-31.2372	71.5473	-0.0718	-0.0023	0.5343	1.1733	
BR-A4CY2F1	25916.9205	-34.9909	150.1070	25916.9427	-34.9908	150.1059	0.0222	0.0001	-0.0011	0.0602	
BR-A4CY2F2	25752.0225	-35.0126	150.1100	25752.0712	-35.0127	150.1029	0.0487	-0.0000	-0.0071	0.0522	
BR-A4CY2F3	25966.8143	-34.9845	97.9820	25966.8459	-34.9847	97.9780	0.0315	-0.0001	-0.0040	0.0703	
BR-A4CY2F4	25966.8238	-34.9847	-97.9590	25966.8372	-34.9858	-97.9997	0.0134	-0.0011	-0.0407	0.4977	
BR-A4BD4F1	25839.4406	-39.9210	180.0220	25839.4392	-39.9210	179.8852	-0.0014	0.0000	-0.1368	0.1369	
BR-A4BD4F2	26139.4511	-39.9122	180.0050	26139.4570	-39.9121	179.9130	0.0059	0.0001	-0.0920	0.1099	
BR-A4BD4F3	26039.9405	-41.1807	180.0250	26039.9339	-41.1806	180.0266	-0.0066	0.0001	0.0016	0.0610	
BR-A4BD4F4	26179.7682	-42.4296	180.0220	26179.8017	-42.4297	180.0276	0.0335	-0.0000	0.0056	0.0361	
BR-A4BD4F5	25890.2864	-42.4676	180.0220	25890.3275	-42.4677	180.0168	0.0411	-0.0001	-0.0052	0.0547	
BR-A4BF3F1	25777.0506	-35.8687	166.0280	25777.0588	-35.8686	166.0233	0.0083	0.0001	-0.0047	0.0401	
BR-A4BF3F2	25956.8777	-35.8512	166.0040	25956.9238	-35.8512	166.0170	0.0461	0.0001	0.0130	0.0583	
BR-A4BF3F3	25905.1778	-37.0635	165.9930	25905.1565	-37.0635	165.9374	-0.0213	0.0001	-0.0556	0.0640	
BR-A4BF3F4	26027.2061	-38.2491	166.0280	26027.1686	-38.2490	165.9744	-0.0376	0.0000	-0.0536	0.0689	
BR-A4BF3F5	25847.8001	-38.2831	166.0440	25847.7274	-38.2830	165.9970	-0.0727	0.0000	-0.0470	0.0872	
BR-A4BPM3F1	25964.0481	-39.3710	71.0130	25964.1224	-39.3738	71.4244	0.0743	-0.0027	0.4114	1.3133	
BR-A4BPM3F2	25968.5578	-39.4986	71.0130	25968.6572	-39.5013	71.4169	0.0994	-0.0027	0.4039	1.2961	
BR-A4SD1F1	25954.7765	-39.0977	158.9533	25954.8033	-39.0978	158.9344	0.0268	-0.0000	-0.0189	0.0334	
BR-A4SD1F2	25817.2520	-39.1191	79.1932	25817.2777	-39.1192	79.2035	0.0257	-0.0001	0.0103	0.0634	
BR-A4SD1F5	26092.2231	-39.0763	79.5095	26092.3226	-39.0759	79.4102	0.0995	0.0003	-0.0993	0.2096	
BR-A4BF4F1	25939.4670	-43.7992	166.0349	25939.4607	-43.7992	166.0540	-0.0062	0.0001	0.0191	0.0304	
BR-A4BF4F2	26119.4032	-43.8075	166.0327	26119.4307	-43.8074	166.0242	0.0275	0.0001	-0.0085	0.0540	
BR-A4BF4F3	26032.2716	-45.0031	166.0683	26032.2898	-45.0030	166.0444	0.0182	0.0001	-0.0239	0.0424	

Part 2: Deviations of All Elements

Vector Group											
CYU ANALYSIS-Auto Vectors: Groups: REFERENCE FINAL to FID ONLY											
Name	Begin			End			Delta				
	R1	Theta1	Z1	R2	Theta2	Z2	dR	dTheta	dZ	Mag	
BR-A4BF4F4	26119.4173	-46.1987	166.0329	26119.4055	-46.1988	166.0575	-0.0118	-0.0001	0.0246	0.0559	
BR-A4BF4F5	25939.4666	-46.2070	166.0595	25939.4670	-46.2070	166.0526	0.0103	0.0000	-0.0069	0.0215	
BR-A4BD5F1	25879.9852	-47.5375	180.0202	25879.9707	-47.5375	180.0230	-0.0145	0.0000	0.0028	0.0176	
BR-A4BD5F2	26179.6680	-47.5750	179.9871	26179.6626	-47.5750	179.9783	-0.0054	0.0000	-0.0088	0.0180	
BR-A4BD5F3	26040.2376	-48.8240	180.0798	26040.2568	-48.8240	180.0826	0.0192	-0.0000	0.0028	0.0257	
BR-A4BD5F4	26139.8117	-50.0925	180.0265	26139.8728	-50.0926	179.9907	0.0611	-0.0001	-0.0358	0.0773	
BR-A4BD5F5	25839.6539	-50.0840	180.0128	25839.6978	-50.0842	179.9890	0.0439	-0.0001	-0.0238	0.0685	
BR-A4BF5F1	25848.4441	-51.7236	166.0760	25848.4269	-51.7236	165.9671	-0.0172	-0.0000	-0.1089	0.1122	
BR-A4BF5F2	26027.8689	-51.7576	166.0210	26027.8713	-51.7577	165.9254	0.0024	-0.0000	-0.0956	0.0967	
BR-A4BF5F3	25905.7060	-52.9433	166.0027	25905.7187	-52.9433	165.9173	0.0128	-0.0000	-0.0854	0.0882	
BR-A4BF5F4	25957.4783	-54.1555	165.9702	25957.5058	-54.1556	165.9519	0.0275	-0.0001	-0.0183	0.0505	
BR-A4BF5F5	25777.5685	-54.1381	165.9720	25777.5654	-54.1381	165.9467	-0.0010	-0.0000	-0.0253	0.0289	
BR-A4BPM4F1	25968.8434	-50.5079	71.0130	25968.7812	-50.5072	71.9164	-0.0622	0.0007	0.9034	0.9594	
BR-A4BPM4F2	25964.3403	-50.6355	71.0130	25964.2978	-50.6347	71.9095	-0.0425	0.0007	0.8965	0.9589	
BR-A4SD2F1	25954.8680	-50.9127	159.0010	25954.8045	-50.9125	159.0107	-0.0635	0.0002	0.0097	0.0985	
BR-A4SD2F4	26092.4975	-50.9347	-79.4720	26092.4008	-50.9344	-79.4943	-0.0967	0.0003	-0.0223	0.1785	
BR-A4SD2F5	26092.3608	-50.9352	79.4190	26092.2824	-50.9350	79.4074	-0.0784	0.0002	-0.0116	0.1211	
BR-A4BD6F1	25677.6897	-55.5378	180.0438	25677.7359	-55.5377	179.9882	0.0462	0.0001	-0.0556	0.0900	
BR-A4BD6F2	25975.4854	-55.6177	179.9885	25975.5281	-55.6175	179.9359	0.0427	0.0002	-0.0526	0.1228	
BR-A4BD6F3	25800.3154	-56.8554	180.0618	25800.3614	-56.8554	180.0010	0.0460	0.0001	-0.0606	0.0855	
BR-A4BD6F4	25863.3282	-58.1481	180.0368	25863.3626	-58.1480	179.9862	0.0344	0.0000	-0.0506	0.0650	
BR-A4BD6F5	25564.1532	-58.0973	180.0557	25564.1596	-58.0971	180.0112	0.0064	0.0001	-0.0445	0.0713	
BR-A4BF6F1	25538.4162	-59.5239	166.0680	25538.4359	-59.5239	166.0027	0.0196	0.0000	-0.0653	0.0708	
BR-A4BF6F2	25716.3583	-59.5851	166.0650	25716.3667	-59.5851	166.0073	0.0084	-0.0000	-0.0577	0.0602	
BR-A4BF6F3	25558.5967	-60.7650	166.0430	25558.5887	-60.7650	165.9928	-0.0080	-0.0000	-0.0502	0.0516	
BR-A4BF6F4	25573.7687	-61.9994	165.9810	25573.7436	-61.9995	166.0005	-0.0251	-0.0001	0.0195	0.0583	
BR-A4BF6F5	25394.8483	-61.9548	165.9740	25394.8322	-61.9550	165.9660	-0.0161	-0.0001	-0.0080	0.0629	
BR-A4BPM5F1	25666.3232	-58.7715	71.0130	25666.4390	-58.7715	71.0880	0.1158	0.0001	0.0750	0.1425	
BR-A4BPM5F2	25658.4034	-58.8998	71.0130	25658.4521	-58.8997	71.0380	0.0486	0.0001	0.0250	0.0654	
BR-A4CY3F1	25917.3951	-55.0162	150.0870	25917.4182	-55.0164	150.0459	0.0231	-0.0002	-0.0411	0.0938	
BR-A4CY3F2	25752.4342	-54.9948	150.0870	25752.4901	-54.9948	150.0512	0.0560	-0.0000	-0.0358	0.0676	
BR-A4CY3F3	25967.3008	-55.0220	98.0910	25967.3244	-55.0221	98.0388	0.0236	-0.0001	-0.0522	0.0778	
BR-A4CY3F4	25967.3237	-55.0221	-97.8500	25967.3960	-55.0220	-97.8419	0.0723	0.0002	0.0080	0.0997	
BR-A4BD7F1	25253.0176	-63.3587	180.0050	25253.0438	-63.3586	179.9514	0.0262	0.0001	-0.0536	0.0701	
BR-A4BD7F2	25547.9210	-63.4845	180.0030	25547.9551	-63.4844	179.9650	0.0341	0.0001	-0.0380	0.0661	
BR-A4BD7F3	25335.9716	-64.7151	179.9820	25335.9991	-64.7150	179.9415	0.0275	0.0001	-0.0205	0.0643	
BR-A4BD7F4	25360.4407	-66.0387	179.9970	25360.4420	-66.0387	180.0026	0.0013	0.0000	0.0056	0.0188	
BR-A4BD7F5	25063.3307	-65.9420	179.9920	25063.3168	-65.9419	179.9990	-0.0139	0.0001	0.0070	0.0614	
BR-A4BF7F1	24976.3206	-67.6235	166.0459	24976.2774	-67.6235	165.9852	-0.0432	0.0000	-0.0607	0.0772	
BR-A4BF7F2	25152.2639	-67.7114	166.0682	25152.2631	-67.7113	165.9855	-0.0008	0.0001	-0.0827	0.0910	
BR-A4BF7F3	24962.1625	-68.8943	166.0702	24962.1586	-68.8942	166.0012	-0.0039	0.0001	-0.0690	0.0729	
BR-A4BF7F4	24943.3934	-70.1587	165.9920	24943.3824	-70.1588	165.9584	-0.0109	-0.0001	-0.0336	0.0535	
BR-A4BF7F5	24765.9204	-70.0878	165.9647	24765.9072	-70.0878	165.9371	-0.0132	-0.0000	-0.0276	0.0306	
BR-A4BPM6F1	25166.4859	-66.4136	71.0130	25166.4554	-66.4122	71.6237	-0.0305	0.0014	0.6107	0.8634	
BR-A4BPM6F2	25154.5627	-66.5429	71.0130	25154.6039	-66.5411	71.5628	0.0412	0.0018	0.5498	0.6966	
BR-A4CX2F1	25523.0857	-62.8705	124.0660	25523.0981	-62.8702	124.1344	0.0125	0.0003	0.0684	0.1403	
BR-A4CX2F2	25328.5307	-62.8157	124.0280	25328.4911	-62.8157	124.0550	-0.0395	-0.0000	0.0270	0.0479	
BR-A4CX2F3	25574.7929	-62.8836	74.2310	25574.6443	-62.8834	74.3683	-0.1486	0.0002	0.1373	0.2190	
BR-A4CX2F4	25574.7480	-62.8838	-74.2690	25574.7036	-62.8836	-74.1707	-0.0444	0.0002	0.0983	0.1414	
BR-A4SF2F1	25128.9256	-66.8238	159.0210	25129.0020	-66.8234	159.0153	0.0764	0.0004	-0.0057	0.2110	
BR-A4SF2F4	25264.1421	-66.8860	-79.5340	25264.1070	-66.8855	-79.6182	-0.0351	0.0005	-0.0842	0.2249	
BR-A4SF2F5	25264.1590	-66.8856	79.4700	25264.1989	-66.8853	79.4328	0.0399	0.0004	-0.0372	0.1741	
BR-A4BD8F1	24358.3105	-75.1759	180.0100	24358.3027	-75.1760	180.0365	-0.0078	-0.0001	0.0265	0.0485	
BR-A4BD8F2	24653.4184	-75.3044	180.0020	24653.4249	-75.3044	180.0067	0.0065	-0.0000	0.0047	0.0229	
BR-A4BD8F3	24443.2358	-76.5816	180.0070	24443.2368	-76.5817	179.9931	0.0010	-0.0001	-0.0139	0.0544	
BR-A4BD8F4	24470.0762	-77.9531	180.0070	24470.0193	-77.9533	179.9972	-0.0570	-0.0002	-0.0098	0.1043	
BR-A4BD8F5	24172.7318	-77.8561	180.0060	24172.6933	-77.8563	180.0094	-0.0385	-0.0002	0.0034	0.0934	
BR-A4BPM7F1	24532.6648	-74.6041	71.0130	24532.7181	-74.6032	71.2859	0.0533	0.0009	0.2729	0.4594	
BR-A4BPM7F2	24525.6589	-74.7385	71.0130	24525.6803	-74.7376	71.2959	0.0214	0.0009	0.2829	0.4891	
BR-A4CX3F1	24590.8396	-72.0821	124.0220	24590.8311	-72.0819	124.0643	-0.0085	0.0003	0.0423	0.1185	
BR-A4CX3F2	24784.1468	-72.1570	124.0460	24784.1993	-72.1569	124.0737	0.0524	0.0001	0.0277	0.0765	
BR-A4CX3F3	24835.3453	-72.1769	74.3210	24835.3659	-72.1767	74.3739	0.0206	0.0002	0.0529	0.0994	
BR-A4CX3F4	24835.3545	-72.1768	-74.4330	24835.4095	-72.1766	-74.3892	0.0549	0.0002	0.0438	0.1260	
BR-A4CY4F1	24639.4066	-74.1684	150.1400	24639.3968	-74.1681	150.1878	-0.0098	0.0002	0.0478	0.1156	
BR-A4CY4F2	24475.8328	-74.1182	150.0400	24475.7792	-74.1182	149.9946	-0.0536	-0.0000	-0.0454	0.0705	
BR-A4CY4F3	24689.1549	-74.1832	97.9500	24689.1596	-74.1830	98.0203	0.0046	0.0002	0.0703	0.1061	
BR-A4CY4F4	24689.1994	-74.1826	-98.1040	24689.2687	-74.1827	-98.0018	0.0703	-0.0000	0.1022	0.1241	
BR-A4QD2F1	24652.1165	-71.3060	230.1577	24652.1547	-71.3060	230.1605	0.0382	0.0001	0.0028	0.0488	
BR-A4QD2F2	24694.3213	-70.7811	230.1125	24694.4036	-70.7809	230.0952	0.0823	0.0001	-0.0173	0.1013	
BR-A4QD2F3	24880.9749	-70.8634	229.9693	24881.0300	-70.8633	229.9782	0.0551	0.0000	0.0089	0.0596	
BR-A4QD2F4	24839.0872	-71.3846	230.0161	24839.1228	-71.3846	230.0435	0.0355	0.0000	0.0274	0.0454	
BR-A4QD2F5	24505.9033	-73.3951	230.0486	24505.8970	-73.3950	230.0402	-0.0063	0.0001	-0.0084	0.0394	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЦИКЛОВ (2001-2013 гг.) ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ  
ИЗМЕРЕНИЙ ВЫСОТНОЙ СЕТИ ВЭПП-4м

Таблица Б.1

Номер знака	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013
	Отметка, мм										
1	0,680	1,101	1,394	1,613	1,847		-1,333	-1,101	-0,826	-0,494	-0,148
2	0,735	1,277	1,558	1,798	2,088	2,219	2,552	2,818	3,120	3,566	3,883
3	0,724	1,238	1,491	1,701	1,968	2,129	2,414	2,528	2,847	3,283	3,651
4	0,856	1,385	1,609	1,803	2,029	2,245	2,564	2,711	2,937	3,372	3,739
5	0,835	1,340	1,586	1,776	1,975	2,191	2,430	2,524	2,731	3,037	3,375
6	0,638	1,161	1,355	1,516	1,673	1,854	2,110	2,186	2,374	2,675	2,992
7	0,603	1,121	1,348	1,485	1,669	1,834	2,013	2,019	2,282	2,491	2,828
8	0,268	0,717	0,935	1,050	1,156	1,299	1,401	1,492	1,687	1,841	2,064
9	0,313	0,682	0,899	0,990	1,051	1,104	1,160	1,259	1,443	1,474	1,668
10	0,233	0,645	0,856	0,979	0,995	1,115	1,209	1,282	1,534	1,586	1,747
11	0,431	0,896	1,146	1,315	1,396	1,490	1,699	1,764	2,005	2,080	2,212
12	0,630	1,129	1,471	1,663	1,760	1,878	2,126	2,151	2,363	2,529	2,676
13	0,738	1,254	1,644	1,853	1,978	2,038	2,374	2,353	2,583	2,681	2,856
14	0,851	1,433	1,848	2,056	2,143	2,245	2,569	2,518	2,746	2,888	3,056
15	0,808	1,395	1,779	1,961	2,074	2,157	2,522	2,475	2,713	2,857	3,006
16	0,736	1,279	1,646	1,802	1,815	1,903	2,239	2,146	2,438	2,613	2,735
17	0,719	1,117	1,344	1,516	1,438	1,483	2,006	1,835	1,925	1,943	2,022
18	0,729	1,176	1,588	1,762	1,810	1,969	2,246	2,210	2,452	2,591	2,643
19	0,739	1,239	1,635	1,833	1,911	2,175	2,430	2,536	3,119	3,272	3,421
20	0,640	1,111	1,489	1,659	1,745	2,004	2,267	2,308	2,521	2,631	2,803
21	0,762	1,263	1,628	1,834	1,922	2,211	2,389	2,530	2,744	2,895	3,112
22	0,544	1,001	1,330	1,604	1,751	2,039	2,225	2,367	2,573	2,845	3,095
23	0,494	0,980	1,248	1,504	1,627	1,918	2,069	2,290	2,494	2,783	3,034
24	0,567	0,933	1,144	1,465	1,607	1,890	1,996	2,172	2,331	2,614	2,881
25	0,795	1,130	1,444	1,775	1,762	2,067	2,286	2,204	2,405	2,640	2,837
26	0,627	0,959	1,123	1,411	1,495	1,836	1,980	2,104	2,247	2,519	2,869
27	0,711	1,100	1,241	1,575	1,730	1,996	2,184	2,402	2,610	2,906	3,103
28	0,501	0,872	1,077	1,382	1,506	1,704	1,914	2,033	2,316	2,525	2,596
29	0,360	0,731	0,958	1,280	1,420	1,557	1,727	1,918	2,184	2,389	2,471
30	0,232	0,577	0,901	1,206	1,359	1,466	1,631	1,755	2,042	2,199	2,459
31	0,097	0,409	0,731	1,050	1,231	1,230	1,390	1,558	1,807	1,966	2,107
32	0,357	0,651	1,074	1,383	1,480	1,560	1,693	1,741	2,027	2,227	2,423
33	0,333	0,641	1,081	1,348	1,477	1,546	1,661	1,716	1,956	2,141	2,296
34	-0,102	0,371	0,753	0,880	0,870	0,939	1,892	1,740	1,958	2,295	2,420
35	0,411	0,747	1,131	1,376	1,461	1,659	1,835	1,834	2,075	2,363	2,431
36	0,260	0,717	1,037	1,274	1,407	1,569	1,826	1,762	2,015	2,343	2,422
37	0,238	0,557	0,899	1,104	1,259	1,442	1,671	1,614	1,895	2,206	2,219
38	0,287	0,776	1,057	1,276	1,431	1,609	1,879	1,768	2,073	2,425	2,437
39	0,330	0,700	1,008	1,232	1,428	1,632	1,833	1,850	2,210	2,486	2,540
40	0,105	0,552	0,784	0,962	1,152	1,344	1,431	1,506	1,698	2,170	2,191

## Продолжение таблицы Б.1

Номер знака	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013
	Отметка, мм										
41	0,387	0,763	1,051	1,285	1,498	1,715	1,741	2,006	2,167	2,741	2,868
42	0,375	1,131	1,309	1,511	1,918	2,185	2,126	2,629	2,851	3,446	3,752
43	0,334	0,717	0,940	1,035	1,179	1,393	1,426	1,717	1,814	2,257	2,237
44	0,325	0,526	0,591	0,674	0,707	0,902	0,980	1,162	1,202	1,594	1,463
45	-0,037	0,118	0,032	0,028	0,004	0,133	0,265	0,400	0,304	0,511	0,376
46	-0,481	-0,318	-0,364	-0,382	-0,275	-0,253	-0,182	0,098	-0,087	0,257	0,243
47	-0,953	-1,078	-1,277	-1,364	-1,464	-1,480	-1,415	-1,380	-1,602	-1,521	-1,646
48	-1,151	-1,376	-1,655	-1,875	-2,020	-2,199	-2,223	-2,281	-2,560	-2,606	-2,826
49	-1,151	-1,431	-1,815	-2,128	-2,288	-2,495	-2,606	-2,712	-2,999	-3,057	-3,388
50	-1,363	-1,735	-2,152	-2,486	-2,684	-3,019	-3,140	-3,273	-3,644	-3,722	-4,036
51	-1,236	-1,700	-2,163	-2,549	-2,738	-3,149	-3,304	-3,467	-3,813	-3,900	-4,300
52	-1,267	-1,843	-2,317	-2,737	-2,960	-3,457	-3,647	-3,845	-4,214	-4,350	-4,830
53	-1,456	-2,087	-2,593	-3,027	-3,281	-3,818	-4,027	-4,243	-4,646	-4,830	-5,336
54	-1,227	-1,919	-2,477	-2,864	-3,177	-3,738	-3,944	-4,187	-4,638	-4,855	-5,314
55	-1,211	-1,981	-2,541	-2,900	-3,263	-3,814	-3,976	-4,321	-4,699	-5,088	-5,649
56	-1,200	-2,080	-2,670	-3,071	-3,393	-3,947	-4,187	-4,507	-4,888	-5,166	-5,733
57	-1,104	-2,040	-2,654	-3,071	-3,343	-4,065	-4,117	-4,499	-4,850	-5,234	-5,714
58	-1,281	-2,308	-2,917	-3,388	-3,690	-4,334	-4,430	-4,734	-5,100	-5,469	-5,967
59	-1,197	-2,236	-2,916	-3,376	-3,667	-4,301	-4,370	-4,687	-5,058	-5,441	-5,856
60	-1,077	-2,148	-2,796	-3,283	-3,565	-4,166	-4,245	-4,527	-4,890	-5,223	-5,650
61	-1,106	-2,131	-2,776	-3,210	-3,467	-4,140	-4,176	-4,454	-4,803	-5,196	-5,578
62	-1,015	-1,890	-2,472	-2,918	-3,248	-3,806	-3,903	-4,105	-4,466	-4,784	-5,217
63	-0,902	-1,983	-2,585	-2,997	-3,364	-3,950	-4,034	-4,273	-4,584	-5,051	-5,415
64	-0,569	-1,602	-2,254	-2,665	-3,006	-3,522	-3,608	-3,831	-4,108	-4,521	-4,815
65	-0,687	-1,669	-2,146	-2,548	-2,798	-3,370	-3,505	-3,610	-3,864	-4,244	-4,468
66	-0,601	-1,478	-1,953	-2,339	-2,550	-3,066	-3,090	-3,207	-3,454	-3,830	-4,003
67	-0,610	-1,397	-1,785	-2,163	-2,331	-2,830	-2,861	-2,937	-3,171	-3,529	-3,683
68	-0,518	-1,265	-1,645	-1,974	-2,153	-2,637	-2,616	-2,719	-2,930	-3,290	-3,366
69	-0,550	-1,262	-1,615	-1,945	-2,130	-2,599	-2,598	-2,733	-2,948	-3,318	-3,461
70	-0,487	-1,232	-1,647	-2,011	-2,219	-2,691	-2,711	-2,895	-3,171	-3,526	-3,678
71	-0,569	-1,356	-1,687	-2,110	-2,385	-2,894	-2,953	-3,203	-3,506	-3,943	-4,155
72	-0,440	-1,238	-1,568	-1,969	-2,167	-2,690	-2,732	-2,991	-3,313	-3,632	-3,826
73	-0,459	-1,266	-1,657	-1,995	-2,257	-2,790	-2,783	-3,004	-3,335	-3,774	-3,884
74	-0,171	-0,966	-1,341	-1,667	-1,829	-2,440	-2,385	-2,598	-3,001	-3,353	-3,474
75	-0,372	-1,181	-1,517	-1,803	-1,978	-2,520	-2,441	-2,676	-3,052	-3,407	-3,556
76	-0,352	-1,078	-1,380	-1,656	-1,786	-2,302	-2,219	-2,431	-2,802	-3,123	-3,305
77	-0,358	-0,989	-1,235	-1,463	-1,612	-2,056	-1,963	-2,197	-2,509	-2,885	-3,048
78	-0,240	-0,734	-0,866	-1,098	-1,152	-1,406	-1,326	-1,575	-1,862	-2,192	-2,386
79	-0,265	-0,553	-0,586	-0,749	-0,922	-1,197	-1,097	-1,343	-1,521	-2,016	-2,176
80	-0,048	-0,177	-0,160	-0,244	-0,310	-0,521	-0,329	-0,438	-0,603	-1,056	-1,145
81	0,182	0,187	0,088	0,142	0,104	-0,018	0,127	0,032	-0,023	-0,555	-0,691
82	0,207	0,245	0,248	0,374	0,348	0,246	0,399	0,467	0,389	-0,306	-0,405
83	0,316	0,494	0,481	0,618	0,660	0,610	0,733	0,746	0,780	-0,042	-0,166
84	0,503	0,685	0,715	0,913	0,951	0,870	0,970	1,048	1,046	0,191	0,055
85	0,386	0,637	0,636	0,810	0,938	0,871	0,938	0,978	1,029	0,157	0,022
86	0,415	0,723	0,824	0,983	1,125	1,000	1,012	1,203	1,125	0,443	0,362
87	0,455	0,758	0,979	1,100	1,322	1,142	1,063	1,196	1,208	0,751	0,733
88	0,540	0,878	1,122	1,330	1,501	1,563	2,079	2,310	2,396	2,697	3,038

*Продолжение таблицы Б.1*

Номер знака	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013
	Отметка, мм										
89	0,426	0,816	0,996	1,184	1,268	1,354	1,807	2,222	2,251	2,633	3,093
90	0,315	0,754	0,939	1,129	1,214	1,339	2,104	2,171	2,279	2,765	3,284
91	0,314	0,834	1,013	1,188	1,414	1,475	1,790	2,417	2,495	3,088	3,666
92	0,185	0,816	1,055	1,311	1,602	1,642	2,214	2,559	2,718	3,382	3,885
93	0,480	1,033	1,312	1,547	1,803	1,890	2,392	2,767	2,900	3,558	3,929
94	0,750	1,250	1,580	1,810	2,019	2,145	2,467	2,879	3,105	3,707	3,968